



Orthopédie pédiatrique

Membre supérieur

Chez le même éditeur

DANS LA MÊME COLLECTION

- CHIRURGIE DU GENOU, PAR P. NEYRET. 2006, 192 pages.
- ORTHOPÉDIE PÉDIATRIQUE : MEMBRE INFÉRIEUR ET BASSIN, PAR H. CARLIOZ, R. KOHLER. 2005, 248 pages.
- CHIRURGIE DE L'ÉPAULE ET DU COUDE, PAR M. MANSAT. 2005, 288 pages.
- CHIRURGIE ORTHOPÉDIQUE – PRINCIPES ET GÉNÉRALITÉS, PAR A.-C. MASQUELET. 2004, 432 pages.

AUTRES OUVRAGES

- IMAGERIE MUSCULOSQUELETTIQUE – PATHOLOGIES LOCORÉGIONALES, PAR A. COTTEN.
Collection Imagerie médicale – Précis, 2008, 880 pages.
- IMAGERIE MUSCULOSQUELETTIQUE – PATHOLOGIES GÉNÉRALES, PAR A. COTTEN.
Collection Imagerie médicale – Précis, 2005, 800 pages.
- LA MAIN TRAUMATIQUE, SOUS LA DIRECTION DE M. MERLE, G. DAUTEL.
TOME 1 – L'URGENCE. 2004, 344 pages.
TOME 2 – CHIRURGIE SECONDAIRE, LE POIGNET TRAUMATIQUE. 2005, 488 pages.
TOME 3 – AFFECTIONS RHUMATISMALES, DÉGÉNÉRATIVES.
SYNDROMES CANALAIRES. 2007, 456 pages.
- VOIES D'ABORD CHIRURGICALES DU MEMBRE SUPÉRIEUR,
PAR R. TUBIANA, C.J. McCULLOUGH, A.-C. MASQUELET. 2004, 368 pages.
- VOIES D'ABORD CHIRURGICALES DU MEMBRE INFÉRIEUR,
PAR A.-C. MASQUELET, C.J. McCULLOUGH, R. TUBIANA. 2005, 424 pages.
- IRM OSTÉO-ARTICULAIRE ET MUSCULAIRE, PAR J.-J. RAILHAC, N. SANS.
Collection Imagerie médicale – Diagnostic, 2003 (2^e édition), 304 pages.
- MANUEL DES VOIES D'ABORD EN CHIRURGIE ORTHOPÉDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE,
PAR F. DUBRANA, D. LE NEN, C. LEFEVRE, M. PRUD'HOMME. 2002, 192 pages.

TECHNIQUES CHIRURGICALES
orthopédie-traumatologie de l'enfant

Collection dirigée par Henri Carlioz

Orthopédie pédiatrique Membre supérieur

par

Pierre Journeau
Jérôme Cottalorda

Avant-propos des Prs Henri Carlioz et Rémi Kolher
Préface du Pr Jean-François Mallet

Dessins de Cyrille Martinet



ELSEVIER
MASSON



Ce logo a pour objet d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, tout particulièrement dans le domaine universitaire, le développement massif du « photocopillage ».

Cette pratique, qui s'est généralisée, notamment dans les établissements d'enseignement, provoque une baisse brutale des achats de livres, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons que la reproduction et la vente sans autorisation, ainsi que le recel, sont passibles de poursuites. Les demandes d'autorisations de photocopier doivent être adressées à l'éditeur ou au Centre français d'exploitation du droit de copie : 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris. Tél. : 01 44 07 47 70.

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous les procédés réservés pour tous les pays. Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle par quelque procédé que ce soit des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et d'autre part, les courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (art. L. 122-4, L. 122-5 et L. 335-2 du Code de la propriété intellectuelle).

© 2009 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés
ISBN : 978-2-294-70176-4

ELSEVIER MASSON SAS – 62 rue Camille-Desmoulins, 92442 Issy-les-Moulineaux cedex

Avant-propos

Voici le deuxième volume pédiatrique de la collection éditée par Elsevier Masson « Techniques chirurgicales – orthopédie traumatologie ». Consacré aux principales techniques du membre supérieur, il complète fort heureusement l'ouvrage précédent — traitant du bassin et du membre inférieur — qui aurait pu en rester là ! On doit cette parution à trois personnes qui ont travaillé en complète symbiose.

Les deux responsables, Jérôme Cottalorda et Pierre Journeau, sont des chirurgiens orthopédistes pédiatres renommés ; ils ont établi une liste des chapitres essentiels, écartant toutes les techniques rares ou trop particulières relevant de l'hyperspécialité (à la main particulièrement). Ils ont aussi écarté la traumatologie, traitée dans d'autres ouvrages, ne conservant que les fractures supra-condyliennes et les fractures d'avant-bras, sans oublier les lésions des bouts de doigt, si fréquentes. Ils ont aussi ajouté trois chapitres intéressants : les brûlures, illustrées de superbes photographies, l'anesthésie et surtout un rappel sur les bases du développement du membre supérieur et de la croissance qui font la spécificité de l'orthopédie pédiatrique.

Il ne s'agit ni d'un traité exhaustif, ni non plus d'un atlas purement technique. Chaque auteur a joué le jeu, décrivant avec concision une technique sûre, dégagée de discussions excessives sur les indications. En revanche, les pièges ou les « trucs » si importants en pratique sont mis en exergue. Surtout, l'homogénéité du livre et sa force didactique tiennent à la qualité des illustrations : ce sont de véritables dessins anatomiques, permettant de retrouver

pas à pas le déroulement de l'intervention mieux que sur des schémas ou des photos opératoires. On les doit au talent du dessinateur, Cyrille Martinet qui y a consacré beaucoup de temps, sous l'amicale pression de l'anatomiste rigoureux et exigeant qu'est Pierre Journeau, assurant ainsi à chaque séquence la perfection descriptive. Merci pour sa patience, c'était pour la bonne cause !

Adressons nos félicitations à tous les trois — et bien sûr aux auteurs ! — pour ce superbe traité auquel on souhaite bien sûr une large diffusion !

Reste à gloser, pour le plaisir et par provocation, sur les adjectifs « supérieur » ou « inférieur » attribués aux membres. Ceux-ci n'ont de valeur que localisatrice relativement au sol, donc inconstante, fragile. Pour les pédiatres, le membre supérieur ne l'est pas chez le nouveau-né ni chez le nourrisson avant la marche, ni chez l'enfant pendant son sommeil ou ses jeux au sol. Il n'y a plus alors que des membres neutres. Le terme supérieur n'est utilisé que pour satisfaire la vanité des chirurgiens du membre préhenseur qui liront nombreux les pages qui suivent, tout comme les chirurgiens du membre porteur, moins expérimentés peut-être dans ce domaine...

Souhaitons en guise de conclusion que ce volume ne soit pas le dernier et qu'un tome consacré aux techniques chirurgicales rachidiennes, aux confins des domaines pédiatrique et adulte, vienne conclure les deux séries en cours de publication.

Henri CARLIOZ

Rémi KOHLER

Préface

Un des rôles d'une société savante est de transmettre le savoir, sous toutes ses formes et par tous les moyens utilisables. Pour le président d'une telle société, rédiger la préface d'un ouvrage d'enseignement, en particulier de techniques chirurgicales, ne peut donc être qu'un honneur et une joie. Ce d'autant qu'il traite d'une part de techniques chirurgicales pédiatriques peu traitées dans les ouvrages de chirurgie, et d'autre part de la pathologie du membre supérieur, moins régulièrement décrite que celle des membres inférieurs ou du rachis.

La chirurgie ostéo-articulaire de l'enfant (l'orthopédie n'est-elle pas étymologiquement « l'art de remettre les enfants droits » ?) a comme spécificité de devoir prendre en compte cette donnée fondamentale qu'est la croissance avec toutes les conséquences de ce que sous-tend cette notion en termes d'agressivité chirurgicale. La croissance est en effet un processus fragile que tout traumatisme (et la chirurgie, même dite « atraumatique » en est un) risque de compromettre définitivement. Il ne saurait ainsi être question, sous peine de risque de complications, de simplement transposer à l'enfant les techniques chirurgicales utilisées chez l'adulte. L'enfant en aucun cas ne saurait être comparé à « un adulte en réduction », mais reste bien un « être en devenir ». Ainsi le fragile déroulement de la croissance ne doit pas être obéré par l'acte chirurgical. De même bien des interventions ostéo-articulaires chez l'enfant ont pour but de ramener au plus près de la normalité une croissance rendue pathologique d'une manière congénitale ou acquise. Enfin la réponse de l'appareil ostéo-articulaire de l'enfant à une intervention chirurgicale quelle qu'elle soit, diffère

bien souvent de ce qu'elle serait chez un adulte, que ce soit en terme de cicatrisation, de consolidation, de récupération de la mobilité articulaire, etc. Et ce sont toutes ces particularités pré, per et postopératoires qui font la particularité des techniques chirurgicales orthopédiques et pédiatriques.

En s'entourant des membres de la Société française d'orthopédie pédiatrique les plus expérimentés dans leur domaine, les Professeurs Pierre Journeau et Jérôme Cottalorda ont fait se rencontrer avec rigueur art graphique et art de la pédagogie. Grâce à cette alliance ils nous livrent avec cet ouvrage une description particulièrement claire et explicite des techniques chirurgicales les plus fréquemment utilisées dans la chirurgie orthopédique pédiatrique du membre supérieur. Par la clarté des illustrations et la concision des textes, ils nous montrent mieux que par de longues descriptions littéraires tout ce qui fait la spécificité de notre activité quotidienne.

Ce traité est destiné à tous les chirurgiens orthopédistes ; essentiellement aux orthopédistes « juniors », il intéressera certainement autant les chirurgiens orthopédistes « seniors », que leur activité soit orientée vers la prise en charge des adultes ou vers celle des enfants. Nul doute que ce traité figurera en bonne place dans toutes les bibliothèques orthopédiques « adultes » et « pédiatriques ».

Pr Jean-François MALLET
Président de la Société française
d'orthopédie pédiatrique

Liste des collaborateurs

ACCADBLED Franck, praticien hospitalo-universitaire, service d'orthopédie infantile, hôpital des Enfants, Toulouse.

AFIFI Abderahmane, professeur, service de chirurgie infantile, CHU de Fès, Maroc.

ARDOUIN Thierry, chef de clinique des universités – assistant des hôpitaux, service de chirurgie infantile, hôpital Mère et Enfant, Nantes.

BARBARY Stéphane, chirurgien des hôpitaux – praticien hospitalier, SOS main enfant, service de chirurgie infantile A, hôpital d'Enfants, CHU de Brabois, Vandœuvre-les-Nancy.

BEIGNET-SOULIÉ Anne, chirurgien des hôpitaux – praticien hospitalier, unité d'orthopédie pédiatrique, CHU d'Angers.

BOLLINI Gérard, professeur des universités – praticien hospitalier, service d'orthopédie infantile, hôpital des enfants de la Timone, Marseille.

BOURELLE Sophie, chirurgien des hôpitaux – praticien hospitalier, service de chirurgie infantile, hôpital Nord, Saint-Étienne.

CADILHAC Céline, chirurgien des hôpitaux – praticien hospitalier, service d'orthopédie et traumatologie pédiatrique, hôpital Necker-Enfants Malades, Paris.

CHRESTIAN Pierre, clinique Résidence du Parc, Marseille.

COTTALORDA Jérôme, professeur des universités – praticien hospitalier, service de chirurgie infantile, hôpital Nord, Saint-Étienne.

DE COURTIVRON Benoît, chirurgien des hôpitaux – praticien hospitalier, service d'orthopédie infantile, centre de pédiatrie Gatien de Clocheville, Tours.

DAUTEL Gilles, professeur des universités – praticien hospitalier, service de chirurgie de la main – CHU de Nancy, hôpital Jeanne d'Arc, Toul.

DE BILLY Benoît, professeur des universités – praticien hospitalier, service de chirurgie infantile, hôpital Saint-Jacques, Besançon.

DUTEILLE Franck, professeur des universités – praticien hospitalier, service de chirurgie plastique, hôpital Hôtel-Dieu, Nantes.

EDGARD-ROSA Grégory, chef de clinique des universités – assistant des hôpitaux, service d'orthopédie infantile, hôpital des enfants de la Timone, Marseille.

FINIDORI Georges, chirurgien des hôpitaux – praticien hospitalier, service d'orthopédie et traumatologie pédiatrique, hôpital Necker-Enfants Malades, Paris.

GLARD Yann, chef de clinique des universités – assistant des hôpitaux, service d'orthopédie infantile, hôpital des enfants de la Timone, Marseille.

GLORION Christophe, professeur des universités – praticien hospitalier, service d'orthopédie et traumatologie pédiatrique, hôpital Necker-Enfants Malades, Paris.

GUILLARD Sophie, chirurgien des hôpitaux – praticien hospitalier, service de chirurgie infantile, hôpital Mère et Enfant, Nantes.

HAMEL Antoine, maître de conférence des universités – praticien hospitalier, service de chirurgie infantile, hôpital Mère et Enfant, Nantes.

HAUMONT Thierry, maître de conférence des universités – praticien hospitalier, service de chirurgie infantile A, hôpital d'Enfants, CHU de Brabois, Vandœuvre-les-Nancy.

JEHANNO Pascal, praticien attaché, service d'orthopédie infantile, hôpital Robert-Debré, Paris.

JOURNEAU Pierre, professeur des universités – praticien hospitalier, service de chirurgie infantile A, hôpital d'Enfants, CHU de Brabois, Vandœuvre-les-Nancy.

JOUVE Jean-Luc, professeur des universités – praticien hospitalier, service d'orthopédie infantile, hôpital des enfants de la Timone, Marseille.

KHAIRALLAH Grégoire, chef de clinique des universités – assistant des hôpitaux, service de chirurgie infantile A, hôpital d'Enfants, CHU de Brabois, Vandœuvre-les-Nancy.

LANGLAIS Jean, chirurgien des hôpitaux – praticien hospitalier, service de chirurgie infantile, hôpital Saint-Jacques, Besançon.

LASCOMBES Pierre, professeur des universités – praticien hospitalier, service de chirurgie infantile A, hôpital d'Enfants, CHU de Brabois, Vandœuvre-les-Nancy.

LAUMONIER Frédéric, professeur des universités – praticien hospitalier, unité d'orthopédie pédiatrique, CHU d'Angers.

LAUNAY Franck, chirurgien des hôpitaux – praticien hospitalier, service d'orthopédie infantile, hôpital des enfants de la Timone, Marseille.

LAVILLE Jean-Marc, chirurgien des hôpitaux – praticien hospitalier, service de chirurgie infantile, CHU Bellepierre, Saint-Denis, La Réunion.

LE COUR GRANDMAISON François, chef de clinique des universités – assistant des hôpitaux, service de chirurgie infantile, hôpital Mère et Enfant, Nantes.

LEGRÉ Régis, professeur des universités – praticien hospitalier, service de chirurgie plastique, hôpital de la Timone, Marseille.

L'KAISSI Mohamed, chef de clinique des universités – assistant des hôpitaux, service de chirurgie infantile, hôpital Saint-Jacques, Besançon.

MARY Pierre, chirurgien des hôpitaux – praticien hospitalier, service d'orthopédie infantile, hôpital d'enfants A. Trousseau, Paris.

MAURICE Eric, chef de clinique des universités – assistant des hôpitaux, service de chirurgie de la main – CHU de Nancy, hôpital Jeanne-d'Arc, Toul.

MAYRARGUE Emmanuelle, chirurgien des hôpitaux – praticien hospitalier, service de chirurgie infantile, hôpital Mère et Enfant, Nantes.

MOH ELLO Nicolas, praticien attaché, service de chirurgie infantile A, hôpital d'Enfants, CHU de Brabois, Vandœuvre-les-Nancy.

MOLÉ Daniel, professeur des universités – praticien hospitalier, clinique de traumatologie et orthopédie, Nancy.

MOUKOKO Didier, clinique médico-chirurgicale des Fontaines, Melun.

MOULIES Dominique, professeur des universités – praticien hospitalier, service de chirurgie pédiatrique, CHU Dupuytren, Limoges.

ODENT Thierry, praticien hospitalo-universitaire, service d'orthopédie et traumatologie pédiatrique, hôpital Necker-Enfants Malades, Paris.

OUACEL Farid, chef de clinique des universités – assistant des hôpitaux, unité d'orthopédie pédiatrique, CHU d'Angers.

PANNIER Stéphanie, chef de clinique des universités – assistant des hôpitaux, service d'orthopédie et traumatologie pédiatrique, hôpital Necker-Enfants Malades, Paris.

PEJIN Zagorka, praticien attaché, service d'orthopédie et traumatologie pédiatrique, hôpital Necker Enfants-Malades, Paris.

PEYROU Philippe, chirurgien des hôpitaux – praticien hospitalier, service de chirurgie pédiatrique, CHU Dupuytren, Limoges.

ROGEZ Jean-Michel, professeur des universités – praticien hospitalier, service de chirurgie infantile, hôpital Mère et Enfant, Nantes.

ROMANA Claudia, chirurgien des hôpitaux – praticien hospitalier, service d'orthopédie infantile, hôpital d'enfants A. Trousseau, Paris.

SALES DE GAUZY Jérôme, professeur des universités – praticien hospitalier, service d'orthopédie infantile, hôpital des enfants, Toulouse.

SALON Arielle, clinique de la Main, Paris.

TERRIER-HELLUY Anne, médecin des hôpitaux – praticien hospitalier, département d'anesthésie-réanimation, hôpital d'Enfants, CHU de Brabois, Vandœuvre-les-Nancy.

TOPOUCHIAN Vicken, praticien attaché, service d'orthopédie et traumatologie pédiatrique, hôpital Necker-Enfants Malades, Paris.

VALBUENA Sébastien, interne des hôpitaux, service d'orthopédie infantile, hôpital d'enfants A. Trousseau, Paris.

VIEHWEGER Elke, maître de conférence des universités – praticien hospitalier, service d'orthopédie infantile, hôpital des enfants de la Timone, Marseille.

Introduction

Ce nouveau tome d'orthopédie pédiatrique fait suite à celui sur le membre inférieur et le bassin rédigé sous la direction d'Henri Carlioz et Rémi Kohler. Il complète ainsi cette collection de techniques chirurgicales pédiatriques.

Lors de sa conception, nous avons fait le choix d'un sommaire de type anatomique, en commençant par la région scapulaire et en finissant par la main afin qu'il soit aisé de le consulter. Cet ouvrage décrit bien entendu les interventions les plus fréquemment utilisées au niveau du membre supérieur. En cas de techniques multiples, nous avons choisi d'insister comme technique principale sur celle qui est la plus utilisée, tout en décrivant plus succinctement les autres techniques alternatives. Nous avons aussi développé des techniques mal connues ou peu décrites dans d'autres ouvrages comme par exemple la pollicisation de l'index. Même si ces techniques s'adressent à des équipes très spécialisées, il nous a paru intéressant de les intégrer à l'ouvrage pour que tous les chirurgiens puissent connaître leur déroulement. Certaines techniques d'utilisation récente, comme l'arthroscopie d'épaule dans les séquelles de paralysie plexique ont aussi été décrites.

Comme pour les précédents tomes, cet ouvrage est collectif. Nous avons choisi les meilleurs spécialistes dans leur domaine pour rédiger chaque chapitre. Cet ouvrage est le leur et nous tenons à les remercier pour leur travail. Ils ont parfaitement respecté l'esprit de ce traité, en restant concis et en insistant sur les astuces et les pièges qui permettent souvent de simplifier une intervention compliquée. Nous avons parfois ajouté une touche personnelle à leur travail afin d'obtenir un ensemble homogène, mais sans jamais trahir leur pensée initiale.

La tentation était grande d'étendre les techniques chirurgicales orthopédiques aux techniques chirurgicales trau-

matologiques. Nous y avons succombé pour les fractures supracondyliennes qui sont la « terreur » de nombreux orthopédistes adultes en garde. La traumatologie du bout de doigt est une pathologie très fréquente, souvent considérée comme « non noble » et pourtant une mauvaise prise en charge initiale peut avoir un résultat désastreux d'un point de vue fonctionnel mais surtout esthétique. Pour cette raison, il nous est apparu judicieux d'ajouter ce chapitre à notre traité de techniques chirurgicales. Les brûlures relèvent de la même démarche. Enfin, comment aborder les malformations des membres sans avoir de notion d'embryologie ? Nous avons voulu que ce chapitre soit le plus pratique et accessible possible. Même si parfois il peut paraître complexe, sa lecture est indispensable à la compréhension des malformations congénitales et surtout au choix d'une technique plutôt qu'une autre.

Nous avons privilégié les dessins aux profits des photographies opératoires qui ne sont pas toujours très explicites. Le travail réalisé par notre dessinateur Cyrille Martinet a été exceptionnel et il a toujours su répondre présent pour améliorer un schéma afin que ce dernier soit plus compréhensible. La collaboration hebdomadaire avec notre éditeur nous a permis d'affronter les difficultés et de tenir les délais. Ses conseils nous ont été très utiles pour améliorer l'ouvrage. La rédaction d'un ouvrage de technique chirurgicale est une aventure humaine passionnante et nous tenons à remercier chaleureusement Henri Carlioz et Rémi Kohler, ainsi que notre éditeur de nous avoir permis de réaliser ce travail.

Jérôme Cottalorda et Pierre Journeau

CHAPITRE 1

Développement embryologique du membre supérieur

D. MOUKOKO

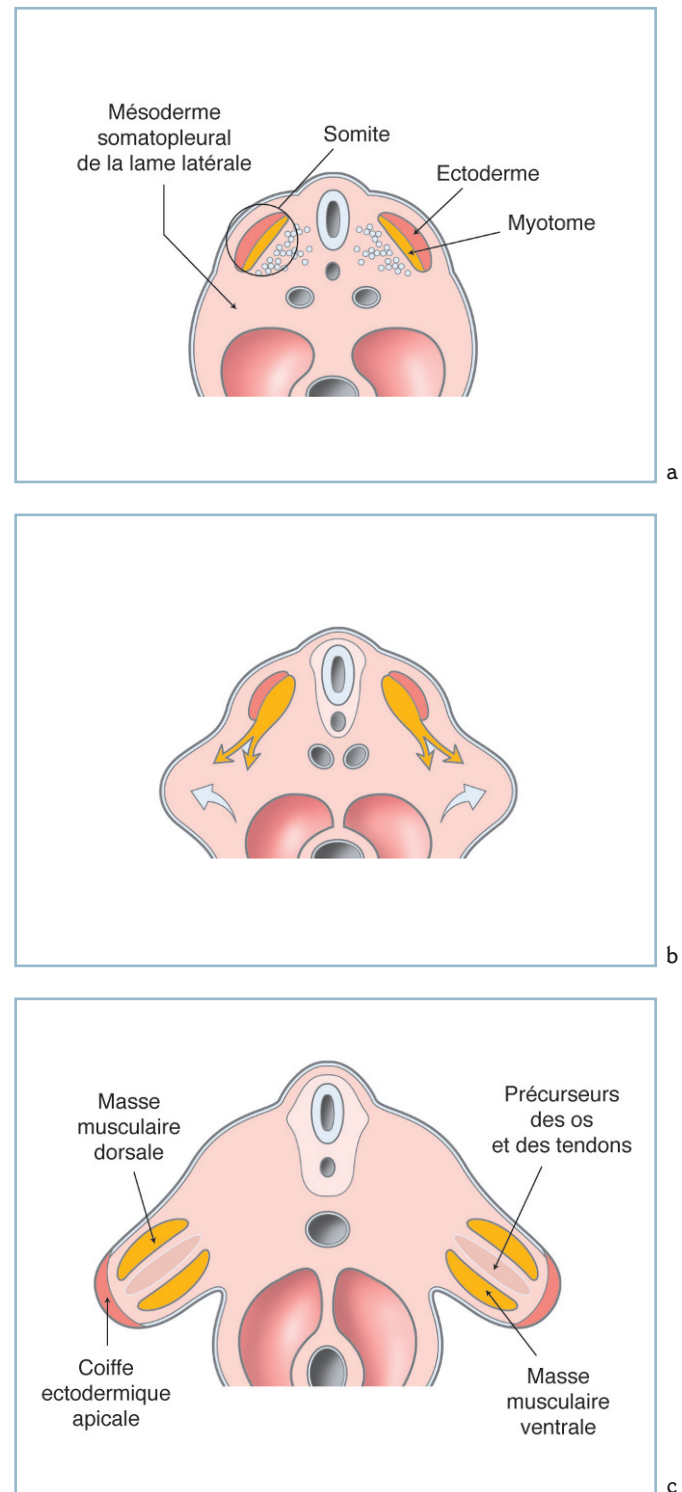
De nombreuses études ont porté sur le développement embryologique des membres. L'évolution des techniques d'investigation en a orienté les travaux. Suivant initialement une approche descriptive, ceux-ci se sont progressivement dirigés vers des analyses de biologie moléculaire et de cytogénétique. Ces vingt dernières années ont été marquées par l'identification de signaux moléculaires sur lesquels reposent d'abord l'initiation du bourgeon de membre, puis les étapes de prolifération et de différenciation ainsi que d'apoptose des cellules qui le constituent. Certains de ces signaux sont à l'origine de l'établissement d'informations positionnelles, sources de l'organisation tridimensionnelle du membre en formation. Ces facteurs moléculaires sont émis selon des séquences temporelles précises correspondant à l'activation des gènes codant pour leur régulation.

APPARITION DES BOURGEONS DES MEMBRES

Chez l'Homme, les bourgeons des membres apparaissent entre les troisième et quatrième semaines du développement embryonnaire. Les membres supérieurs précèdent les membres inférieurs d'environ quatre jours. Leurs schémas de formation reposent sur des signaux moléculaires et des séquences cellulaires de chronologie similaire [4].

Ainsi, au 24^e jour apparaissent des protubérances sur les flancs, dans la région cervicale de l'embryon. Ils sont constitués d'un contingent de cellules provenant du mésoderme latéral (ou somatopleure), qui sera à l'origine de l'ensemble des éléments squelettiques (*figure 1.1a et b*). Ce bourgeon est recouvert par l'ectoderme dont l'épithélium se condense et se stratifie précocement à son extrémité distale pour former la crête ectodermique apicale (CEA). Elle représente une des structures clés de la régulation de la croissance du bourgeon du membre (*figure 1.1c*).

L'apparition des bourgeons semble être initiée par des signaux moléculaires faisant intervenir des membres de la famille des facteurs de croissance fibroblastiques (FGF : *Fibroblast Growth Factor*) [2]. Le FGF-8 en particulier semble jouer un rôle précoce dans cette initiation. En effet, la présence d'ARN messager de cette molécule est identifiée dans l'ectoderme de la zone présomptive du bourgeon de membre, avant même son apparition histologique. Ce facteur est initialement détecté au niveau du mésoderme intermédiaire (entre la colonne somitique et le mésoderme latéral) de la totalité des flancs de l'embryon. Son expres-



1.1 Le bourgeon du membre pectoral est composé d'un contingent cellulaire issu du mésoderme somatopleural de la lame latérale qui formera l'ensemble des éléments squelettiques (a et b). Un second contingent cellulaire, en provenance du myotome somitique, migre dans ce bourgeon en voie de constitution. Disposé initialement en deux condensations, ventrale et dorsale, il est à l'origine de la formation des éléments musculaires (c).

sion se limite rapidement au niveau du futur site d'apparition des bourgeons des membres supérieurs et inférieurs. Par ailleurs, l'implantation expérimentale de billes imprégnées de FGF-8 au niveau du flanc, entre les bourgeons supérieurs et inférieurs, initie la formation d'un membre surnuméraire. Ainsi, il apparaît que cette molécule peut initier un programme morphogénétique qui s'autonomisera jusqu'à assurer la formation complète d'un membre. De même, les FGF-4 et FGF-7 sont capables d'induire expérimentalement toutes les étapes de la formation de membres ectopiques, mais ces molécules ne sont pas exprimées dans ces sites lors des phases physiologiques de l'initiation du bourgeon des membres.

ALLONGEMENT DU BOURGEON DES MEMBRES

Dès son apparition sur les flancs de l'embryon, le bourgeon s'allonge selon une polarité proximo-distale, du fait de l'activité proliférative de son extrémité appelée « zone de progrès ». En effet, les cellules mésenchymateuses la constituant présentent une activité mitotique intense, régulée par des facteurs de croissance émis par la CEA à son contact. Celle-ci module l'activité par l'émission concomitante de facteurs moléculaires tels que FGF-4 et FGF-8 la stimulant et d'autres, au contraire, tels que BMP-2 et BMP-4, qui inhibent la prolifération cellulaire [6]. L'exérèse expérimentale de la CEA aboutit à la formation d'un membre tronqué, d'autant plus proximale que l'exérèse était précoce, avec absence complète des structures distales. Ce déficit transversal est réversible par un apport local de FGF-4 qui rétablit l'activité mitotique du front de prolifération. De plus, dans les conditions spécifiques de positionnement adéquat, ce facteur moléculaire rétablit la formation des structures anatomiques distales rendant compte de son rôle dans l'établissement d'informations positionnelles au sein du bourgeon de membre.

MORPHOGENÈSE

La morphogenèse des membres supérieurs se déroule de la 4^e à la 8^e semaine de développement. C'est au cours de ces étapes que se met rapidement en place leur anatomie (figure 1.2).

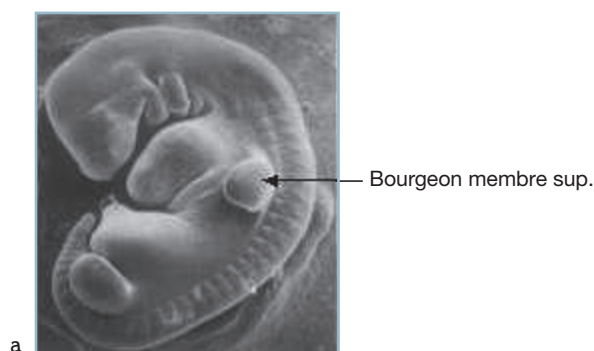
Au 33^e jour, le bourgeon du membre s'est allongé dans un plan frontal. À son extrémité, la palette de la main est formée. Elle apparaît sous la forme d'une condensation aplatie et évasée. L'avant-bras, le bras et l'épaule sont également reconnaissables.

Au 38^e jour, cette palette s'organise en une région carpienne et une plaque digitale où les rayons digitaux coalescents apparaissent sous forme d'épaississements radiaires.

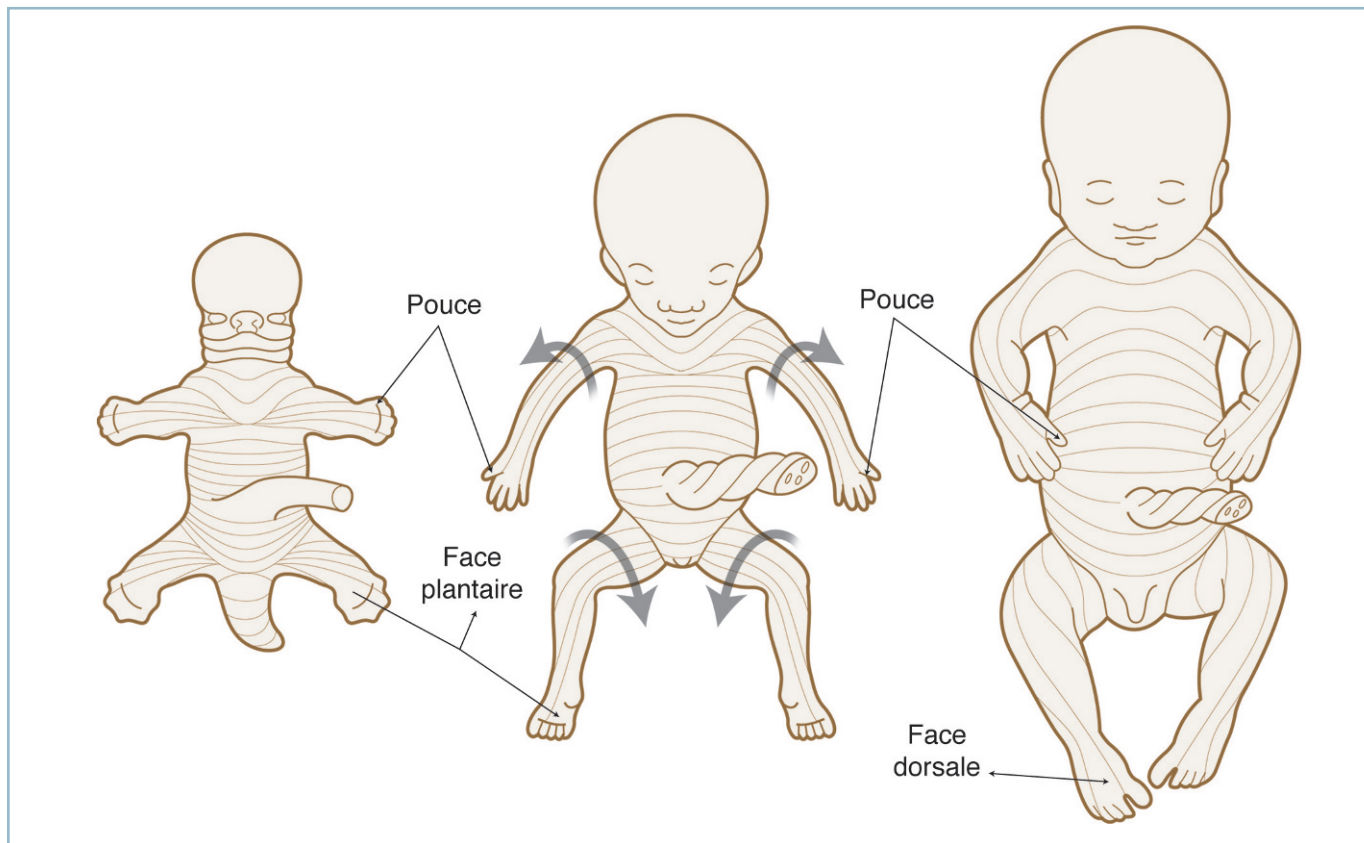
Au cours de la 5^e semaine, un processus d'apoptose (mort cellulaire programmée) va progressivement sculpter les espaces interdigitaux au sein de zones nécrotiques radiaires. Ainsi s'individualisent les métacarpiens et les phalanges.

Au 47^e jour, la racine du bourgeon du membre subit une flexion horizontale qui le réoriente d'une position initiale frontale vers un plan para-sagittal. Les membres subissent alors un mécanisme de torsion externe accompagnant la migration caudale de la ceinture scapulaire, de sorte que la face ventrale initiale du bourgeon devient sa face crâniale. Le coude qui se fléchit progressivement fait alors saillie en direction caudale. Cette rotation, moins marquée qu'au niveau des membres inférieurs, a pour conséquence de tordre, en spirale, le plan de segmentation de l'innervation sensitive (figure 1.3).

Au 56^e jour, tous les segments anatomiques du membre supérieur sont identifiables.



1.2 Morphogenèse du membre. Au 33^e jour, la palette de la main est formée par un renflement mésenchymateux à l'extrémité du bourgeon (a). Au cours des quatre semaines suivantes, l'anatomie du membre se mettra intégralement en place, avec une main achevée à la 8^e semaine (b).



1.3 Des mécanismes de torsion axiale externe de la racine du membre supérieur (et de torsion médiale du membre inférieur), prenant place au cours de la 6^e semaine, s'accompagnent de la torsion des plans de segmentation de l'innervation sensitive. Ces mouvements permettent également de placer le pouce en dehors et le pli de flexion du coude en avant, alors qu'au membre inférieur, la torsion médiale place le pli de flexion du genou en arrière.

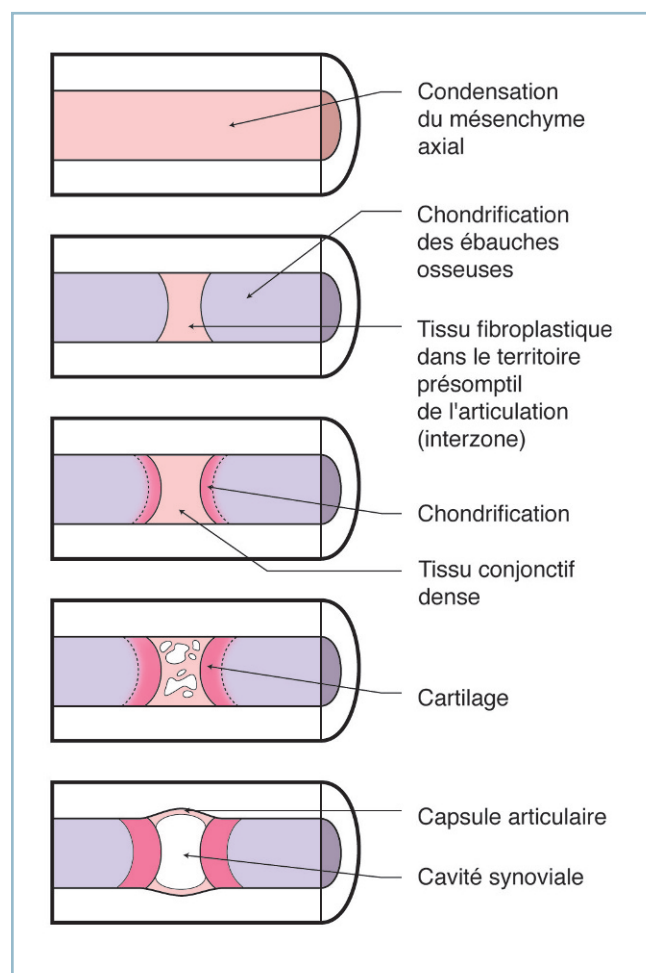
SQUELETTOGENÈSE

Les éléments squelettiques du membre supérieur se constituent à partir d'une condensation centrale des cellules mésodermiques, le long du grand axe du bourgeon. Celle-ci s'installe au cours de la cinquième semaine du développement. Elle débute au niveau de la ceinture scapulaire et se développe progressivement vers l'extrémité distale du membre en préfigurant les contours anatomiques des futures ébauches osseuses. Dès le début de la sixième semaine, les précurseurs mésenchymateux de la totalité du squelette sont individualisés. Débute alors la chondrification des ébauches osseuses, premier temps du processus d'ossification enchondrale qui formera l'ensemble des os du membre supérieur à l'exception de la clavicule. Celle-ci se forme par ossification membranaire.

Parallèlement à la formation des ébauches osseuses, les articulations diarthrodiales du membre se développent en des points spécifiques de la condensation axiale du mésenchyme, appelés les interzones (*figure 1.4*). La première étape consiste en une différenciation fibroblastique de la

zone présomptive de la future articulation. Ainsi, le tissu conjonctif formé s'organise en trois couches. Les couches périphériques tapissent les extrémités des ébauches osseuses adjacentes et sont à l'origine des cartilages articulaires. S'installe un phénomène de cavitation au sein de la couche centrale qui donne naissance au tissu synovial. Des vacuoles s'y développent puis, devenant confluentes, constituent la cavité synoviale. La capsule articulaire, avec ses condensations formant les ligaments, provient du mésenchyme qui circonscrit l'interzone.

À la septième semaine s'installe l'ossification des ébauches osseuses. La clavicule se forme par une ossification directe du mésenchyme, alors que des centres d'ossification primaire se développent au sein de la maquette cartilagineuse de l'humérus, puis du radius et de l'ulna. À la neuvième semaine, l'ossification de la scapula s'installe, suivie à son tour, au cours des trois semaines suivantes, de celle des métacarpiens et des phalanges. Ainsi, à la douzième semaine, tous les os longs du squelette des membres supérieurs sont entièrement formés. L'ossification des os du carpe ne s'organisera qu'au cours de l'enfance.



1.4 Représentation chronologique des étapes de la formation des articulations diarthroïdales.

DÉVELOPPEMENT NEUROMUSCULAIRE

Le développement neuromusculaire débute à la cinquième semaine. La musculature des membres provient d'un contingent cellulaire issu du mésoderme somitique (*figure 1.1b et c*). La migration de ses cellules vers le bourgeon forme deux condensations situées de part et d'autre de l'axe mésenchymateux. La condensation ventrale sera à l'origine des muscles fléchisseurs et pronateurs du membre supérieur alors que la condensation dorsale produira les extenseurs et les supinateurs. Après leur migration, les cellules somitiques se différencient en myoblastes. Ces pré-curseurs cellulaires prolifèrent et forment les ébauches musculaires. La fusion de ces cellules immatures va donner naissance aux myocytes multinucléés (syncytium) qui, ayant perdu tout potentiel de prolifération, poursuivront leur croissance en synthétisant les myofibrilles. Parallèlement au développement musculaire s'organise le développement

neurologique périphérique. Les motoneurones sont les premiers à émerger de la moelle épinière dans la région cervicale, vers le 30^e jour du développement. La croissance des axones est liée aux mouvements actifs d'une formation apicale appelée le *cône de croissance*. Ce dernier semble se mouvoir à l'aide de filopodes et guide l'axone vers sa destination cible par la perception de marqueurs moléculaires qui lui indiquent la voie correcte.

À leur arrivée à la base du bourgeon du membre, les axones se mélangent pour constituer le plexus brachial selon un schéma spécifique dont les facteurs d'organisation sont méconnus. Certaines molécules, telles que la laminine et la fibronectine, semblent impliquées dans ce guidage moléculaire. Les collatérales des branches ventrales primaires des nerfs spinaux de C5 à T1 innervent les muscles du membre supérieur. Après avoir quitté le plexus, les cônes de croissance poursuivent leur progression dans le bourgeon, le long de « chemins permis » menant aux compartiments musculaires appropriés. Ces chemins permis sont probablement dictés par des ordres émis par le muscle lui-même. Les axones de division dorsale du plexus ont tendance à se rendre sur la condensation dorsale du bourgeon de membre et, par conséquent, innervent les extenseurs et supinateurs. Les axones de division ventrale du plexus progressent en direction du versant ventral du bourgeon, innervant ainsi les fléchisseurs et pronateurs. Une fois que le cône de croissance atteint sa cible, il forme une synapse. Les axones des fibres sensibles progressent le long des motoneurones jusqu'au voisinage de la terminaison appropriée. Les messages locaux dirigent leur ramification vers l'organe à innervier. Les nerfs moteurs et sensitifs somatiques se distribuent dans la paroi des membres en suivant un schéma basé sur l'organisation segmentaire établi par les somites. Les fibres sympathiques s'associent aux fibres somatiques pour former les nerfs spinaux.

ORGANISATION TRIDIMENSIONNELLE ET SIGNAUX POSITIONNELS

Alors que le bourgeon poursuit sa croissance en longueur, il organise son agencement tridimensionnel. Cette organisation repose sur des mécanismes de signalisation moléculaire prenant naissance au sein de régions polarisatrices. Elles génèrent des informations positionnelles à l'intérieur du bourgeon et définissent un référentiel tridimensionnel sur lequel s'établit le *schéma de formation*. L'axe longitudinal confère aux structures anatomiques leur identité proximo-distale. L'axe cranio-caudal oriente la différenciation du membre à partir du pouce (crânial) vers le cinquième doigt (caudal). L'axe ventro-dorsal détermine le compartiment des fléchisseurs et des structures palmaires par rapport à celui des extenseurs et des structures dorsales.

Très tôt, selon le référentiel proximo-distal, les cellules du bourgeon acquièrent leur identité au cours de leur séjour dans la zone de progrès, sous l'influence de la CEA et des facteurs moléculaires FGF. En effet, selon la date à laquelle elles quittent la zone de progrès, se détermine leur future appartenance à un segment de la racine ou, au contraire, de la distalité du membre. Le bourgeon est également le siège de l'expression des gènes Hox. Ces gènes à homéoboîte sont impliqués dans la régulation des processus morphogénétiques. L'activation de leur sous-famille HoxA et HoxD correspond à une séquence chronologique parfaitement réglée. Leur distribution spatiale au sein de la condensation mésenchymateuse présquelettique détermine des domaines distincts corrélés au développement de différents segments osseux. Par exemple, HoxD-9 est exprimé dans le domaine correspondant à la zone présomptive de formation de la scapula. HoxD-10 est impliqué dans le développement des structures du bras, et en particulier de l'humérus. HoxD-11 contribue à la formation de l'avant-bras : radius, ulna et la première rangée du carpe. HoxD-12 régule la formation de la seconde rangée du carpe alors que HoxD-13 est déterminant dans celle des métacarpiens et des phalanges (*figure 1.5*).

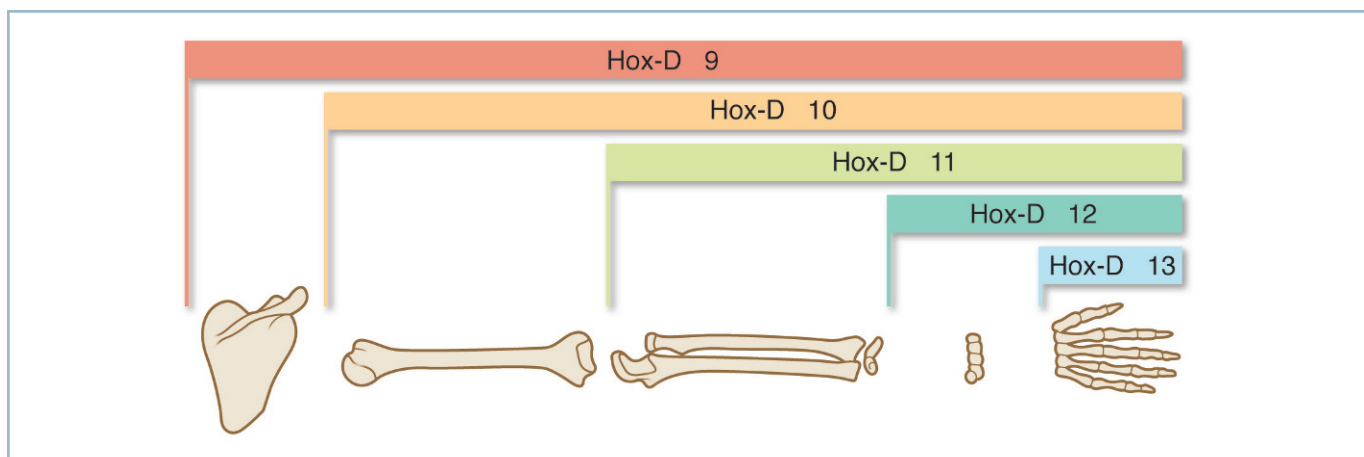
La différenciation cranio-caudale est déterminée par l'activité de la zone d'activité polarisante. Cette structure histologique, située sur le bord caudal du mésenchyme du bourgeon, en amont de la CEA, est à l'origine de l'émission de signaux moléculaires informant les cellules de leur position selon cet axe. Elle est en particulier le siège de l'expression de la protéine *Sonic hedgehog* (Shh). La présence de cette protéine oriente la différenciation des tissus vers la formation des structures anatomiques post-axiales (c'est-à-dire appartenant au versant ulnaire du membre). Une expression ectopique de Shh, sur la face antérieure du bourgeon, transforme les structures anatomiques pré-axiales en structures post-axiales agencées selon une polarité inversée (duplication en miroir des structures post-axiales). Par ailleurs,

l'inactivation de Shh s'accompagne d'une perte d'identité antéropostérieure des structures anatomiques et d'un membre sévèrement tronqué avec absence des structures distales.

La polarité ventro-dorsale des éléments squelettiques est contrôlée par diverses molécules, parmi lesquelles *Wnt-7a* et « *Engrailed* » jouent un rôle primordial. L'expression physiologique de *Wnt-7a* est restreinte à l'ectoderme dorsal du bourgeon. Cette molécule induit la formation des structures dorsales. Son expression ectopique sur la face antérieure du bourgeon entraîne une inversion de polarité : les structures ventrales, telles que les téguments palmaires ou les sésamoïdes, se forment sur la face dorsale de la main et inversement. *Engrailed*, à l'opposé, n'est exprimée que par l'ectoderme ventral du bourgeon. Cette protéine détermine la formation et les propriétés antérieures du membre. Son absence se traduit par la formation d'un membre avec « deux faces dorsales ».

PHÉNOMÈNES D'APOPTOSE

La mort cellulaire programmée est indispensable au déroulement harmonieux de l'embryogenèse des membres. Elle consiste en une « autodestruction » de contingents cellulaires, dans des localisations précises, à des temps chronologiques déterminés. Ces phénomènes d'apoptose surviennent aussi bien au niveau du mésenchyme antérieur que postérieur, ainsi qu'au niveau de la CEA où ils modulent l'activité inductive du mésenchyme sous-jacent. Parmi les molécules à l'origine des cascades d'événements signalant aux cellules de disparaître, les BMP apparaissent jouer un rôle de premier ordre [5]. Celui-ci a été particulièrement étudié au niveau de la formation des rayons digitaux qui s'individualisent grâce à ce phénomène d'apoptose. La mise en défaut de ce processus conduit à des syndactylies plus ou moins complexes.



1.5 La distribution spatiale de l'expression des sous-familles des gènes Hox-D, au sein de la condensation du mésenchyme présquelettique, contribue à l'organisation des domaines de formation des différents segments osseux.

INTERACTIONS RÉCIPROQUES

Les expérimentations consacrées à l'analyse des facteurs d'organisation anatomique démontrent la complexité de leur interdépendance qui trouve son équilibre dans un système intégré : le schéma de formation. De nombreuses boucles de rétrocontrôle sont observées. Par exemple, la CEA exprime des FGF qui stimulent l'activité mitotique des cellules mésenchymateuses de la zone de progrès sous-jacente. Cependant, l'expression de ces molécules mitogéniques est dépendante de la présence du front de prolifération à son contact.

De même, l'expression de Shh par la ZPA stimule à la fois l'expression de molécules à activité antagoniste telles que la FGF-4 émise par la CEA et la BMP-2 émise par le mésenchyme postérieur. La réciproque est également observée avec disparition de l'expression de Shh en l'absence de FGF-4 ou de Wnt-7a.

CONCLUSION

L'exploration des divers mécanismes génétiques, moléculaires et cellulaires qui régulent le développement embryologique donne des pistes à la compréhension de l'émergence des malformations congénitales des membres

[1]. Mais les enjeux vont au-delà de cet aspect descriptif [3]. En effet, le parallélisme de ces mécanismes de régulation et de ceux intervenant dans les processus de réparation tissulaire ouvre la voie aux projets thérapeutiques innovants, basés sur la thérapie cellulaire ou sur l'emploi de molécules bio-actives (facteurs de croissance) dans le cadre de la régénération des tissus squelettiques.

Bibliographie

- [1] Clavert JM. *Développement embryonnaire des membres et orthopédie. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT*. Paris, Expansion Scientifique Française, 1991 :15-28.
- [2] Dollé P, Cormier-Daine V. Malformations congénitales des membres : embryologie, étiologie. *Encycl Med Chir Appareil locomoteur*, 15-198-A-10, 2002.
- [3] Ferguson C, Alpern E, Miclau T, Helms JA. Does adult fracture repair recapitulate embryonic skeletal formation ? *Mech Dev* 1999 ; 87 : 57-66.
- [4] Larsen WJ. *Embryologie Humaine*. Bruxelles, De Boeck Université, 2003.
- [5] Macias D, Ganan Y, Sampath TK et al. Role of BMP-2 and OP-1 (BMP-7) in programmed cell death and skeletogenesis during chick limb development. *Development* 1997 ; 124 : 1109-17.
- [6] Niswander L, Martin GR. FGF-4 and BMP-2 have opposite effects on limb growth. *Nature* 1993 ; 361 : 68-71.

CHAPITRE 2

Cartilage de croissance et périoste

D. MOUKOKO

Physe

La physe, appelée également cartilage de conjugaison, a pour fonction d'assurer la croissance longitudinale des os longs du squelette appendiculaire et, au niveau du squelette axial, celle des vertèbres. Cette structure anatomique, siège d'interactions moléculaires et biophysiques subtiles, donne au squelette en croissance sa spécificité pédiatrique.

EMBRYOLOGIE

Le bourgeon des membres se forme dès la 4^e semaine du développement embryonnaire par prolifération d'un contingent cellulaire mésenchymateux. Vers la 5^e semaine, la condensation de sa colonne centrale est à l'origine de la formation des éléments squelettiques. La segmentation de cette condensation mésenchymateuse préfigure les ébauches osseuses. La maturation de leurs cellules constitutives les oriente vers un processus d'ostéogenèse enchondrale dont le premier stade consiste en une différenciation chondrogénique. Au niveau des os longs, le processus d'ossification enchondrale se met alors en place dans la région médiadiaphysaire, à partir des points d'ossification primaires. Il s'étend progressivement en direction des extrémités osseuses. Toutefois, ces dernières résistent à l'« invasion osseuse » en conservant une structure cartilagineuse organisée : la chondroépiphyse. Elle se compose de plusieurs éléments : l'épiphyse, les apophyses et la physe.

L'épiphyse est un cartilage de croissance, d'organisation sphérique, dont la polarité et l'expansion cartilagineuse déterminent la croissance volumétrique des deux extrémités de l'os ainsi que la morphologie articulaire. Les apophyses sont également des cartilages de croissance d'organisation sphérique, elles sont responsables de la croissance des massifs d'insertion tendineuse. En revanche, la physe, d'organisation discoïde, présente une polarité de croissance axiale et détient les clés de la croissance en longueur de l'os. À la 8^e semaine, le squelette appendiculaire est formé. Les physes sont déjà productives et contribuent à la croissance osseuse intra-utérine sous l'influence de signaux moléculaire intrinsèques, tels que l'IGF-1 (*Insuline-like Growth Factor*). Les cartilages de croissance de la chondroépiphyse entretiennent, en continu, des processus d'ostéogenèse enchondrale, de régulations intriquées, dont les étapes cellulaires et moléculaires reproduisent celles de l'embryologie osseuse des os longs. Elles se déroulent, cependant, selon une organisation spatio-temporelle qui maintient leur pérennité jusqu'à la maturité squelettique.

ANATOMIE

Les os longs du squelette appendiculaire présentent une physe à chacune de leurs extrémités. Elles contribuent, de manière inégale, au gain de longueur de l'os en croissance [2]. Au niveau des membres inférieurs, la productivité dominante est située près du genou. Le fémur distal et les fibula et tibia proximaux contribuent en moyenne à 80 % de l'accroissement en longueur du membre. De même, pour les membres supérieurs, la productivité dominante est située loin du coude (humérus proximal, radius et ulna distaux). Les physes assurent leurs fonctions jusqu'en fin de puberté où la maturité squelettique s'accompagne de leur disparition définitive et signe la fin de la croissance. Cette disparition, asynchrone selon les localisations anatomiques, permet d'évaluer « l'âge osseux » de l'adolescent.

L'interface entre la physe et l'os métaphysaire est constituée par les processus mamillaires. Cette surface tomenteuse représente un ancrage qui résiste aux contraintes en cisaillement. Par ailleurs, la virole périchondrale de Lacroix se présente comme un manchon périphérique qui circonscrit la physe. Cette structure fibreuse représente la continuité de la couche superficielle du périoste métaphysaire. Elle s'insère sur la périphérie de la physe, puis sur l'encoche d'ossification de Ranvier, avant de s'ancrer au niveau de l'épiphyse, lui conférant également un renfort contre les contraintes en cisaillement.

Contrairement au cartilage hyalin articulaire, le cartilage de conjugaison est le siège d'une activité métabolique intense. Celle-ci repose sur une vascularisation particulièrement riche provenant des cercles anastomotiques péri-articulaires [2]. Elle trouve son origine au niveau de trois systèmes distincts. Les vaisseaux épiphysaires contribuent à la vascularisation du versant épiphysaire du cartilage de croissance : les zones germinales et prolifératives. Les vaisseaux métaphysaires osseux, ainsi que les branches terminales des artères nourricières, assurent les échanges métaboliques de son versant métaphysaire : la zone de minéralisation et d'ossification. Un troisième réseau provient de la virole périchondrale et contribue à la vascularisation de la couronne périphérique du cartilage de conjugaison.

En revanche, la zone centrale du cartilage de croissance – la zone hypertrophique – reste strictement avasculaire. La pénétration de vaisseaux, qu'elle soit physiologique ou traumatique, y est responsable d'une ossification transphyse à l'origine d'une épiphysiodèse.

HISTOLOGIE

La physe est organisée en strates cellulaires successives composées de chondrocytes de stade de maturité croissante selon une polarité dirigée de l'épiphyse vers la métaphyse [6].

Son unité fonctionnelle peut être considérée comme une colonne dont les chondrocytes passent d'un stade de prolifération à celui d'hypertrophie, puis de minéralisation de la matrice extra-cellulaire, avant d'entrer en apoptose (mort cellulaire programmée) (*figure 2.1*). Ces étapes reproduisent celles de l'ostéogenèse enchondrale dans une distribution spatio-temporelle spécifique.

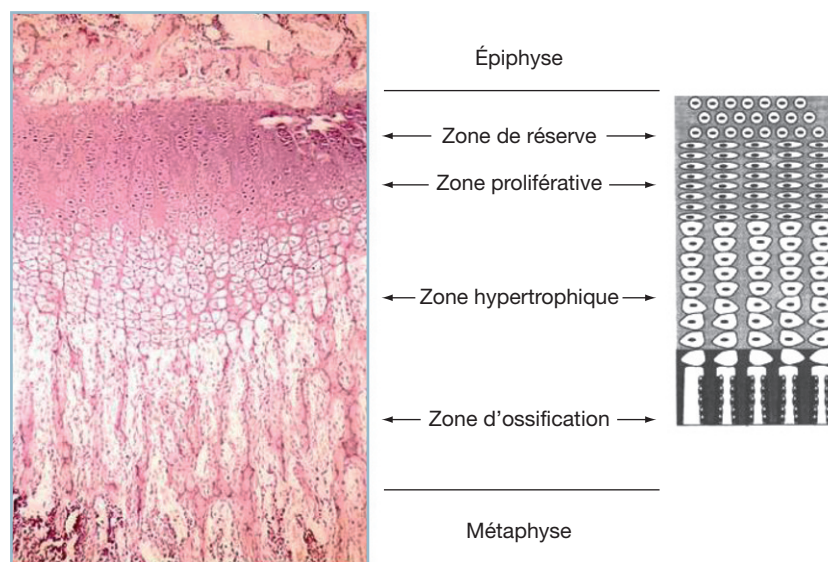
La première strate est constituée par les « cellules germinales ». Ces chondrocytes se distribuent, de manière désordonnée, dans une matrice extra-cellulaire abondante vascularisée par le réseau capillaire épiphysaire. Leur contenu cytoplasmique, riche en vacuoles lipidiques, suggère leur contribution métabolique à l'activité du cartilage. Ces cellules ne participent pas directement à l'accroissement en longueur de l'os. En effet, l'activité mitotique de cette première strate est très faible. Cependant, par sa croissance interstitielle, elle permet la migration centrifuge des chondrocytes en direction de l'encoche d'ossification de Ranvier. Ce processus, actif jusqu'à la maturité squelettique, contribue à l'expansion diamétrale de la physe [5].

La seconde strate est composée de cellules prolifératives, organisées en colonnes longitudinales et séparées par une matrice extra-cellulaire riche en collagène de type II. La forte activité métabolique qui y règne s'accompagne d'une

tension en oxygène élevée, soutenue par une riche vascularisation. Les chondrocytes y stockent en abondance le glycogène nécessaire à la production d'ATP mitochondrial. C'est la seule zone de la physe où une intense activité mitotique est observée.

La strate suivante est constituée par les chondrocytes hypertrophiques qui perdent définitivement tout potentiel prolifératif. Au cours de leur maturation, leur volume intracellulaire s'accroît de 5 à 10 fois. C'est ce phénomène qui contribue principalement à la croissance axiale. Sur le plan fonctionnel, ces chondrocytes préparent la minéralisation de la matrice extra-cellulaire en y déposant du calcium en provenance de leurs mitochondries ainsi qu'en libérant les enzymes nécessaires à la précipitation des sels phosphocalciques. En particulier, la phosphatase permet la production de l'ion phosphate, indispensable à cette précipitation. Par ailleurs, les chondrocytes émettent dans cet environnement des facteurs de croissance vasculaire tels que le VEGF (*Vascular Endothelial Growth Factor*) qui favorise le développement d'une néo-angiogenèse d'origine métaphysaire dans la strate suivante : la zone d'ossification.

Dans cette dernière, les chondrocytes entament un processus d'apoptose (mort cellulaire programmée). L'invasion vasculaire concomitante, provenant des vaisseaux métaphysaires, apporte de nombreux éléments cellulaires. Parmi eux, les chondroclastes résorbent la matrice extra-cellulaire cartilagineuse préalablement minéralisée. Parallèlement, l'afflux des cellules progénitrices mésenchymateuses va contribuer à l'élaboration de la matrice extra-cellulaire osseuse en remplacement de la précédente.



2.1 Organisation zonale du cartilage de croissance. Le processus de croissance reproduit les étapes de l'ossification enchondrale à partir des chondrocytes de réserves, sur le versant épiphysaire, jusqu'à la zone d'ossification métaphysaire.

PHYSIOLOGIE

La productivité des chondrocytes de la physe est modulée par une régulation biologique et biomécanique conduisant à des modifications de leur expression génique.

Régulation biologique

Elle repose sur l'interaction de facteurs de croissance locaux intervenant dans les processus d'ostéogenèse enchondrale et de molécules d'origine extrinsèque telles que l'hormone de croissance (GH : *Growth Hormone*), les hormones thyroïdiennes, les stéroïdes sexuels, les corticoïdes ou encore la vitamine D.

Les facteurs de croissance locaux sont exprimés par les chondrocytes eux-mêmes et agissent selon des mécanismes autocrines, c'est-à-dire sur les cellules mêmes qui les ont sécrétés, ainsi que par des mécanismes paracrines, s'exerçant sur celles de leur environnement. Ils contribuent à la régulation intrinsèque de la production de la physe [3]. Ihh (*Indian Hedgehog*) et PTHrP (*Parathormone Related Peptide*) équilibrent la maturation de ces chondrocytes. En particulier, Ihh stimule la synthèse de la matrice extra-cellulaire, la prolifération ainsi que la maturation des chondrocytes et leur passage irréversible de cellules à potentiel prolifératif au stade de chondrocytes hypertrophiques. Le PTHrP s'oppose à cette différenciation, les maintenant dans le pool des cellules prolifératives. Les BMP (*Bone Morphogenetic Protein*) stimulent l'expression de Ihh. Au contraire, le FGF (*Fibroblast Growth Factor*) exerce des effets antagonistes en l'inhibant.

Les facteurs de croissance vasculaires sont essentiellement exprimés à la jonction de la strate hypertrophique et de l'os métaphysaire. En particulier, le VEGF joue un rôle clé dans l'invasion vasculaire de la strate de cartilage hypertrophique. Cette angiogenèse apporte, sur le site, les éléments cellulaires qui vont remplacer les chondrocytes apoptotiques et déposer la matrice extra-cellulaire osseuse.

Certaines molécules interviennent simultanément sur les mécanismes de régulation intrinsèques et extrinsèques de la production de la physe. La somatoméïdine (IGF-1), par exemple, est émise par les chondrocytes du cartilage de conjugaison et stimule leur prolifération selon des mécanismes autocrines et paracrines. Cette molécule est par ailleurs produite par le parenchyme hépatique, puis est diffusée par voie systémique. Elle agit alors sur les cartilages de croissance de l'ensemble du squelette. De même, la vitamine D intervient sur la physe par ses effets hormonaux et métaboliques, mais également par un effet direct sur les chondrocytes. En effet, certaines isoformes de cette vitamine sont synthétisées par les chondrocytes et leur effet local se manifeste par une activité autocrine régulant leur maturation lors de la chondrogenèse, ainsi que leur activité enzymatique dans leur fonction de minéralisation de la matrice extra-cellulaire.

Dès la naissance, de nombreuses hormones participent à la régulation systémique extrinsèque du taux de croissance de la physe. Les chondrocytes de la plaque de croissance possèdent des récepteurs à l'hormone de croissance qui y exerce un effet direct, stimulant leur prolifération et leur hypertrophie. Cette hormone exerce également un effet indirect par l'intermédiaire d'une activation locale de la somatoméïdine (IGF-1) au sein de la physe, ainsi qu'en stimulant sa production hépatique.

Les stéroïdes sexuels jouent également un rôle majeur dans le contrôle de la croissance. La testostérone stimule la prolifération et l'hypertrophie des chondrocytes de la physe en période pré pubertaire. Les œstrogènes jouent un rôle similaire sur les chondrocytes, en début de puberté, par l'intermédiaire de leurs récepteurs alpha. Cependant, par l'intermédiaire de leurs récepteurs bêta, elles sont également responsables d'une inhibition de la croissance du squelette axial en limitant la prolifération des chondrocytes puis en favorisant l'invasion vasculaire de la physe, entraînant son épiphysiodèse physiologique en fin de puberté. L'influence des androgènes sur la physe est partiellement liée à leur transformation en œstrogènes. Par ailleurs, ils modulent l'activation locale d'IGF-1.

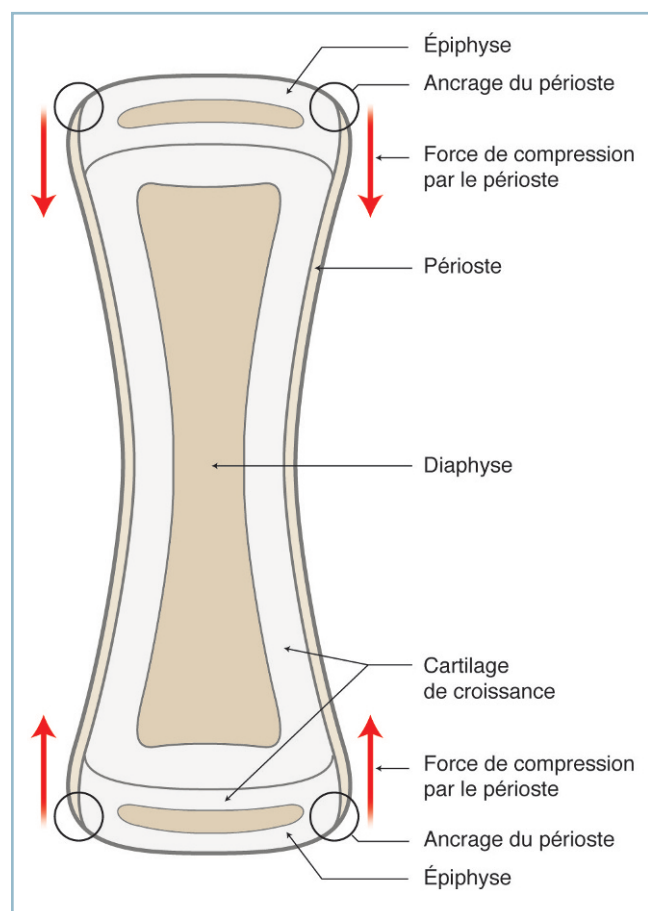
Régulation mécanique

L'action combinée des chondrocytes de la physe entraîne une production tissulaire qui génère des forces d'expansion intrinsèques responsables de l'allongement de l'os. À l'inverse, les tissus extra-osseux, périoste et tissus périphériques génèrent des forces qui s'y opposent passivement. C'est de cet équilibre des forces que découle la régulation mécanique de la plaque de croissance.

Les contraintes s'exerçant au sein de la physe, du fait du processus de croissance, sont variables selon les espèces. Chez l'Homme, elles ont été estimées au niveau du fémur distal et du tibia proximal. Elles peuvent atteindre 500 N, correspondant approximativement à celles exercées par le poids du corps.

Les forces s'opposant à la croissance ne sont pas connues avec précision. Le manchon de périoste qui s'insère sur les épiphyses, aux extrémités opposées des os longs, exerce une contrainte statique, d'amplitude méconnue, au niveau des deux physes qu'il « pont » (*figure 2.2*). Cependant, son effet freinateur sur la croissance a été mis en évidence par diverses expérimentations. En effet, la libération du « frein périostique », par sa section transversale ou son excision, débride la croissance de la physe qui subit une stimulation transitoire.

Les contraintes dynamiques liées à la motricité, résultats des projections vectorielles des forces musculaires et des résultantes mécaniques, peuvent atteindre des valeurs extrêmement élevées, éminemment variables selon de multiples paramètres tels que les sites anatomiques concernés, la gestuelle... Cependant, dans le cadre d'une activité phy-



2.2 Le périoste est fermement ancré au niveau des deux épiphyses. Il exerce une force opposée à celle qui est générée par la croissance des physes qu'il pont. Celle-ci contribue à la régulation mécanique de la vitesse de croissance.

siologique, leur répercussion sur la cinétique de croissance semble négligeable.

En revanche, les forces statiques, appliquées sur les cartilages de croissance, en compression comme en distraction, modifient l'activité cellulaire et le cycle de maturation des chondrocytes qui les constituent. La compression statique est responsable de perturbations du cartilage de conjugaison, de sévérité croissante avec l'intensité des forces en présence. Elles débutent par des perturbations du métabolisme et des synthèses des chondrocytes qui s'expriment sur la matrice extra-cellulaire. À un niveau supérieur, apparaît une inhibition de la prolifération cellulaire, initialement réversible, suivie d'une désorganisation de la micro-architecture. À un niveau de compression élevé, la croissance s'interrompt de manière irréversible, avec création d'une épiphysiodèse.

Au contraire, la distraction maintenue à une faible vitesse, limitant les déformations sous un seuil de rupture, entraîne

une accélération de la croissance par hyperplasie des couches prolifératives : c'est la chondrodiastase [3]. Pour des vitesses élevées, entraînant des déformations supérieures au seuil à la rupture, des fractures-séparations ou épiphysiolyses se produisent, et un allongement progressif peut être obtenu selon les mécanismes biologiques équivalant à ceux de l'ostéogenèse par distraction observés après ostéotomie.

PHYSE EN SITUATION PATHOLOGIQUE

Cartilage de croissance et remodelage

La physe occupe une place de premier ordre dans les mécanismes de remodelage des cals vicieux angulaires ou en translation. Elle assure transitoirement une croissance asymétrique par une production osseuse plus intense du côté, en regard de la concavité. Pauwels expliquait ce phénomène par un effet direct des sollicitations mécaniques, responsables de la distribution asymétrique des contraintes et champs de déformation au sein du cartilage de conjugaison.

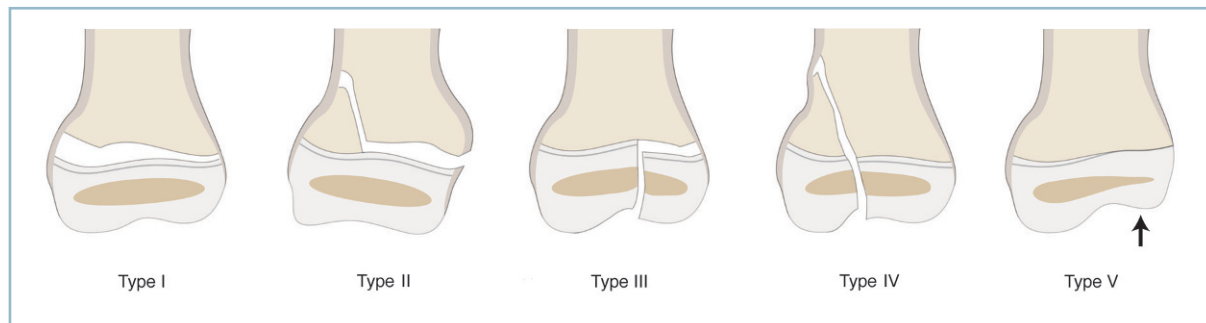
Le périoste pourrait intervenir dans cette régulation de la productivité de la physe. Mis en tension sur le versant convexe, et au contraire détendu sur le versant concave de la déformation angulaire, l'effet freinateur qu'il exerce sur la physe s'exprimerait de manière asymétrique. Cette interprétation mécaniste de l'interaction entre le périoste et le cartilage croissance s'oppose aux théories, d'ordre biologique, qui font intervenir l'émission de signaux moléculaires ayant un impact sur la vitesse de croissance.

Une structure vulnérable

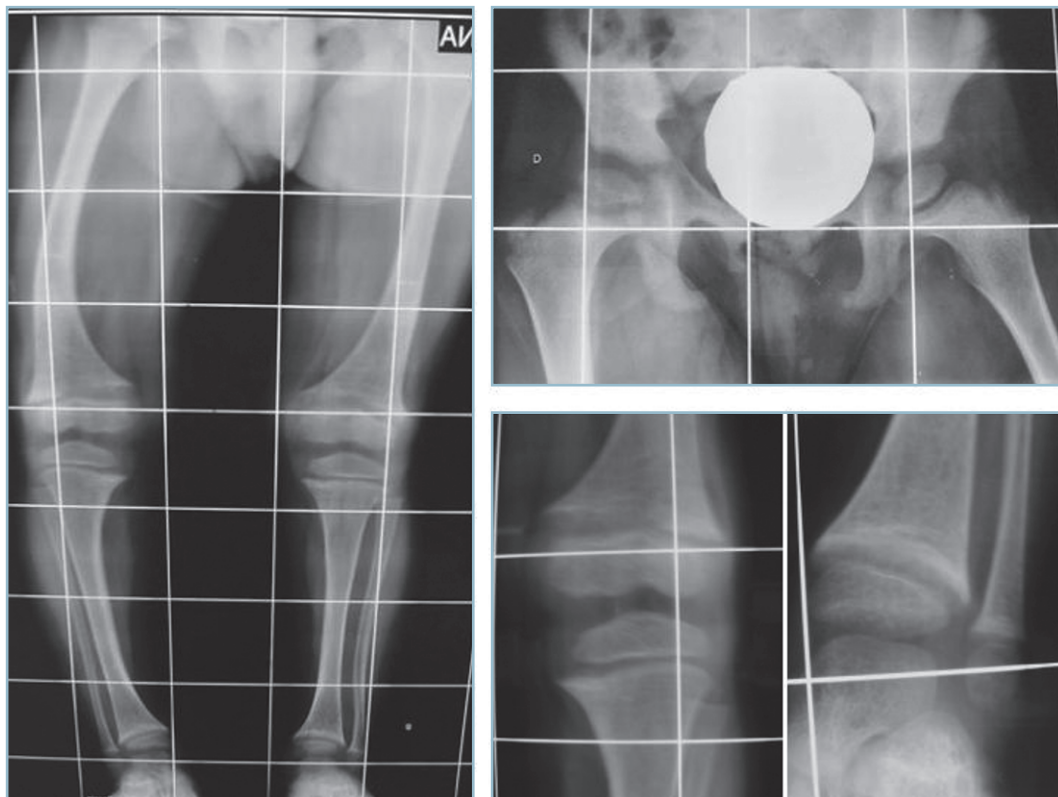
Sa fonction, primordiale au cours de la croissance, impose une attention particulière lors du traitement orthopédique et chirurgical du squelette de l'enfant.

Sur le plan mécanique, les physes représentent des zones « transitionnelles » cartilagineuses interposées entre deux segments osseux plus rigides. Elles constituent des zones de concentration des sollicitations mécaniques, responsables de l'extrême fréquence des lésions auxquelles elles sont exposées dans la pathologie traumatique [4-7] (*figure 2.3*) ainsi que lors des sollicitations répétées liées à l'activité sportive intensive.

Par ailleurs, la forte activité métabolique qui règne au sein des cartilages de conjugaison explique leur sensibilité aux perturbations métaboliques et les désordres observés lors de pathologies constitutionnelles (chondrodystrophies) ou de pathologies acquises (rachitisme) (*figure 2.4*). De



2.3 Classification de Salter et Harris des fractures épiphysaires en cinq types [7]. Les types I et II passent dans l'épaisseur de la physe, entre la couche sériée et hypertrophique : la couche germinale reste intacte, et le risque d'épiphysiodèse est peu élevé. À l'inverse, les types III et IV traversent complètement le cartilage de croissance, risquant de léser la zone germinative, et donc d'entraîner une épiphysiodèse définitive. Le type V a la particularité de ne pas être forcément visible d'emblée à la radiographie, mais il est dû à une impaction sévère de la physe, avec un risque de destruction complète.



2.4 Désorganisation métabolique des physes du membre inférieur chez un patient souffrant de rachitisme. Noter la désaxation des membres inférieurs ainsi que l'aspect élargi de l'ensemble des physes.

même, cette activité métabolique repose sur une vascularisation intense qui explique la fréquence élevée des processus infectieux contaminant les métaphyses par voie hématogène. De plus, elle rend compte de la sensibilité des physes à l'ischémie (*figure 2.5*).

Quelle qu'en soit la cause, la lésion d'une physe peut se compliquer d'une désorganisation de sa croissance. Le mécanisme le plus fréquent est la formation d'un pont

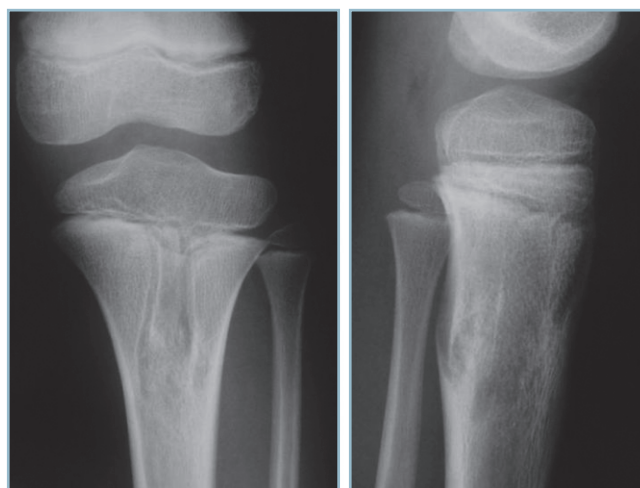
osseux ou fibreux, transphysaire, unissant l'épiphyse et la métaphyse. Cette épiphysiodèse peut être totale et s'accompagner d'un arrêt de la croissance de la physe concernée. Elle peut n'être que partielle, s'accompagnant alors d'une croissance asymétrique, responsable d'une désaxation progressive, et d'inégalité de longueur évolutive. Les répercussions de ces lésions sont d'autant plus sévères que l'enfant est jeune lors du traumatisme. S'il est suffisamment



2.5 Épiphysiodèse ischémique du radius distal séquentaire à un syndrome de Volkmann sur fracture des deux os de l'avant-bras.

limité, le pont d'épiphysiodèse peut n'être qu'à l'origine d'une désorganisation locale du cartilage de croissance. Dans ce cas, la surface saine restante peut conserver une fonction normale et « vaincre » un pont osseux en le détachant d'une de ses extrémités, ou en étirant progressivement un pont fibreux (figure 2.6). Dans le cas contraire, le traitement chirurgical consiste à repérer puis à exciser le pont d'épiphysiodèse et surtout prévenir sa récurrence en interposant du tissu graisseux ou des matériaux inertes au niveau du site d'exérèse [1]. Ces désépiphysiodèses sont des interventions délicates, aux résultats aléatoires. Leurs indications les plus communément admises reposent sur la persistance d'une surface de physe saine d'au moins 50 %, et d'un potentiel de croissance d'au moins deux ans. Dans les autres cas, le traitement d'une désaxation évolutive passera par la complétion de l'épiphysiodèse partielle qui la génère, puis par le traitement de l'inégalité de longueur qui en résultera.

La physe, véritable moteur de la croissance longitudinale du squelette axial et appendiculaire, fait toute la spécificité de l'orthopédie pédiatrique. Cette structure histologique, d'organisation subtile, anime un processus d'ostéogenèse enchondrale capable du meilleur (remodelage d'un cal vicieux), comme du pire (désaxation et inégalité de longueur évolutive). Le respect de son intégrité doit rester la priorité qui guide le geste du chirurgien orthopédiste.



2.6 Distraction progressive d'un pont d'épiphysiodèse fibreuse centrale consécutive à un processus infectieux. Chez ce patient, il n'y a aucune désaxation ni raccourcissement. La physe saine parvient à maintenir une croissance physiologique en dépit de la zone de physe pathologique.

Bibliographie

- [1] Bollini G, Tallet JM, Jacquemier M, Bouyala JM. New procedure to remove a centrally located bone bar. *J Pediatr Orthop* 1990 ; 10 : 662-6.
- [2] Damsin JP, Djenadi K, Josset P, Wioland M. Cartilage de croissance et croissance en orthopédie. *Encycl Méd Chir* (Elsevier, Paris), appareil locomoteur I, 14009 a10, 1996 :13 p.
- [3] Forriol F, Shapiro F. Bone development : interaction of molecular components and biophysical forces. *Clin Orthop Relat Res* 2005 ; 432 : 14-33.
- [4] Jouve JL, Guillaume JM, Launay F et al. Traumatisme du cartilage de croissance. In Clavert JM, Karger C, Lascombe P et al. *Fractures de l'enfant. Monographie du GEOP*. Montpellier, Sauramps, 2002 : 19-27.
- [5] Langenskiöld A. Role of the ossification groove of Ranvier in normal and pathologic bone growth : a review. *J Pediatr Orthop* 1998 ; 18 : 173-7.
- [6] Pous JG. Le cartilage de croissance. *Cahier d'enseignement de la SOFCOT*, Paris, Expansion Scientifique 1981 ; 15 : 67-80.
- [7] Salter RB, Harris WR. Injuries involving the epiphyseal plate. *J Bone Joint Surg* 1963 ; 45A : 587-622.

Périoste

La fonction ostéogénique du périoste est reconnue depuis le XVIII^e siècle [10]. Elle se manifeste dans toutes les situations entraînant son décollement de la surface osseuse, qu'il soit d'origine traumatique, infectieuse, tumorale ou chirurgicale. Ce tissu fibro-cellulaire assure des fonctions duales, mécaniques et biologiques, intriquées. Alors que sa couche fibreuse externe joue un rôle mécanique, sa couche profonde cellulaire est en mesure d'initier une production massive de tissus squelettiques, aussi divers que l'os, le cartilage, les tendons et ligaments, et même du tissu musculaire. En effet, cette couche « cambiale » renferme des cellules progénitrices mésenchymateuses ayant conservé un potentiel de différenciation multidirectionnel. De plus, le périoste est à l'origine de l'émission de molécules bio-actives (facteurs de croissance) permettant de moduler ces diverses voies de différenciation.

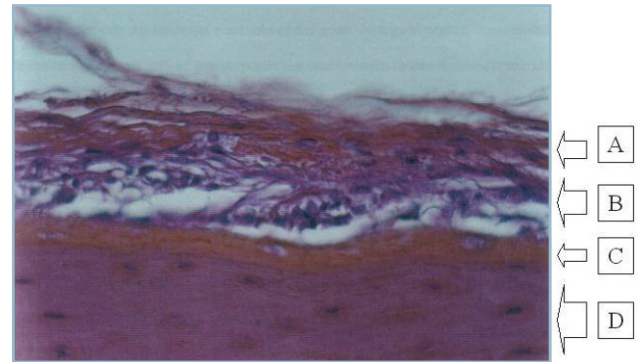
ANATOMIE ET EMBRYOLOGIE

Le périoste se présente macroscopiquement comme une membrane qui couvre la surface externe de la plupart des os. Il tapisse les os longs de manière quasi continue, d'une épiphyse à l'autre. Il est absent des surfaces articulaires, des zones d'insertion tendineuse ainsi que de la surface des os sésamoïdes.

Sur le plan histologique, le périoste est composé d'une fine couche de cellules mésenchymateuses et d'un réseau vasculo-nerveux et fibrillaire riche, organisés en deux couches distinctes (*figure 2.7*) :

- la surface externe « fibreuse » est composée de fibroblastes, de fibres collagènes et de fibres élastiques associées à un riche réseau nerveux et micro-vasculaire. Cette couche superficielle lui confère l'essentiel de ses propriétés physiques et son rôle physiologique mécanique ;
- la couche profonde « cambiale », en contact direct avec la surface osseuse, contient des cellules progénitrices mésenchymateuses adultes, des cellules différenciées progénitrices ostéogéniques, des ostéoblastes, des ostéoclastes, des fibroblastes, des micro-vaisseaux et un réseau dense de fibres nerveuses sympathiques. Cette couche confère au périoste l'essentiel de ses propriétés biologiques, en particulier dans sa fonction ostéogénique.

Le développement embryologique des os longs se produit à l'issue d'un processus d'ossification enchondrale. Il débute par une agrégation puis par une condensation des



2.7 Coupe histologique de périoste. Il se compose d'une couche fibreuse (A), lui conférant ses propriétés mécaniques, et d'une couche cellulaire « cambiale » (B), lui assurant l'essentiel de ses propriétés ostéogéniques. C. Couche d'os ostéoïde. D. Os cortical diaphysaire.

cellules mésenchymateuses dans l'axe central du bourgeon des membres. Ces cellules se différencient en chondroblastes, puis en chondrocytes qui constituent la maquette cartilagineuse de l'ébauche squelettique. Les cellules situées à la périphérie de ce cartilage s'allongent et forment une enveloppe de tissu conjonctif dense, le péri-chondre, qui circonscrit l'ébauche squelettique. Au cours de la maturation, alors qu'apparaissent les centres d'ossification primaire, le péri-chondre est également l'objet d'une différenciation de ses cellules mésenchymateuses en ostéoblastes. Il acquiert une fonction ostéogénique et forme alors le périoste.

PHYSIOLOGIE

La fonction physiologique du périoste accompagne toute la vie du tissu osseux mais elle est nettement plus intense chez l'enfant. Ainsi au cours de la croissance, la couche cambiale, stimulée, est épaisse et comporte de nombreuses couches d'ostéoblastes cubiques. La maturation tissulaire liée à l'âge s'accompagne d'une raréfaction des ostéoblastes et des fibroblastes ainsi que de la densité vasculaire de la couche externe fibreuse. Parallèlement à l'apparente atrophie du périoste, ses propriétés fonctionnelles s'ameublissent ainsi que sa réponse aux hormones et aux cytokines. Cependant, le périoste conserve à tout âge sa capacité de prolifération en cas d'activation par des charges

mécaniques appliquées sur l'os sain ou lors d'un processus de réparation de fracture.

Régulation de la croissance osseuse

Par sa dualité fonctionnelle mécanique et biologique, le périoste contribue à la régulation de la croissance des os longs. Par son rôle mécanique, il module leur croissance axiale, exerçant un effet freinateur sur les plaques de croissance. Par son rôle biologique, il contrôle le diamètre et régule l'épaisseur de la corticale de l'os.

Croissance axiale des os longs

La contribution du périoste à la régulation de la croissance axiale est mise en évidence lors des fractures des os longs chez l'enfant, qui s'accompagnent fréquemment d'une stimulation transitoire du taux de croissance des plaques conjugales [6]. Cependant, même en l'absence de traumatisme de l'os, la section circonférentielle du périoste à proximité des plaques conjugales fertiles y entraîne une stimulation du taux de croissance du même ordre que si elle s'accompagne d'une ostéotomie. En effet, le périoste est fermement ancré aux deux extrémités des os longs, au niveau des épiphyses. Il pontre les deux cartilages de conjugaison dont la croissance est à l'origine de sa mise en tension. Il entraîne ainsi une compression permanente des cartilages de croissance y exerçant une inhibition mécanique. De ce fait, la section du périoste, les libérant des contraintes mécaniques, supprimerait ce rétrocontrôle négatif. Ainsi les sections hémi-circonférentielles sont-elles responsables non seulement d'une hypercroissance mais également de défaut d'axe du fait d'une libération asymétrique de la poussée de croissance.

En alternative aux théories mécanicistes basées sur une levée d'inhibition, des théories basées sur une stimulation biologique du cartilage de croissance par le traumatisme du périoste ont été proposées. En effet, le décollement du périoste de la surface osseuse déclenche une cascade d'événements cellulaires locaux qui s'accompagnent de l'émission de facteurs de croissance tels que les TGF- β (*Transforming Growth Factor*) impliqués dans les phénomènes de prolifération et de différenciation cellulaire survenant au sein du cartilage de conjugaison. Ils pourraient interagir avec la régulation de la plaque de conjugaison. Par ailleurs, des phénomènes inflammatoires ou vasculaires ont été incriminés. Cependant, ces théories restent controversées.

Contrôle du diamètre osseux et de l'épaisseur corticale

Le périoste contribue à remodeler la surface externe de l'os, lui assurant ses caractéristiques morphologiques et structurales. L'apposition de couches osseuses successives

permet un accroissement du diamètre externe des os longs et de l'épaisseur des os plats. Cette expansion périostée est l'un des points cardinaux de la croissance volumétrique du squelette appendiculaire. Elle se produit tout au long de la croissance avec une accélération marquée à la puberté parallèlement au pic de croissance en longueur. Elle est liée à un mécanisme d'ostéogenèse intramembranaire au cours duquel les cellules mésenchymateuses de la face cambiale du périoste se différencient directement en ostéoblastes, élaborant la matrice extra-cellulaire osseuse, puis en ostéocytes. Le taux d'apposition osseuse est régulé par l'environnement hormonal, les androgènes exerçant un effet stimulant s'opposant à l'effet inhibant des œstrogènes. Des facteurs de croissance comme l'IGF-1 (*Insuline-like Growth Factor 1*) interagiraient avec les hormones stéroïdes sexuelles pendant la puberté. Les hormones non stéroïdiennes telles que la parathormone et l'hormone de croissance stimulent l'apposition périostique et l'expansion osseuse.

Parallèlement à ces facteurs biologiques, les forces mécaniques appliquées *in vivo* entraînent l'expression de nombreux gènes dans le périoste. La mise en charge du squelette appendiculaire et axial produit une transformation rapide de la surface profonde du périoste d'aspect quiescent en une surface de périoste activé. La mécano-sensibilité des ostéoblastes du périoste pourrait être un des modulateurs principaux de l'apposition périostée en croissance.

Afin de préserver les proportions osseuses harmonieuses en cours de croissance, le périoste est également doté de propriétés de résorption considérable [11]. Son potentiel ostéoclastique est reconnu dans des situations pathologiques comme l'hyper-parathyroïdie. Cependant, la croissance physiologique osseuse s'accompagne de phénomènes de résorption similaires, en particulier dans les régions métaphysaires. Compte tenu de la productivité de la plaque de croissance, l'os métaphysaire de diamètre large migre en position diaphysaire de diamètre plus étroit. Ainsi, le diamètre du périoste et de l'os qu'il enserre rétrécit au cours de ce processus. L'endoste maintient les caractéristiques mécaniques de l'os grâce à son apposition osseuse endomédullaire qui augmente l'épaisseur corticale. Ce processus n'est qu'un exemple illustrant la coordination du périoste et de l'endoste dans l'organisation de l'épaisseur corticale et du respect de la morphologie osseuse. Il va à l'encontre du concept bien connu du rôle d'apposition périostée et de résorption endostée simultanée qui accompagne le vieillissement osseux.

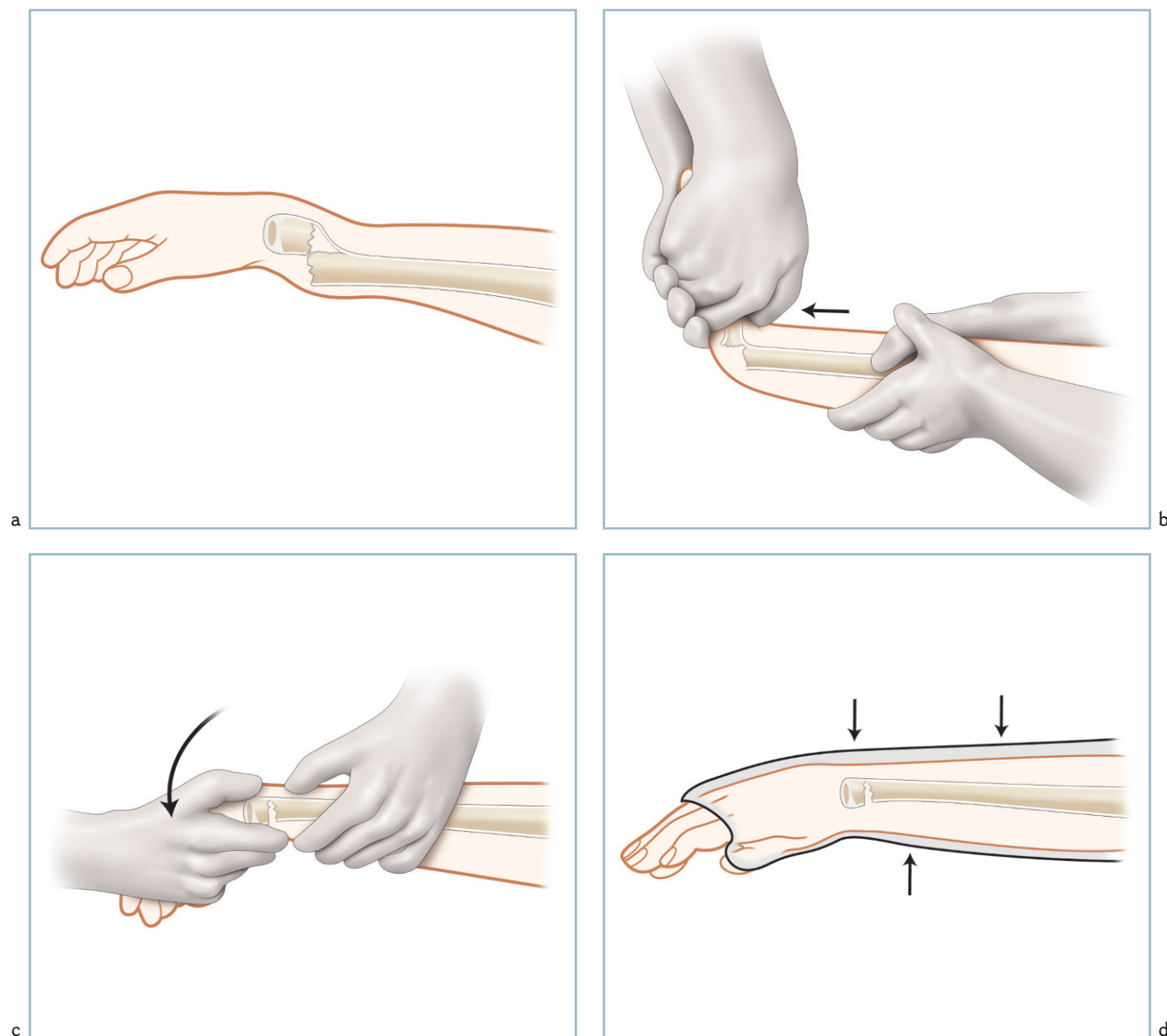
Consolidation des fractures

Membrane mécanique

Chez l'enfant, l'imposante épaisseur et la forte résistance mécanique du périoste explique la fréquence des fractures

peu ou non déplacées dans cette gamme d'âge (fractures « en motte de beurre », « en bois vert »). Le fourreau périostique, tubulaire, interdit l'interposition des tissus mous et maintient l'hématome fracturaire en place. En cas de fracture déplacée, le périoste se déchire, laissant le passage aux deux extrémités osseuses, mais en dépit de cette brèche, le fourreau périostique reste souvent relativement conservé, en particulier sur le côté concave de l'angulation. La réduction vise non seulement à aligner les fragments osseux,

mais également à les réintégrer dans le fourreau. Les techniques de réduction prennent en compte la position du périoste épargné. Elles s'appuient sur sa présence et sur son effet de hauban pour guider la réduction, la pérenniser durant le traitement orthopédique et éviter tout risque d'hypercorrection (*figure 2.8*). Une technique inadéquate fait courir le risque d'une rupture du pont de périoste unissant encore les extrémités osseuses, rendant la fracture instable.



2.8 Le traitement orthopédique des fractures de l'enfant s'appuie sur la présence de segments de périoste non rompus qui jouent le rôle de hauban.

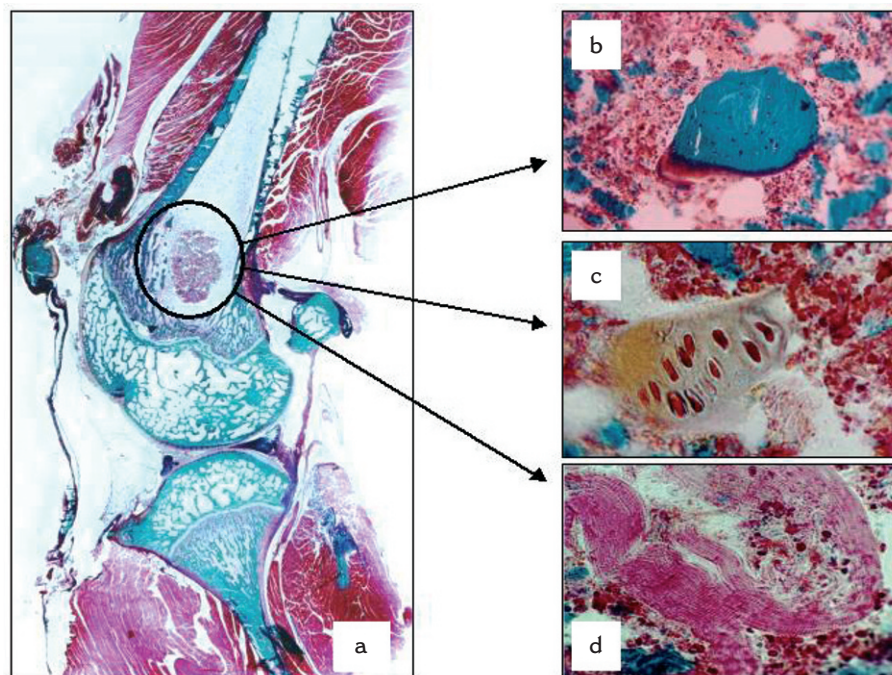
- a. Fracture métaphysaire distale du radius à chevauchement postérieur, le périoste postérieur n'est pas déchiré.
- b. La technique de réduction vise à ne pas le rompre.
- c. L'effet hauban guide la réduction évitant toute hypercorrection.
- d. Cet effet assure la stabilité de la réduction par une contention à « effet trois points ».

Membrane biologique ostéogénique

La fracture d'un os déclenche une cascade d'événements cellulaires extrêmement riches faisant intervenir de nombreuses structures anatomiques et l'interaction de signaux moléculaires complexes qui reproduisent les étapes embryologiques de la genèse et du développement des tissus squelettiques [4]. Le rôle biologique du périoste est de premier ordre dans ces processus de consolidation. Il se manifeste à trois niveaux :

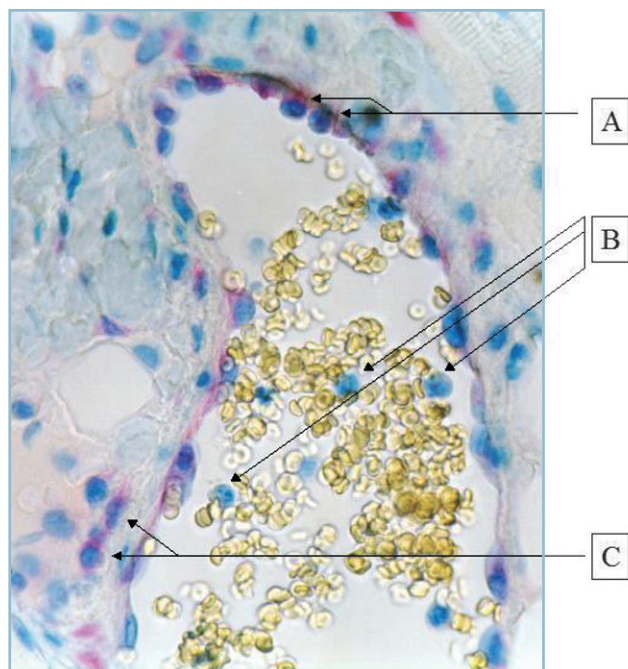
- le traumatisme et le décollement périostés initient une succession d'événements cellulaires qui stimulent la prolifération rapide et intense des précurseurs ostéochondrogéniques de sa couche cambiale ;
- de plus, ce processus s'accompagne de l'émission locale de facteurs de croissance qui permettent le recrutement dans l'environnement musculaire, vasculaire et médullaire d'autres précurseurs ostéochondrogéniques. Ils viennent quantitativement enrichir le pool des cellules impliquées dans le processus d'ostéogenèse (*figure 2.9*) ;
- enfin, le périoste contribue au développement vasculaire remplissant des missions métaboliques vis-à-vis du cal de consolidation. Dans la physiologie de l'os sain, le péri-

oste ne participe que de manière très marginale à la vascularisation osseuse. Il apporte un réseau vasculaire dense à l'os cortical sous-jacent, richement anastomosé avec le réseau des artères nourricières provenant du réseau médullaire. Cependant, au sein de cette anastomose vasculaire, le flux artériolo-capillaire est essentiellement centrifuge, se faisant de la cavité médullaire vers la périphérie corticale. Ainsi, la contribution vasculaire du périoste se limite au tiers superficiel de l'épaisseur corticale. En revanche, en cas d'interruption de la vascularisation médullaire, lors d'une fracture par exemple, c'est le périoste qui prend le relais et le flux s'inverse. À la suite d'une fracture, le processus inflammatoire apporte une augmentation significative de la vascularisation locale de l'os et des tissus mous avoisnants et stimule une néo-angiogenèse qui pénètre le cal de consolidation précoce par l'intermédiaire du périoste. Ces néo-vaisseaux contribuent également à l'apport de cellules souches provenant des parois vasculaires, telles que les cellules endothéliales et les péricytes, ainsi que des cellules souches circulantes (*figure 2.10*). Ainsi, en cas d'abord chirurgical du site fracturaire, il apparaît primordial d'éviter toute dissection entre le périoste et les parties molles. Les principes de la dissection sous-périostée sont bien établis.



2.9 Expérimentation chez le lapin. Un lambeau de périoste est appliqué à proximité du genou. L'émission de facteurs de croissance stimule les cellules mésenchymateuses locorégionales :

- a. Ici, au sein de la moelle hématopoïétique, présence d'un nodule de cellules mésenchymateuses activées.
- b. Ostéogenèse ectopique au sein de ce nodule médullaire (fort grossissement).
- c. Chondrogenèse ectopique dans le même nodule.
- d. De même, myogenèse ectopique.



2.10 Coupe histologique d'une veine à proximité d'un processus d'histogénèse périostée.

- a. Ce contingent de cellules mésenchymateuses pariétales peut représenter un contingent de cellules résidentes (péricytes) ou cellules de transition entre un pool circulant et les cellules du site de production tissulaire.
- b. Contingent de cellules mésenchymateuses circulantes.
- c. Cellules mésenchymateuses d'origine vasculaire probable, migrant vers le site d'histogénèse.

Périoste et remodelage

Lors du remodelage d'un cal vicieux angulaire, le bord convexe subira une résorption osseuse alors que le bord concave bénéficiera d'une apposition d'os néoformé conformément à la loi de Wolff. Cette fonction est attribuée au périoste, mais ses mécanismes de régulation sont méconnus. Ce rôle reste modeste dans la correction angulaire réelle du cal vicieux. Le remodelage périosté contribue surtout à « arrondir les angles » alors que la correction axiale réelle de l'os repose plus sur une adaptation de la croissance au niveau des plaques de conjugaison.

Périoste dans l'ostéogénèse par distraction

La chirurgie d'allongement des membres représente un cas particulier des fractures. Les stades initiaux du processus de consolidation sont identiques durant la période de latence préalable à l'allongement. L'environnement méca-

nique s'altère dès lors que la distraction débute. Le rôle primordial du périoste a été démontré expérimentalement dans ce cadre physiopathologique. L'agression mécanique de la moelle et de l'endoste ne représente que peu de conséquences sur la consolidation. L'exérèse du périoste, en revanche, s'accompagne de perturbations majeures du développement du cal [5]. De ce fait, les techniques d'ostéotomie recommandent la préservation de l'intégrité du périoste. Ces techniques mini-invasives sont réalisées à foyer fermé ou à foyer ouvert après exposition osseuse sous-périostée.

PÉRIOSTE EN SITUATION PATHOLOGIQUE : PÉRIOSTE ET OSTÉOMYÉLITE

La perte de substance osseuse, et parfois de son enveloppe de périoste, est liée non seulement à la virulence des germes, mais surtout à des facteurs mécaniques du décollement du périoste par un abcès sous pression. Dans la physiopathologie de l'ostéomyélite, le périoste est impliqué très tôt. En effet, les micro-abcès métaphysaires devenant coalescents ont tendance à fistuliser hors de l'os, sous le périoste. Celui-ci entretient une adhérence faible à l'os et s'en décolle aisément, créant ainsi l'abcès sous périosté. La corticale externe est privée de sa vascularisation, l'ischémie osseuse peut aboutir à sa nécrose qui formera le ou les séquestres. À un stade précoce, le périoste reste fonctionnel et son décollement le réactive. Il reprend alors son activité ostéogénique comme en témoigne l'apposition périostée visible sur les radiographies précoces. Celle-ci peut prendre des proportions importantes au point qu'une épaisse couche d'os néoformée peut envelopper le séquestre osseux, formant l'involutum caractéristique (*figure 2.11*). C'est de la vitalité du périoste que dépendent le pronostic de la maladie et les choix thérapeutiques. Dans le cas où la membrane reste viable, elle est à l'origine d'une régénération osseuse spontanée de la perte de substance. Ainsi, peuvent coexister de l'os sain régénéré et des segments d'os nécrotique plus ou moins étendus. En cas d'involutum abondant, l'ablation du séquestre va permettre une régénération spontanée du segment diaphysaire osseux sans apport de greffe complémentaire. Dans le cas contraire, le séquestre peut s'extraire spontanément laissant place à une perte de substance étendue dont la reconstruction chirurgicale s'imposera. Il apparaît clairement que le maintien de la vitalité du périoste est un élément essentiel du traitement de l'ostéomyélite. Ainsi, l'évacuation aussi précoce que possible de l'abcès sous-périosté augmente ses chances de survie [3].



2.11 Pandiaphysite humérale du nourrisson. Formation de l'involucre composé du segment diaphysaire circonscrit d'os néoformé par appositions périostées.

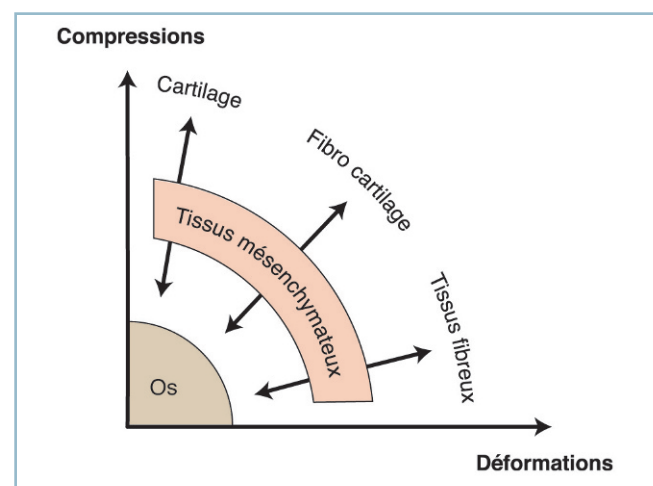
RECHERCHES ET PERSPECTIVES

Si les études anatomiques et pathologiques consacrées au périoste démontrent son intervention à tous les niveaux de la physiologie osseuse [11], les études expérimentales démontrent que le décollement du périoste ré-initie les cascades embryologiques de la formation tissulaire squelettique des membres [4]. Ce processus mésengénique part d'une cellule-souche peu différenciée. Les conditions environnementales locales biochimiques, mécaniques et biologiques, en modulent les diverses voies de différenciation. Ainsi, si l'on est capable de contrôler l'environnement cellulaire à ces divers niveaux, il devient possible de diriger la production tissulaire aussi bien *in vivo* qu'*in vitro* [8].

Le rôle spécifique du périoste provient du fait qu'il possède des cellules souches relativement immatures de la lignée mésenchymateuse. Celles-ci siègent essentiellement dans la couche profonde, mais également dans la couche fibreuse. Par ailleurs, sa riche vascularisation met à la disposition du processus de genèse tissulaire des cellules souches vasculaires présentes dans les capillaires périostés (les péricytes). De plus, le périoste émet des facteurs de croissance qui recrutent des cellules souches mésenchymateuses dans son environnement. Elles proviennent des muscles, des vaisseaux, de la moelle osseuse, de la synoviale, etc. Ce pool cellulaire sera amené à proliférer jusqu'à occuper un volume critique avant de s'engager dans un processus de différenciation dont le déterminisme est l'in-

tégration du tissu final régénéré dans son environnement tissulaire. À ce stade, le contrôle de la différenciation échappe au périoste et revient directement à l'environnement cellulaire, au travers de nombreux signaux mécaniques et biologiques en interaction. Sur le plan mécanique, les tractions exercées sur les tissus en cours de régénération, et en particulier les déformations tissulaires au-delà d'un seuil critique de 15 %, les orientent vers la formation de tissus fibreux (*figure 2.12*) [2]. Au contraire, les compressions cycliques hydrostatiques favorisent la formation de tissus cartilagineux. Les contraintes relativement neutres permettent la formation de tissus osseux. Sur le plan biologique, des cytokines et autres facteurs de croissance modulent les voies de différenciation cellulaire. Depuis la découverte de la BMP, de nombreuses de ces molécules protéiques ont été identifiées. À ce jour, les plus impliquées dans le développement et la régénération des tissus squelettiques appartiennent à la famille des TGF- β (*Transforming Growth Factors*). Elles influencent les phases prolifératives et les voies de différenciation des cellules progénitrices à toutes les phases temporelles du développement tissulaire. Leurs effets sont difficiles à caractériser car une même molécule peut avoir diverses significations pour la cellule réceptrice selon sa phase chronologique de maturation. Ainsi, une BMP-2 peut-elle être, tour à tour, un facteur de prolifération ou bien un messenger d'apoptose ou encore un facteur de différenciation ostéogénique inhibant la différenciation chondrogénique.

Cet aspect multipotent des processus de régénération tissulaire *in vivo* chez l'homme a encouragé l'utilisation du périoste à des fins de renforcement ligamentaire, de régénération de pertes de substance osseuse étendues [7, 12], ou de « resurfaçage » cartilagineux [1, 9].



2.12 Représentation schématique de l'orientation de la différenciation des précurseurs cellulaires mésenchymateux sous l'influence des sollicitations mécaniques. Les déformations tissulaires ainsi que les contraintes compressives régulent la mécanotransduction.

Dans les conditions biomécaniques d'une ligamentoplastie, si les déformations tissulaires excèdent 15 % tout en restant sous un seuil de rupture du régénérat, la différenciation fibreuse sera favorisée permettant la genèse d'un néoligament. Par ailleurs, des greffons de périoste ont été utilisés en adjonction aux ligamentoplasties tendineuses. Le manchonnage de l'extrémité tendineuse dans son trajet intra-osseux augmente l'intégration de la ligamentoplastie et la résistance à l'arrachement de l'interface os/tendon.

En dépit de nombreuses expérimentations animales utilisant le périoste à des fins de consolidation de fractures sévères, de pseudarthroses ou de pertes de substance osseuse, les applications en pathologie humaine sont restées anecdotiques. Cependant, l'utilisation de lambeaux de périoste peut s'avérer une aide précieuse dans des situations cliniques complexes. La préservation de sa vascularisation augmente très significativement sa productivité. L'ostéogenèse observée est essentiellement enchondrale. Certains sites donneurs de lambeaux vascularisés ont été décrits [7] mais les sites métaphysaires, proches des cartilages de croissance, doivent être évités chez l'enfant. Après prolifération cellulaire, la différenciation se fera selon les conditions biomécaniques du site de greffe. La prolifération précoce est stimulée par des variations cycliques de pression hydrostatique (micro-mobilité). La différenciation ostéogénique est stimulée par l'absence de déformation tissulaire (stabilité).

La restauration d'un capital cartilagineux si modeste soit-il, reste un défi biologique. Dans la réparation du cartilage hyalin, deux problèmes majeurs se posent : l'intégration du régénérat au cartilage receveur ainsi que la difficulté à restaurer l'os sous-chondral.

L'apport de cellules indifférenciées dans une perte de substance ostéocondrale répond partiellement à ces deux impératifs. En effet, il permet une recolonisation de la perte de substance ostéocondrale par des cellules progénitrices qui ont une bonne probabilité de se différencier de manière adéquate permettant une restauration « fonctionnelle » de l'architecture tissulaire. Dans le cas d'une arthroplastie de resurfacing périostée, la mobilisation articulaire continue, en décharge, améliore la qualité biologique et les performances mécaniques du cartilage hyalin régénéré. Les greffons de périoste sont parfois employés en adjonction à des techniques de greffes de chondrocytes autologues ou de cellules souches mésenchymateuses. Après excision du segment ostéocondral pathologique, la perte de substance est recouverte par le greffon de périoste suturé ou collé à ses berges. Les cellules greffées sont injectées sous le greffon qui agit alors comme une membrane rétentrice stabilisant la greffe cellulaire.

Les mêmes concepts de régénération des tissus squelettiques peuvent être appliqués ex vivo dans un cadre d'ingénierie tissulaire et de formation de bio-matériaux. En

effet, le périoste se comporte comme une membrane permettant l'adhésion de cellules souches à potentiel prolifératif. Il leur apporte une matrice extra-cellulaire ainsi que des facteurs de croissance. Il est à parier que les applications cliniques et d'ingénierie tissulaire, associées aux techniques de biologie cellulaire et de thérapie génique, multiplieront les applications potentielles du périoste.

Bibliographie

- [1] Brittberg M, Sjogren-Jansson E, Thornemo M et al. Clonal growth of human articular cartilage and the functional role of the periosteum in chondrogenesis. *Osteoarthritis Cartilage* 2005 ; 13 : 146-53.
- [2] Claes LE, Heigele CA. Magnitudes of local stress and strain along bony surfaces predict the course and type of fracture healing. *J Biomech* 1999 ; 32 : 255-66.
- [3] Daoud A, Saighi-Bouaouina A. Treatment of sequestra, pseudarthroses, and defects in the long bones of children who have chronic hematogenous osteomyelitis. *J Bone Joint Surg Am* 1989 ; 71 : 1448-68.
- [4] Ferguson C, Alpern E, Miclau T, Helms JA. Does adult fracture repair recapitulate embryonic skeletal formation ? *Mech Dev* 1999 ; 87 : 57-66.
- [5] Frayssinet P, Guichet JM. Aspects cellulaires de la régénération osseuse. Rôle du périoste et de la moelle osseuse. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2004 ; 90 : 765-70.
- [6] Jacobsen FS. Periosteum : its relation to pediatric fractures. *J Pediatr Orthop B* 1997 ; 6 : 84-90.
- [7] Masquelet AC, Romana MC, Penteado CV, Carlzio H. Vascularized periosteal grafts. Anatomic description, experimental study, preliminary report of clinical experience. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1988 ; 74 Suppl 2 : 240-3.
- [8] Moukoko D. Le périoste de l'enfant. *Cahier d'enseignement de la SOFCOT*, Paris, Expansion Scientifique, 2006 ; 91 : 322-38.
- [9] O'Driscoll SW, Fitzsimmons JS. The role of periosteum in cartilage repair. *Clin Orthop Relat Res* 2001 ; 391 : S190-S207.
- [10] Ollier L. *Traité expérimental et clinique de la régénération des os et de la production artificielle du tissu osseux. Vol. I*. Paris, Victor Masson et Fils, 1867.
- [11] Orwoll ES. Toward an expanded understanding of the role of the periosteum in skeletal health. *J Bone Miner Res* 2003 ; 18 : 949-54.
- [12] Vielpeau C, Moens P, Locker B, Bouamra K. Régénérescence du péroné après résection d'un kyste anévrysmal du tiers inférieur par une technique originale. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1993 ; 79 : 594-7.

Immobilisations plâtrées du membre supérieur

« Il est de toute nécessité que les médecins arrivent à faire de bons plâtres, car les guérisons parfaites ne peuvent s'obtenir qu'avec des appareils parfaits. » (F. Calot, L'orthopédie indispensable, 1910).

L'immobilisation plâtrée représente le mode de contention thérapeutique le plus utilisé en traumatologie et en orthopédie pédiatrique. Sa relative facilité de mise en œuvre en fait un outil remarquable à condition de bien connaître ses techniques de réalisation, ses indications et ses complications.

Le plâtre peut être circulaire ou sous forme d'attelle. C'est un tuteur externe qui permet d'immobiliser et d'acquérir une stabilité squelettique ou articulaire primaire. Il offre une stabilisation primaire immédiate du foyer de fracture par un exosquelette et est le pendant de l'ostéosynthèse qui crée dans ce cas un endosquelette.

Le plâtre est inextensible et non élastique. Il ne peut par conséquent pas s'adapter au contenu au fil de l'évolution thérapeutique. Il faudra donc savoir le refaire au cours du traitement, ou le réadapter. L'immobilisation plâtrée devient désadaptée dans deux cas : soit le membre continue à augmenter de volume et un risque compressif se crée, soit le membre traumatisé diminue de volume, et il existe alors un risque de déplacement secondaire, d'où la nécessité de contrôles fréquents. En cas d'ostéosynthèse « légère » associée, le plâtre vient pallier la faible rigidité de celle-ci.

Le plâtre est le premier des antalgiques. En supprimant le mouvement, il diminue la douleur. De même devant un épanchement inflammatoire, l'immobilisation diminue la production de liquide articulaire. Le plâtre est aussi le premier des cicatrisants. Par son rôle de « carapace », il protège le membre de toute nouvelle agression extérieure. L'absence de mouvement favorise la cicatrisation en diminuant les tensions cutanées, notamment pour les plaies ou incisions chirurgicales situées à proximité d'une articulation.

Pour immobiliser efficacement un segment de membre ou une articulation, il est nécessaire d'immobiliser les segments sus et sous-jacents. Pour immobiliser une racine d'un membre, il faudra donc prendre appui sur la zone anatomique voisine. Chacune des positions d'immobilisation entraîne un handicap qu'il faut connaître. Lorsqu'on immobilise un membre supérieur, il faut savoir si l'on veut conserver la préhension ou au contraire la limiter ou l'empêcher. Plus l'immobilisation sera distale, plus la préhension sera facilitée, un coude libre permettant l'alimentation. Immobiliser le membre supérieur, c'est limiter la préhen-

sion. Immobiliser l'épaule et le segment huméral, c'est empêcher le membre préhenseur de se dégager du tronc. Immobiliser le coude en flexion à 90° empêche de porter la main à la bouche et de s'alimenter seul. Immobiliser le coude en forte flexion entraîne, outre l'inconfort, un risque de compression vasculaire ce qui nécessite une surveillance accrue de l'immobilisation (plâtre de Blount). Pour immobiliser l'avant-bras, si on veut éloigner les deux os l'un de l'autre pour éviter une synostose, il faudra plâtrer en supination. La main ne pourra alors être utilisée qu'en mode plateau. Si on souhaite conserver la préhension, il faudra immobiliser la main en pronation ou en semi-pronation avec le pouce en opposition.

L'immobilisation de l'enfant et de l'adolescent obéit à des principes communs avec celle de l'adulte. Elle s'en différencie :

- par le terrain sur lequel elle est réalisée (l'enfant est en général peu compliant au traitement, ce qui fera préférer une immobilisation inamovible aux procédés de type attelles amovibles) ;
- par les délais d'immobilisation qui sont plus brefs que chez l'adulte ;
- par l'absence de véritables conséquences trophiques ;
- par la spécificité de certains plâtres qui ne sont jamais réalisés chez l'adulte du fait de leur inconfort ou de leur encombrement, mais qui sont très utiles chez l'enfant : Gerdy plâtré, thoracobrachial, etc.

L'immobilisation conduit à la création d'un handicap temporaire. Quelle que soit l'immobilisation réalisée, celle-ci limite l'autonomie. La famille doit en être informée. L'immobilisation peut et doit être évolutive. Plus le nombre d'articulations incluses dans le plâtre est important, plus la mobilité est limitée. L'immobilisation injustifiée entraîne l'amyotrophie et le retard de la reprise de l'activité. Initialement étendue au segment sus et sous-jacent à la lésion, lorsque la stabilité primaire est obtenue, on peut la diminuer en étendue (en libérant une articulation) et en temps (c'est la place des orthèses amovibles qui permettent les soins d'hygiène et qui sont légères).

TECHNIQUES DE CONFECTION DES APPAREILS PLÂTRÉS

C'est la pratique régulière de l'opérateur qui fera la bonne qualité du plâtre. Le choix des matériaux utilisables se fait en fonction de la lésion à traiter et de la séquence thérapeutique (plâtre de Paris, résine, plâtre + résine, autres matériaux). Le plâtre de Paris a pour avantage une utilisation simple et un coût faible. Ses inconvénients résident dans sa fragilité, une solidité tardive (48 heures), un entretien difficile et sa non-résistance à l'eau. Les résines ont pour avantage leur légèreté et une solidité précoce

hydrophobe. Elles sont onéreuses et difficiles à modeler. Les résines souples sont un complément intéressant aux résines traditionnelles avec les mêmes avantages et inconvénients. Elles permettent d'obtenir des zones semi-rigides. Pour de nombreuses équipes, les résines sont à déconseiller dans le cadre de l'urgence. Si le membre augmente de volume, elles sont difficiles à enlever. Les matériaux thermoformables ont l'avantage de la légèreté et du confort. Leur inconvénient majeur est qu'ils sont amovibles.

Pour confectionner un plâtre, le patient doit être installé confortablement, à demi assis avec des coussins pour soulager la tension musculaire. Le soignant doit être aussi confortablement installé, assis, avec tout le matériel préparé et disponible à proximité (jersey, coton, bandes plâtrées de différentes longueurs adaptées au segment de membre à traiter). Il faut prendre des mesures au mètre ruban en largeur et en longueur si on souhaite réaliser une attelle, en sachant que le plâtre de Paris rétrécit. Les points de compression doivent être rembourrés. Le plâtre de Paris est ensuite trempé dans l'eau. L'immersion de la bande plâtrée doit être prolongée tant qu'elle dégage des bulles. L'eau doit être tiède ou à température ambiante si l'on utilise du plâtre de Paris. En cas d'utilisation de résine, il faut dérouler les bandes autour du segment à immobiliser sans tension, car au séchage, celles-ci se rétractent et le risque de compression est donc grand. En cas d'utilisation de résine, l'eau doit être froide, car la réaction chimique dégage de la chaleur et peut brûler l'enfant si l'eau est chaude. Quelle que soit la technique utilisée, le membre doit être bien positionné, et lorsqu'on a choisi une position, il ne faut plus en changer. Le plâtre de Paris est séché grâce à une bande Velpeau. Il faut contrôler l'absence de points de compression et la sensation de confort du patient. En cas d'attelle, le plâtre doit être largement échancré et le jersey ouvert jusqu'à la peau. La coloration des extrémités doit être surveillée en permanence.

DIFFÉRENTS TYPES D'APPAREILS PLÂTRÉS

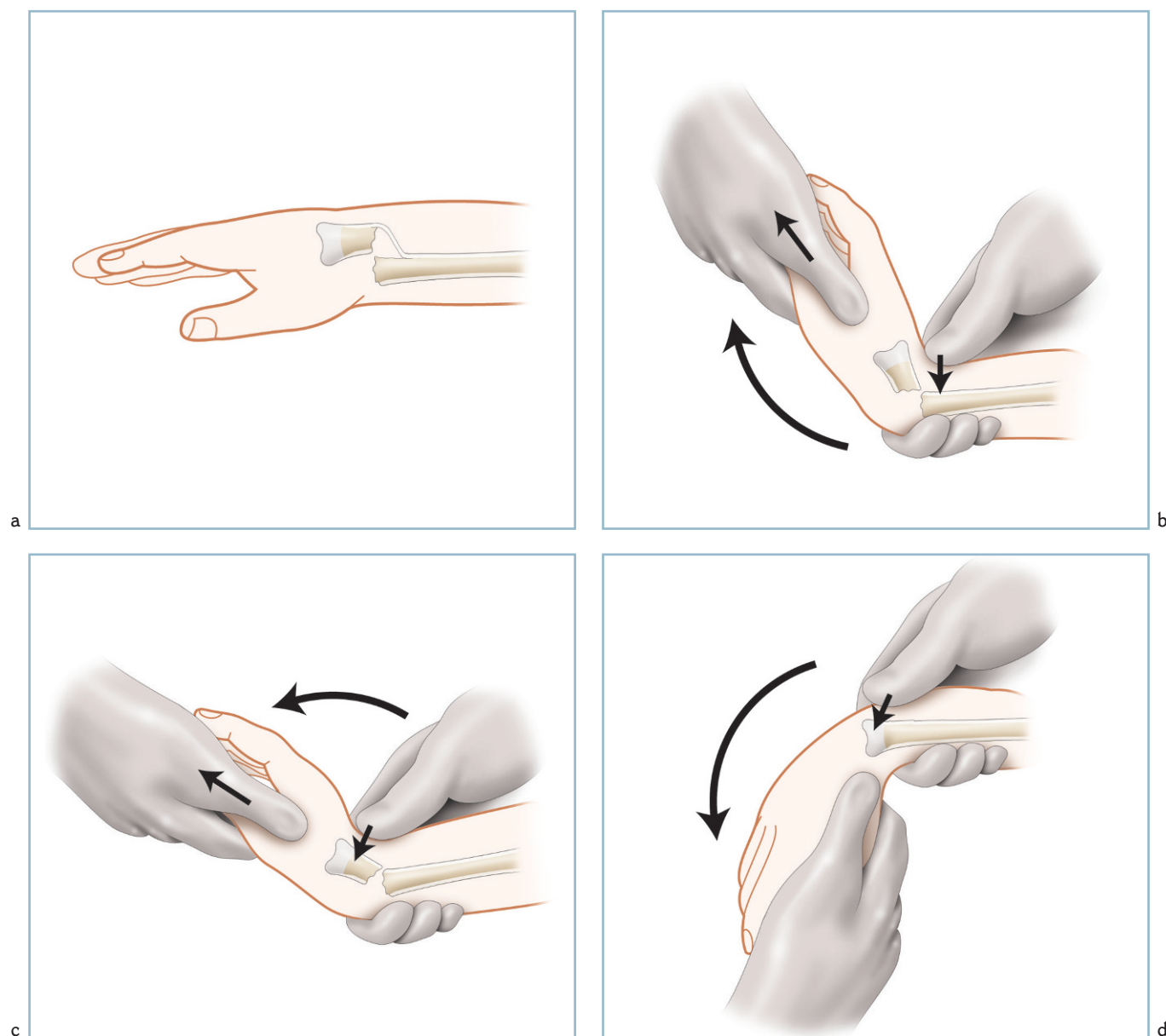
Plâtre brachio-antébrachial ou brachiopalmaire

Il s'agit d'un plâtre qui immobilise les articulations du poignet et du coude, laissant libre les doigts en préservant leurs mouvements distaux. L'enfant est installé soit allongé soit semi-assis, un aide soutenant le membre supérieur (*figure 3.1*). Si l'on met le membre en supination, l'enfant ne pourra pas se servir de son membre supérieur. Cette position est particulièrement indiquée en cas de fracture des deux os de l'avant-bras déplacée, puis réduite de manière à prévenir la synostose (*figure 3.2*). Le choix d'une position en pronation autorise la préhension et l'utilisation

du membre supérieur. Le membre supérieur est protégé avec un premier jersey. Une couche protectrice de coton ou de mousse synthétique est appliquée sur celui-ci au niveau du pli du coude pour créer une chambre d'expansion antérieure (*figure 3.3*). Un deuxième jersey recouvre le tout, un trou étant percé dans celui-ci pour permettre le passage du pouce. On choisit alors la largeur de la bande à utiliser, puis on détermine la longueur en tenant compte du fait que le plâtre va rétrécir. On prépare alors le plâtre en éventail, le nombre d'épaisseurs utilisées conditionnera la future solidité (*figure 3.4*). La taille de l'extrémité du plâtre se fera en oblique de manière à ne pas gêner le fonctionnement des métacarpophalangienne. Un large trou est percé pour le pouce qui sera ainsi libre de mouvement de circumduction et d'opposition avec les autres doigts. Le plâtre est appliqué à partir de la main. Le pouce est glissé dans la loge préparée à cet effet, les têtes des métacarpiens sont dégagées, l'avant-bras est moulé, ainsi que le coude, deux fentes latérales peuvent être réalisées au niveau du coude pour améliorer l'application du plâtre. On veille à ce que le plâtre ne remonte pas trop haut au niveau du creux axillaire, et il est raccourci si nécessaire à l'aide de ciseaux. L'application définitive se fait à l'aide de bandes Velpeau qui permettent le séchage. Le plâtre terminé, les bandes Velpeau de recouvrement sont enlevées, et le plâtre peut éventuellement être circularisé d'emblée. Si l'on opte pour la réalisation d'un plâtre circulaire d'emblée, la chambre antérieure du coude doit être largement dégagée et lors de la confection, il faut veiller à ne pas réaliser de striction dans cette zone en utilisant des bandes de diamètre plus large. En cas d'œdème fracturaire important, le plâtre peut être immédiatement ouvert sur toute sa longueur et les jerseys de protection ouverts jusqu'à la peau. On vérifie ensuite la liberté totale des mouvements du pouce, l'absence d'arêtes à ce niveau qui provoquerait une striction



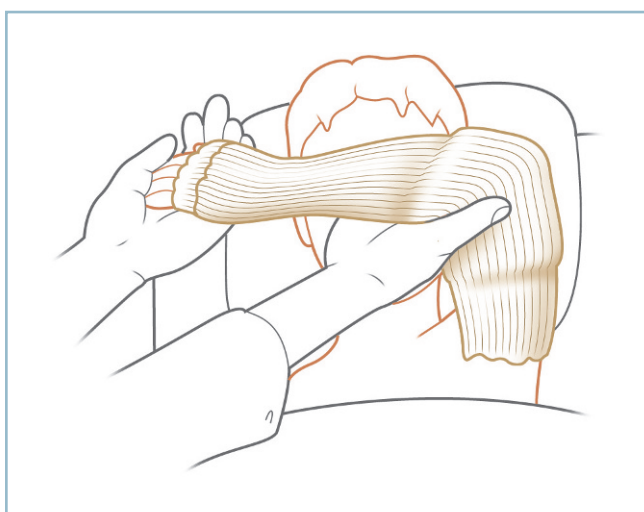
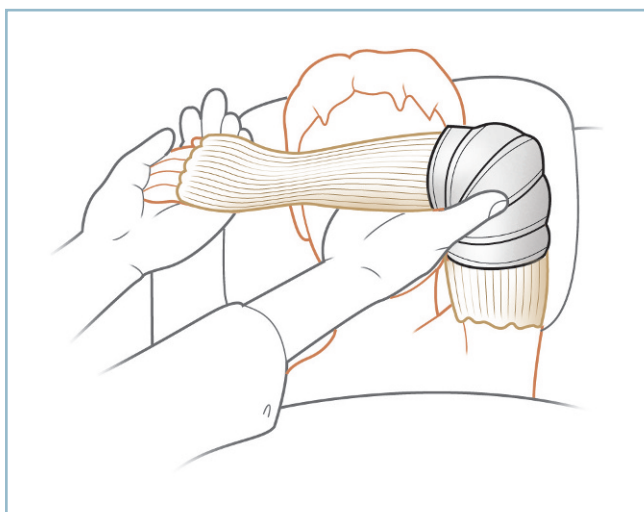
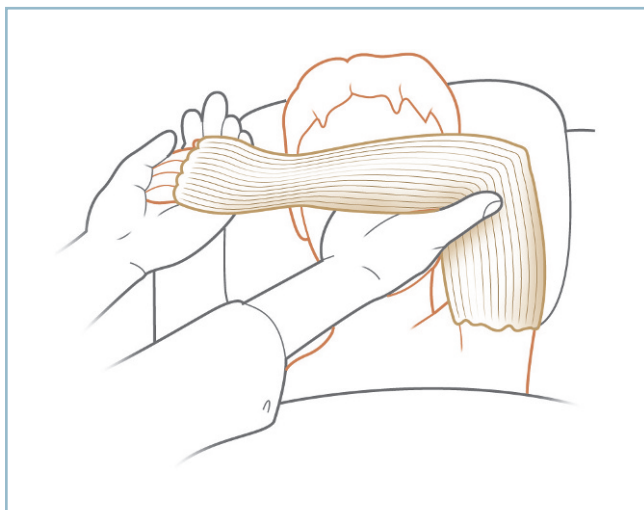
3.1 Installation de l'enfant pour la réalisation d'un plâtre brachio-anté-brachio-palmaire.



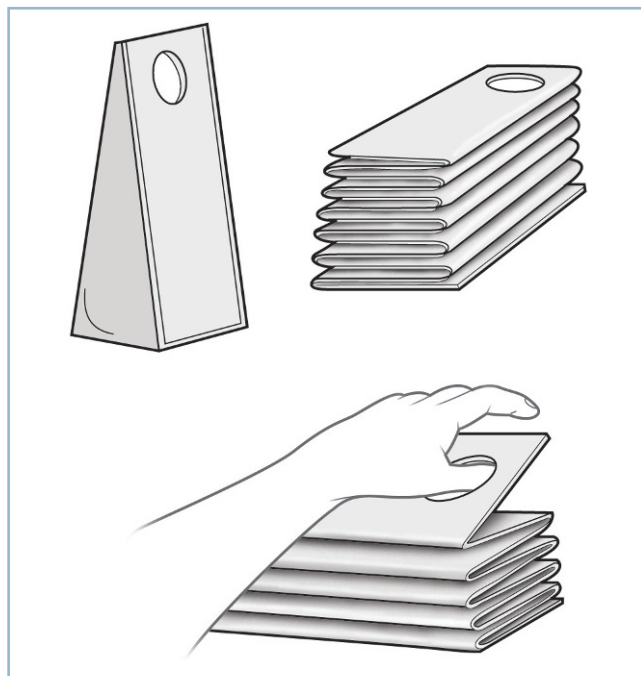
3.2 Technique de réduction d'une fracture de l'extrémité distale des deux os de l'avant-bras (a). Le déplacement fracturaire est tout d'abord exagéré par l'opérateur, tout en exerçant une traction dans l'axe de la main (b). Tout en maintenant la traction, le pouce de l'opérateur vient réduire la translation postérieure du fragment distal (c). La pression du pouce replace le fragment distal, et le mouvement est accompagné par une mise en flexion du poignet, ce qui permet de tendre le périoste postérieur, responsable de la stabilité de la fracture (d).

de celui-ci, l'absence de points de compression médiane et latérale au niveau du coude et l'absence de compression du creux axillaire (*figure 3.5*). Le plâtre ne doit pas être trop court, car il perdrait son efficacité, ni trop long, car il serait inconfortable et gênant. La solidité de l'immobilisation du coude est un garant d'efficacité. Ce plâtre est le principal pourvoyeur de syndrome de Volkmann ou syndrome de loge. Cette pathologie est provoquée, au moment de la confection du plâtre, par la présence de coins comprimant l'artère humérale et le cercle péri-artériel, au pli du coude.

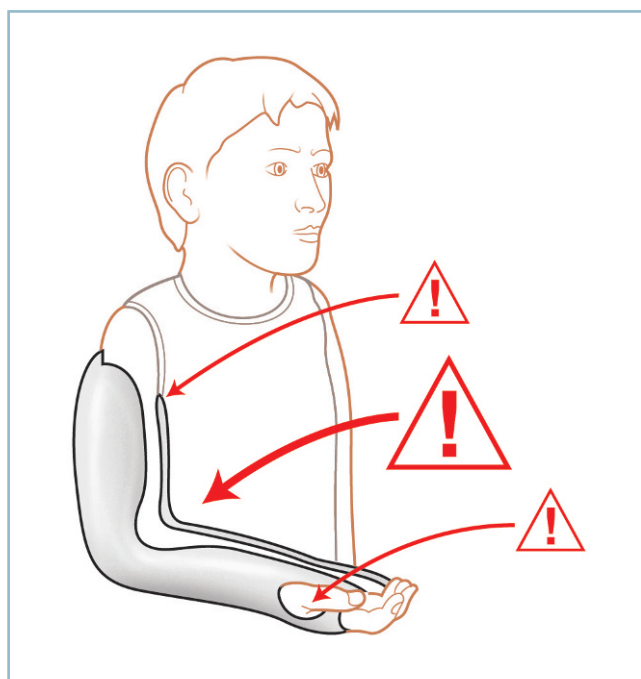
Sa prévention est quadruple : bien rembourrer la surface antérieure et latérale du coude, éviter de créer une striction en passant les bandes plâtrées, ne pas changer l'angulation entre le bras et l'avant-bras et rester à 90° lors de la confection du plâtre, ouvrir largement le plâtre à la face antérieure du coude et vérifier l'absence d'angles compressifs. Le membre plâtré doit être soutenu pour permettre la fin du séchage et les mouvements inconsidérés source de blessures et d'irritation à la partie proximale du bras. L'utilisation d'une écharpe ou d'un système vendu dans le



3.3 Mise en place des deux couches de jersey, associées à une protection au niveau du coude à l'aide d'un matériau de type mousse synthétique.



3.4 Préparation du « patron » du futur plâtre, sous forme d'une attelle qui est parfaitement appliquée au membre à immobiliser, puis circularisée.

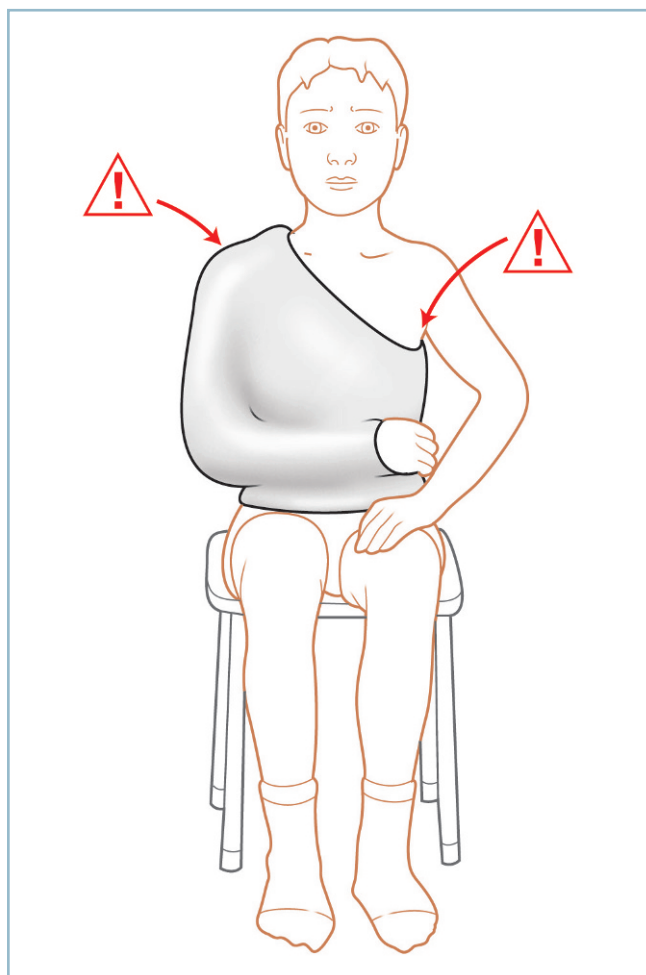


3.5 Plusieurs points anatomiques méritent toute l'attention de l'opérateur, à la fois lors de la confection et au cours de la surveillance ultérieure. Il s'agit essentiellement du creux axillaire, de la face antérieure du coude, et du poignet, ainsi qu'autour de la base du pouce.

commerce ayant la forme d'un hamac associe confort et stabilité.

La manchette plâtrée est un plâtre plus court qui immobilise l'avant-bras. Sa limite proximale se situe immédiatement au-dessous du pli du coude, la flexion de celui-ci doit être possible. Les mouvements de pronosupination sont réalisables mais uniquement en bloc. Le bord proximal est horizontal, le bord distal recouvre les têtes métacarpiennes sur le dos de la main. Sur la paume, il autorise la flexion complète des doigts et laisse libre la colonne du pouce. Le poignet est placé en légère dorsiflexion dite position de fonction.

Dans le cas d'une fracture du scaphoïde, le plâtre prend la colonne du pouce, avec un petit cône qui recouvre la base de la colonne du pouce. Certains auteurs n'incluent pas systématiquement le coude dans l'immobilisation.



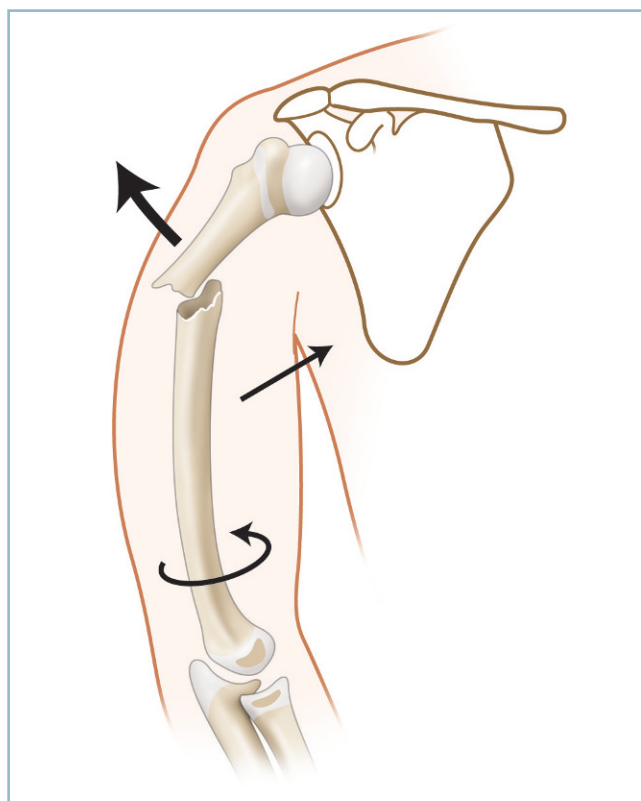
3.6 Immobilisation plâtrée de type Dujarier, ou Gerdy plâtré. Il est fondamental de dégager le creux axillaire opposé et de réaliser un moulage soigneux du moignon de l'épaule à immobiliser.

Gerdy plâtré

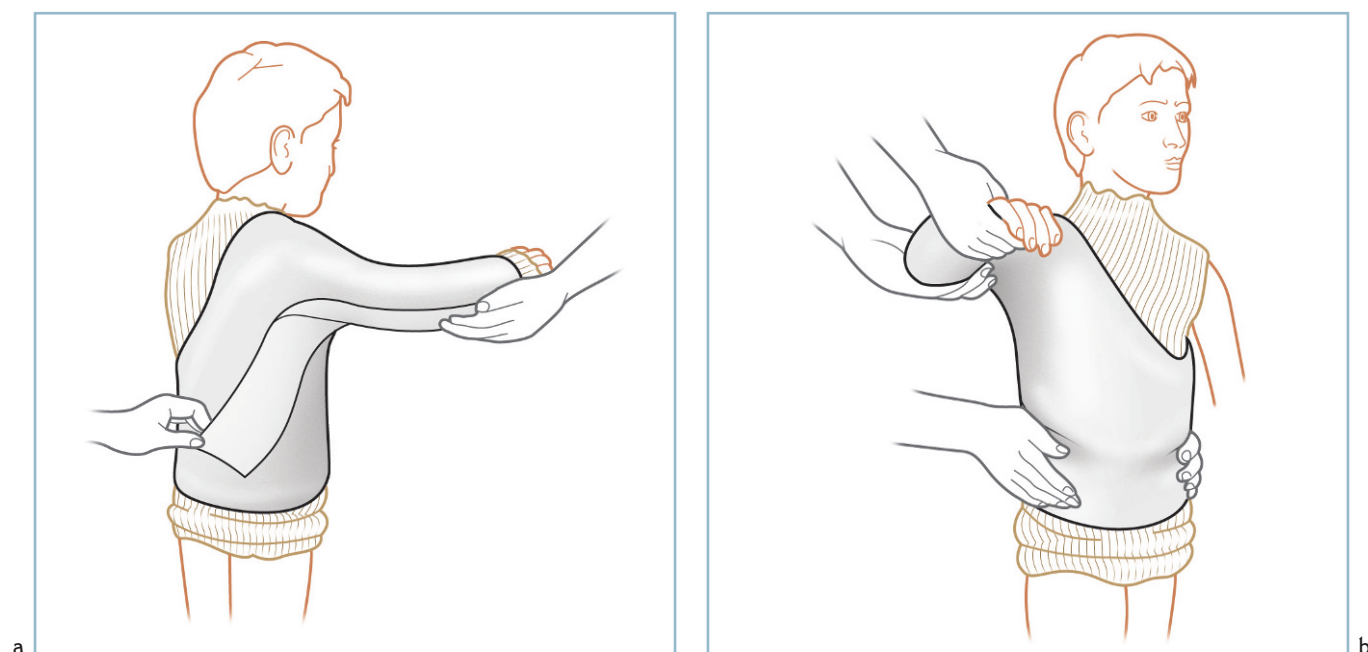
Ce plâtre est utilisé pour des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus ou du quart supérieur. Impressionnant par son volume (*figure 3.6*), facile à réaliser, il entre en concurrence avec les systèmes de gilet ou de bandages qui n'immobilisent pas toujours parfaitement la fracture. Bien que volumineux, il est très confortable si on a pris soin de bien réaliser la pince-taille, de bien rembourrer l'épaule traumatisée, de bien dégager le creux axillaire opposé, et de mettre le membre supérieur en légère abduction.

Plâtre thoraco-brachial

De moins en moins réalisé en raison de la difficulté technique de sa réalisation et de son encombrement, il est très utile dans les fractures de l'extrémité proximale de l'humérus. Il est mis en concurrence avec une ostéosynthèse centro-médullaire élastique stable de cette fracture, car la position d'immobilisation est en forte abduction, afin de combattre l'effet varisant des muscles grand pectoral et deltoïde, sur les deux fragments (*figure 3.7*). L'utilisation de trois attelles judicieusement réparties en dessous, en avant et en arrière est indispensable (*figure 3.8*). Une bonne prise



3.7 Le déplacement des fractures de l'extrémité proximale de l'humérus s'effectue en varus, en raison des tractions musculaires exercées sur chacun des fragments (deltoïde pour le fragment proximal, et grand pectoral pour le fragment distal).



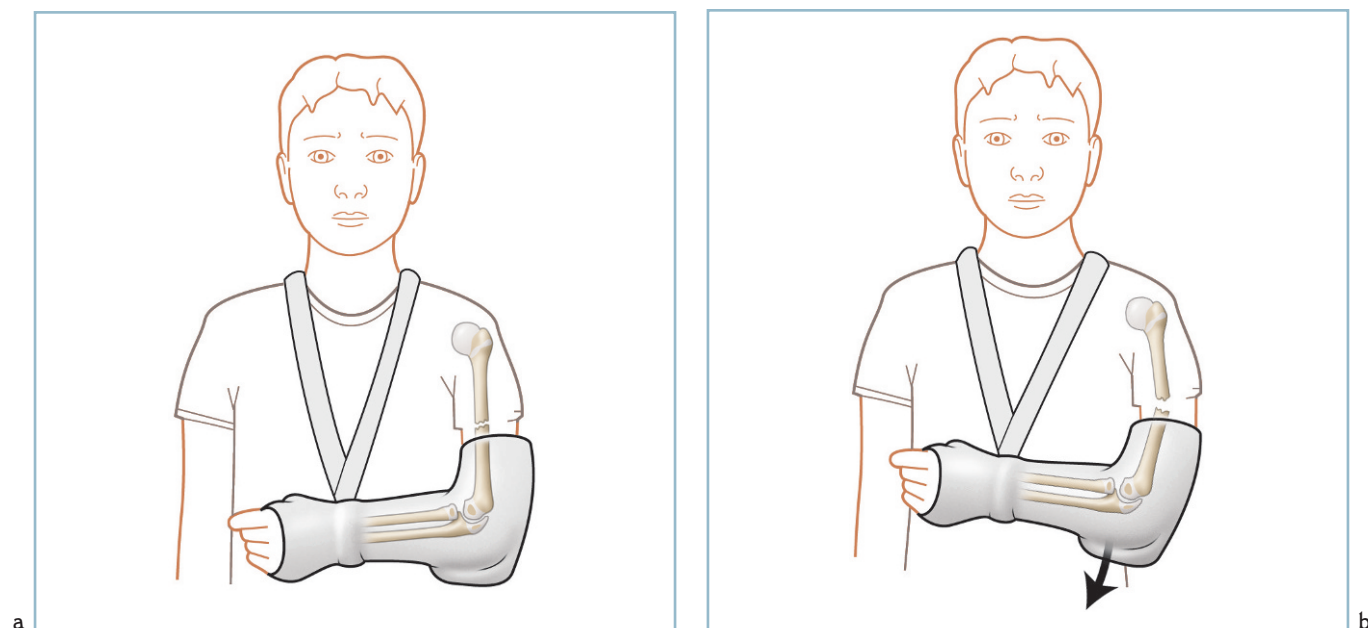
3.8 Confection d'un plâtre thoraco-brachial, en maintenant une abduction à l'aide d'attelle (a), pour réduire la fracture. Le plâtre doit être ajusté par un pince-taille pour éviter tout mouvement intempestif au niveau du foyer fracturaire (b).

au niveau du pince-taille avec appui sur le bassin rend ce plâtre tolérable et efficace.

Plâtre pendant

Ce plâtre est très utile pour le traitement des fractures diaphysaires de l'humérus. Il est dit plâtre pendant car l'ad-

jonction d'un poids sous le coude permet une bonne réduction de la déformation osseuse. Le plâtre s'arrête juste au-dessous du foyer de fracture (figure 3.9). La phase initiale du traitement peut être douloureuse. Il n'est pas actif en position allongée. Il est cependant extrêmement efficace, mais assez mal toléré psychologiquement.



3.9 Un plâtre pendant agit par son poids sur le foyer de fracture, mais également grâce à la position et à la tension judicieuses du point de traction (a). Si celui-ci est mal placé ou trop tendu, le foyer peut ne pas se réduire (b).

Immobilisations du poignet

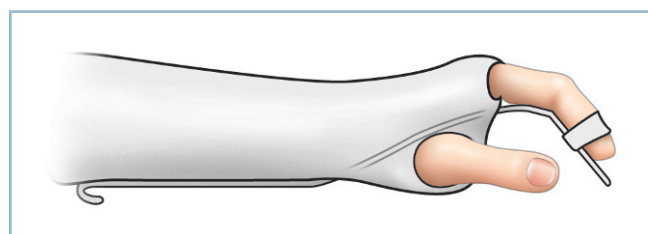
L'immobilisation idéale doit se faire en position de fonction permettant la préhension. Les immobilisations en position forcée, forte flexion palmaire et forte inclinaison ulnaire sont à proscrire ou leur temps d'utilisation doit être bref, le temps que la fracture « s'englue », puis il est ensuite remplacé par un nouveau plâtre en position de fonction.

Immobilisations de la main

Elles sont difficiles à réaliser chez l'enfant. Elles doivent concilier solidité et fonctionnalité. La position d'immobilisation doit tenir compte de la position de fonction dite « intrinsèque plus » associant une légère dorsiflexion du poignet, une discrète inclinaison radiale et un maintien de l'espace intercommissural du premier espace permettant la préhension. L'immobilisation de la main de l'enfant oscille en permanence entre le « massif extensif » qui joue la sécurité ou « le plus léger et l'utile » qui privilégie l'utilisation avec un risque non négligeable de destruction rapide de l'appareil plâtré. Il faut éviter les immobilisations circulaires au niveau des doigts et réaliser une immobilisation qui permet une surveillance des extrémités. Le doigt doit être immobilisé en position de fonction (flexion). En cas de fracture phalangienne, il faut veiller à éviter les troubles rotationnels de la phalange. Une immobilisation utile peut se réaliser à partir d'une manchette plâtrée en position de fonction, à laquelle on adjoint une attelle métallique rembourrée incluse en partie dans le plâtre (*figure 3.10*). L'immobilisation d'une fracture de la tête du 5^e métacarpien impose une forte flexion de l'articulation métacarpophalangienne ainsi que des articulations interphalangiennes (*figure 3.11*). Afin d'éviter tout trouble rotatoire, il est recommandé de réaliser une syndactylie entre le 4^e et le 5^e doigt.

COMPLICATIONS DES APPAREILS PLÂTRÉS

Toute douleur sous plâtre doit alerter et faire rechercher une complication liée à l'immobilisation. Les raideurs sont

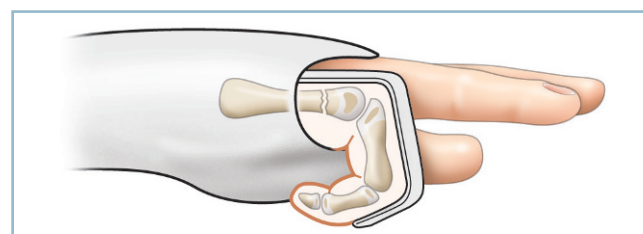


3.10 Technique d'immobilisation des doigts en position intrinsèque plus, à l'aide d'une attelle incluse dans une manchette plâtrée.

exceptionnelles chez l'enfant. Elles sont dues à une immobilisation dans des positions forcées, non physiologiques maintenues de manière prolongée (inclinaison ulnaire, etc.). Les complications thromboemboliques sont rares mais existent (troubles de la coagulation familiale, plâtre trop compressif, prise de contraceptifs oraux chez l'adolescente). L'algoneurodystrophie est une entité que l'on rencontre de plus en plus fréquemment, le diagnostic en est fait au déplâtrage le plus souvent, avec une efflorescence de signes trophiques : œdème, douleurs, sensation de striction, membre bleu ou froid. On leur reconnaît deux causes principales : la douleur de l'enfant qui n'a pas été correctement prise en charge, ou insuffisamment lors du traumatisme initial ou dans les suites, et le contexte psychique. La fracture est un véritable symptôme d'un mal être, l'enfant attire l'attention du monde parental et adulte par ces manifestations secondaires.

Le syndrome des loges est la complication ischémique la plus redoutable. Non diagnostiqué, il provoque des lésions irréversibles à type de rétractions musculaires irrémédiables (syndrome de Volkmann : rétraction ischémique des muscles fléchisseurs de la main). Ce diagnostic n'est pas toujours aisé surtout du fait de la politique presque trop efficace de prévention de la douleur. L'anesthésie locorégionale après réduction peut faire disparaître les signes d'alerte. Il faut être d'autant plus vigilant dans certaines localisations traumatiques (avant bras) ou après certaines interventions à risque (dérotations). Le risque existe réellement pendant les 48 premières heures. La mesure de la pression dans les loges apporte un argument objectif. On parle d'ischémie si la différence de pression entre la pression sanguine diastolique et celle de la loge ponctionnée est inférieure à 30 mm de mercure. Les compressions nerveuses se rencontrent à l'endroit où les nerfs sont superficiels (au coude : ulnaire, radial). Les compressions cutanées avec escarres sont dues à une aspérité dans le plâtre ou un plâtre qui a été reposé avant dessiccation. L'erreur la plus grave est de confectionner le plâtre dans une certaine position du membre et puis d'en changer brusquement : Refermer un angle provoque une compression interne.

L'immobilisation effectuée, l'enfant et ses parents sont informés des incidents et des complications que l'on peut rencontrer, d'une manière orale, mais aussi écrite. Une fiche



3.11 Mode d'immobilisation d'une fracture de la tête du cinquième métacarpien.

d'information est distribuée permettant de mieux vivre avec son plâtre et de lister les événements indésirables et leur prévention : la douleur, la perte de la sensibilité, la diminution et la perte de mobilité des doigts, la disparition du pouls sont des signes d'alerte et réclament le retour immédiat en secteur hospitalier. Cette fiche pourrait ainsi idéalement préciser la façon dont a été réalisé le plâtre surtout si une autre équipe procède à son ablation.

Points importants

- Pour immobiliser efficacement un segment de membre ou une articulation, il est nécessaire d'immobiliser les segments sus et sous-jacents.
- Le plâtre est le premier des antalgiques. En supprimant le mouvement, il diminue la douleur. Il est aussi le premier des cicatrisants.
- Un plâtre se surveille régulièrement et peut être éventuellement modifié en cours de traitement.
- La coloration des extrémités doit être surveillée en permanence. Toute douleur sous plâtre doit alerter et faire rechercher une complication liée à l'immobilisation. Le syndrome des loges est la complication ischémique la plus redoutable. Non diagnostiqué, il provoque des lésions irréversibles à type de rétractions musculaires irrémédiables (syndrome de Volkmann).

Piège à éviter

Le membre doit être bien positionné et lorsqu'on a choisi une position, il ne faut plus en changer. L'erreur la plus grave est de confectionner le plâtre dans une certaine position du membre et puis d'en changer brusquement, risquant de provoquer une compression interne.

Astuce

Si on veut éloigner les deux os de l'avant-bras l'un de l'autre pour éviter une synostose, il faudra plâtrer en supination. La main ne pourra alors être utilisée qu'en mode plateau. Si on souhaite conserver la préhension, il faudra immobiliser la main en pronation ou en semi-pronation avec le pouce en opposition.

Bibliographie

- [1] Carlioz H, Kohler R. *Orthopédie pédiatrique (membre inférieur et bassin). Techniques chirurgicales*. Issy-les-Moulineaux, Masson, 2005.
- [2] Chêne T, Chrestian P, Launay F. *Les immobilisations plâtrées en service d'urgence*, 2^e éd. Montpellier, Sauramps médical, 2003.
- [3] Chotel F, Cottalorda J. *Du traitement orthopédique en orthopédie pédiatrique. X^e séminaire paramédical d'enseignement en orthopédie pédiatrique*. Publications de l'université de St Etienne 2003.
- [4] Chrestian P. *Immobilisations plâtrées du squelette périphérique chez l'enfant et l'adolescent en traumatologie*. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT, Elsevier, 2007 ; vol. 94.
- [5] Chrestian P, de Billy B. *Guide illustré des fractures des membres de l'enfant*. Montpellier, Sauramps médical, 2002.
- [6] Gicquel P, Karger C, Clavert JM, Taglang G. *Traumatismes ostéoarticulaires de l'enfant : de la prise en charge initiale aux séquelles*. Montpellier, Sauramps médical, 2006.

Anesthésie locorégionale du membre supérieur

A. TERRIER-HELLUY

L'anesthésie locorégionale a deux objectifs principaux : diminuer la consommation des agents anesthésiques généraux au cours d'une intervention, et entrer dans le concept d'analgésie post-opératoire multimodale [1]. La technique doit être choisie en fonction du rapport bénéfice/risque. L'anesthésie locorégionale la plus sûre est retenue en fonction de l'expérience de l'anesthésiste, l'importance et la durée de l'acte chirurgical, la position du patient pour la réalisation de l'acte opératoire, la durée souhaitée pour l'analgésie et enfin le risque d'échec. Pour la chirurgie du membre supérieur, on distingue celle portant sur la main et l'avant-bras, et les interventions portant sur les régions situées au-dessus du coude. Chez l'enfant, les techniques d'anesthésie locorégionale sont le plus souvent réalisées lors du sommeil anesthésique, ce qui présente l'avantage de la réaliser chez un enfant immobile et calme, mais qui peut rendre indétectable le traumatisme direct du nerf par l'aiguille. L'enquête ADARPEF (Association des anesthésistes-réanimateurs en pédiatrie) de 1996 ne retrouvait aucun incident/accident secondaire à un bloc périphérique, ce qui ne doit pas empêcher le respect de certaines règles de bonne pratique [2].

SOLUTIONS ANESTHÉSQUES

Les anesthésiques locaux sont tous des amino-amides, les plus anciens lidocaïne, mépivacaïne et bupivacaïne, et plus récemment ropivacaïne et L-bupivacaïne. L'écueil principal lié aux anesthésiques locaux reste le risque toxique. L'injection intra-vasculaire accidentelle doit être systématiquement prévenue par la réalisation d'un test d'aspiration et l'injection d'une dose test adrénalinée. La vitesse d'absorption systémique des anesthésiques locaux est plus lente pour les blocs périphériques que pour les blocs centraux [3]. Leur potentiel toxique est d'autant plus élevé que l'enfant est jeune, essentiellement à cause d'un faible taux plasmatique d' α 1-glycoprotéine, ce qui augmente significativement la fraction plasmatique libre, donc toxique. Le risque toxique est moindre avec les agents récents (ropivacaïne et L-bupivacaïne). L'allergie aux anesthésiques locaux n'est pas décrite chez l'enfant. Leur excellente tolérance ne potentialise pas les effets hémodynamiques de l'anesthésie générale, au moins jusqu'à l'âge de 7-8 ans [2]. L'analgésie

post-opératoire par perfusion péri-neurale continue expose, pour des raisons pharmacocinétiques, à un risque de toxicité par accumulation avant l'âge de 4-6 mois. Elle est à réserver à des centres spécialisés et pour des périodes ne dépassant pas 48 heures.

MATÉRIEL

La réussite d'un bloc périphérique repose sur le positionnement correct de l'extrémité de l'aiguille et/ou du cathéter servant à l'injection de la solution anesthésique. Du fait du terrain et de l'anesthésie générale habituellement associée, ce positionnement ne peut être assuré que par des méthodes ne réclamant pas la collaboration de l'enfant. Les blocs par diffusion nécessitent l'emploi d'aiguilles à biseau court (ou dépourvues de biseau).

Il existe plusieurs méthodes permettant de limiter les lésions directes du nerf.

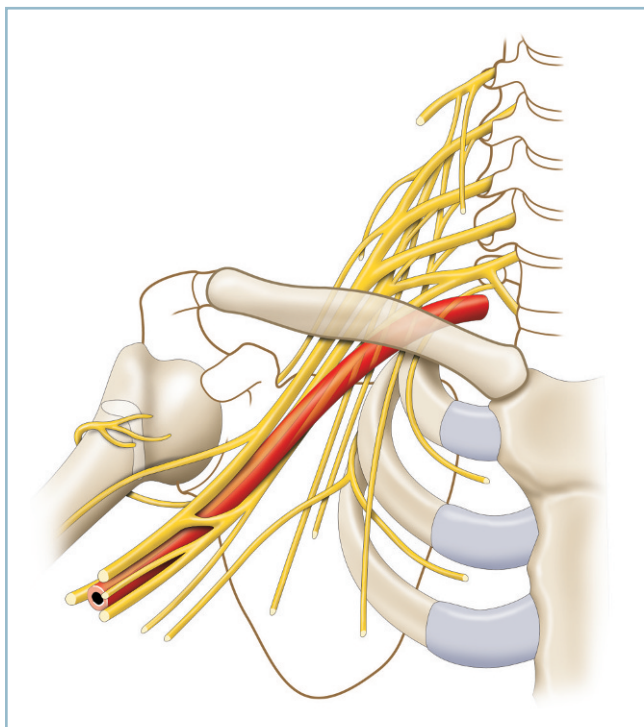
Pour la réalisation des blocs tronculaires, l'utilisation systématique d'un stimulateur nerveux est recommandée [4].

De nouvelles méthodes de localisations viennent en complément : la neurostimulation transcutanée, qui permet de repérer le nerf en surface avant de pratiquer l'injection, et le cathéter stimulant, qui permet de suivre le nerf au plus près, améliorent le taux de succès [5] ; l'échographie apporte la notion d'anesthésie locorégionale spatiale, visualisant le produit injecté [6] et fera certainement partie à l'avenir du matériel incontournable en anesthésie locorégionale.

TECHNIQUES ET INDICATIONS

Les nerfs intéressés appartiennent au plexus brachial. Il est nécessaire, pour pratiquer une injection efficace, de connaître l'anatomie des troncs nerveux (*figure 4.1*), ainsi que les territoires de l'innervation sensitive du membre supérieur (*figure 4.2*).

Le bloc du plexus brachial par voie axillaire est recommandé pour les interventions portant sur la main et l'avant-bras. Il engendre une anesthésie des nerfs ulnaire et médian, et le nerf radial de façon moins constante. Le nerf axillaire n'est en revanche pas inclus, et ce bloc ne doit donc pas être utilisé pour la chirurgie de l'épaule. Il se pratique sur un enfant placé en décubitus dorsal, l'épaule en rotation latérale et en abduction à 90°, avant-bras en flexion à 90°, face palmaire de la main tournée vers le plafond (*figure 4.3a*). Le point de ponction, souvent marqué par une fossette cutanée, se situe à l'intersection des muscles grand pectoral et coracobrachial (*figure 4.3b*) [7]. La stimulation nerveuse fait apparaître des contractions musculaires au niveau de l'avant-bras et de la main. Cette



4.1 Anatomie du plexus brachial.

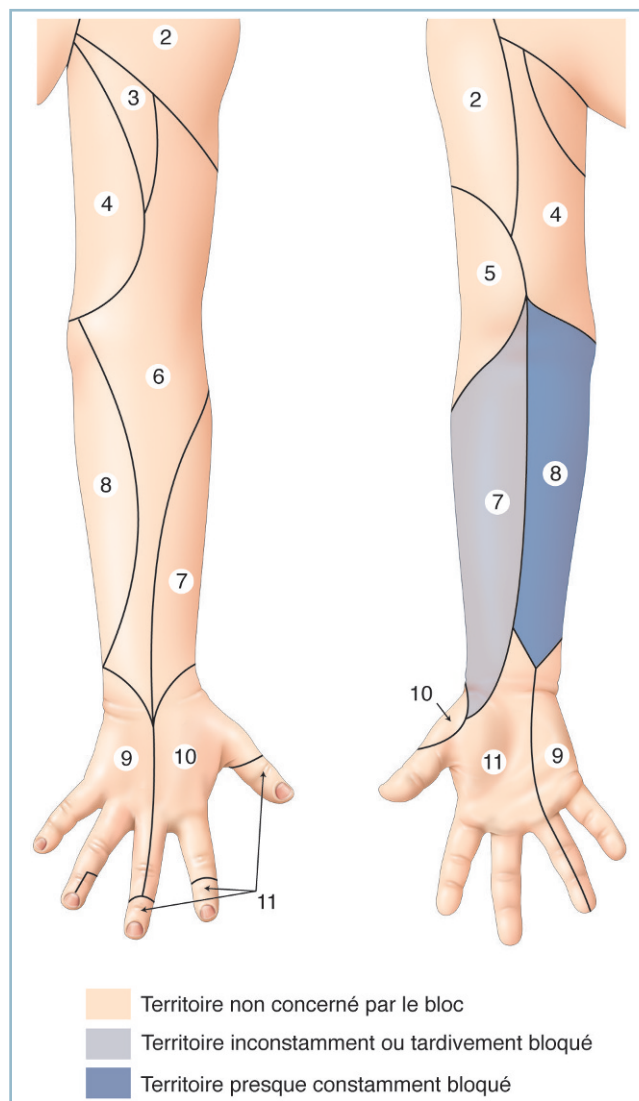
technique de bloc permet d'insérer facilement un cathéter pour des réinjections ultérieures ou une analgésie continue [8].

Le bloc parascapulaire (*figure 4.4*) [7], spécifiquement pédiatrique, est indiqué lorsque les lésions qu'il faut traiter se situent au-dessus du coude, épaule comprise ou lorsque le membre n'est pas mobilisable. Il permet de bloquer la totalité des branches sus et infra-claviculaires du plexus brachial. L'enfant est installé en décubitus dorsal, bras le long du corps, le rachis cervical étant en légère hyperextension et la tête tournée du côté opposé à la ponction. Le point de ponction se situe à l'union du tiers inférieur et des deux tiers supérieurs de la ligne unissant le milieu de la clavicle au tubercule de Chassaignac, en arrière du relief du muscle sterno-cléido-mastoïdien.

Le bloc infra-claviculaire, en privilégiant la voie coracoïde [9], peut facilement être réalisé en traumatologie. L'échographie en optimise l'approche par rapport à la neurostimulation. Il présente alors un délai d'action plus court et une durée d'action plus longue, avec une meilleure acceptation par le jeune malade présentant une fracture du membre supérieur [10].

Les blocs des nerfs médian et radial au niveau du coude ont peu d'intérêt chez l'enfant.

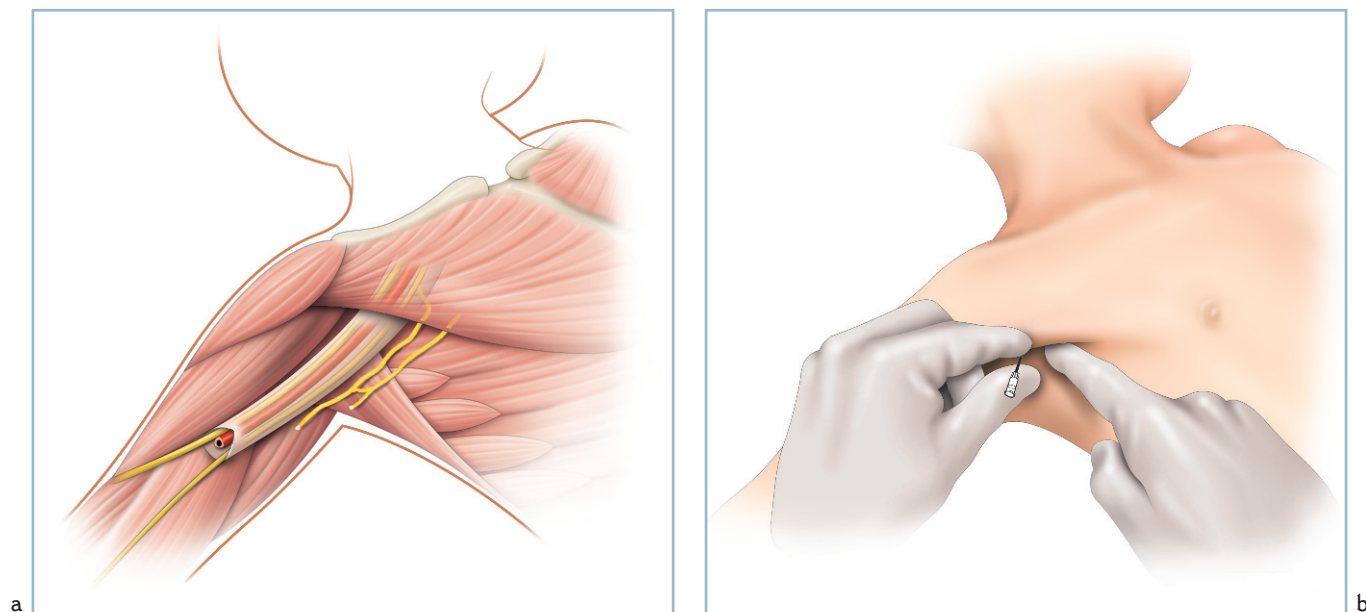
Le bloc ulnaire au poignet garde en revanche des indications en cas de lésions spécifiquement situées sur le cinquième rayon métacarpo-digital. Il ne protège pas cependant des douleurs occasionnées par la mise en place



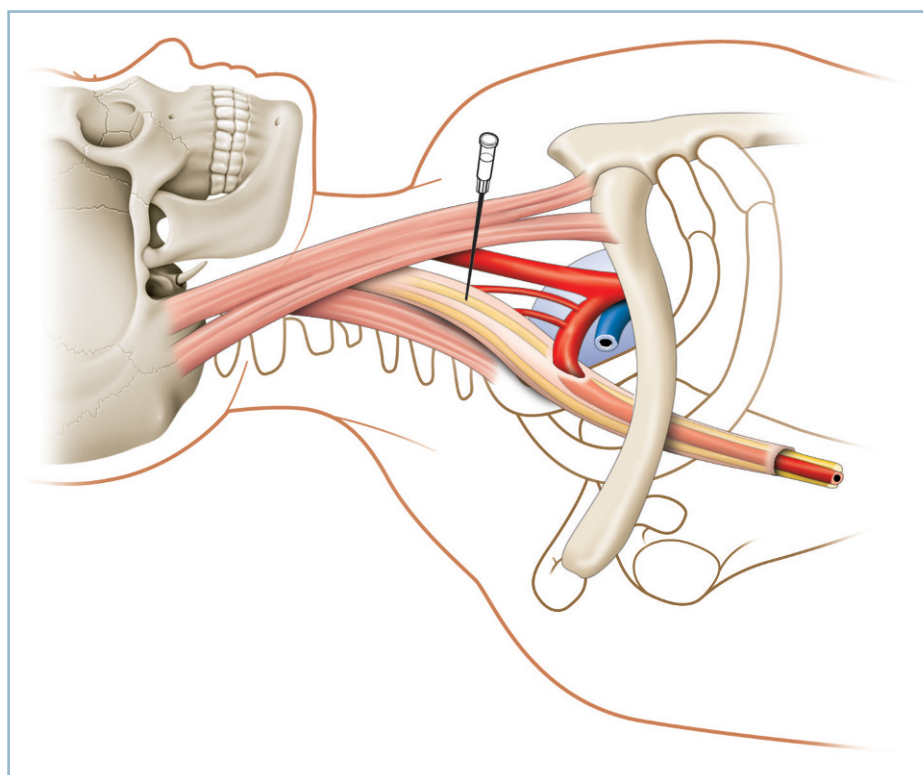
4.2 Territoires de l'innervation sensitive du membre supérieur.

d'un garrot à la racine du membre. Ainsi, il est réservé à des interventions de courte durée, pouvant être réalisée sans garrot, ou à l'aide d'un garrot purement digital (*figure 4.5*).

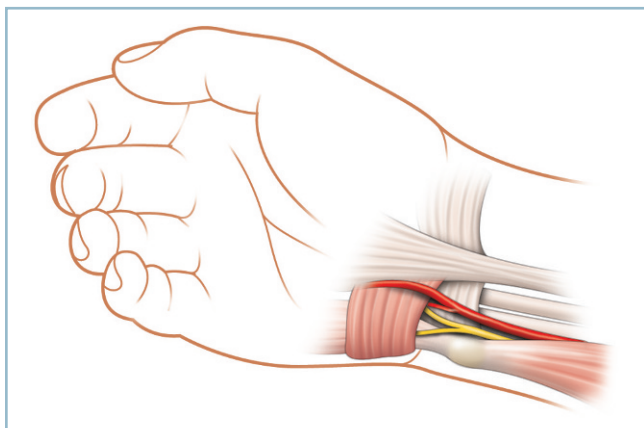
Les blocs digitaux peuvent être utiles en urgence pour l'exploration d'une plaie. Ils sont à la portée de tout opérateur et ne nécessitent pas de neurostimulation. Il ne faut jamais utiliser de solutions anesthésiques adrénalinées en raison du risque de spasmes des artères digitales qui sont terminales, et donc sans suppléance vasculaire possible. Le point de ponction du bloc digital le plus communément admis se situe au bord médial et latéral de la base de la première phalange, en regard des pédicules vasculo-nerveux collatéraux. L'aiguille est perpendiculaire au grand



4.3 a. Anatomie du bloc plexique par voie axillaire, en position de rotation latérale de l'épaule.
 b. Technique du bloc plexique (côté gauche) par voie axillaire, la main gauche palpant et refoulant l'artère axillaire, pendant que la main droite introduit l'aiguille à la partie proximale du canal de Cruvelhier.



4.4 Réalisation du bloc plexique par voie parascalénique, et position de l'aiguille lors de l'injection, en arrière du relief du muscle sterno-cléido-mastoïdien.



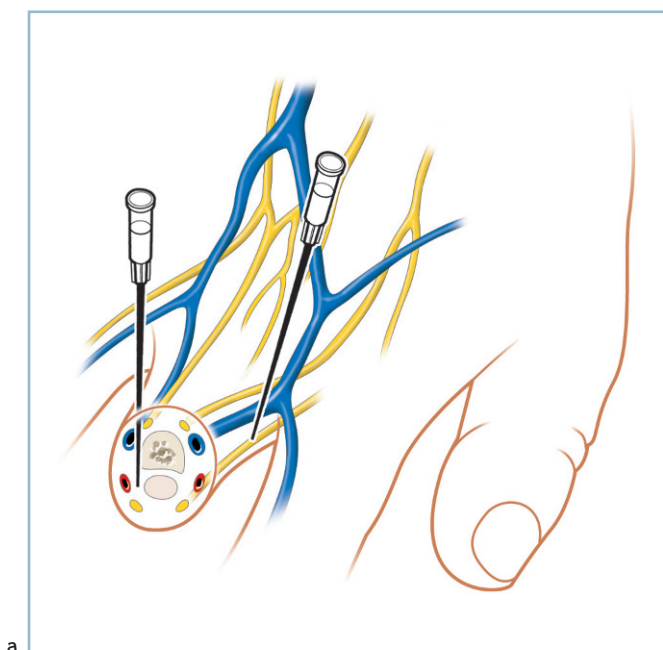
4.5 Technique du bloc du nerf ulnaire au poignet, le point d'injection étant situé entre les deux reliefs tendineux palpables que sont le long palmaire en dehors, et le fléchisseur ulnaire du carpe médialement, juste en amont de la ligne unissant les deux styloïdes.

axe du doigt, et le point de ponction est dorsal, sur le versant descendant de la commissure (*figure 4.6*). Sa réalisation est relativement douloureuse, en raison de la sensation de tension induite par l'injection du liquide anesthésique. Il est fortement déconseillé d'utiliser sa variante qui est l'anesthésie en bague, de façon circulaire à la racine du doigt, en raison également de son caractère douloureux lors de son exécution, ainsi que de son efficacité inconsistante.

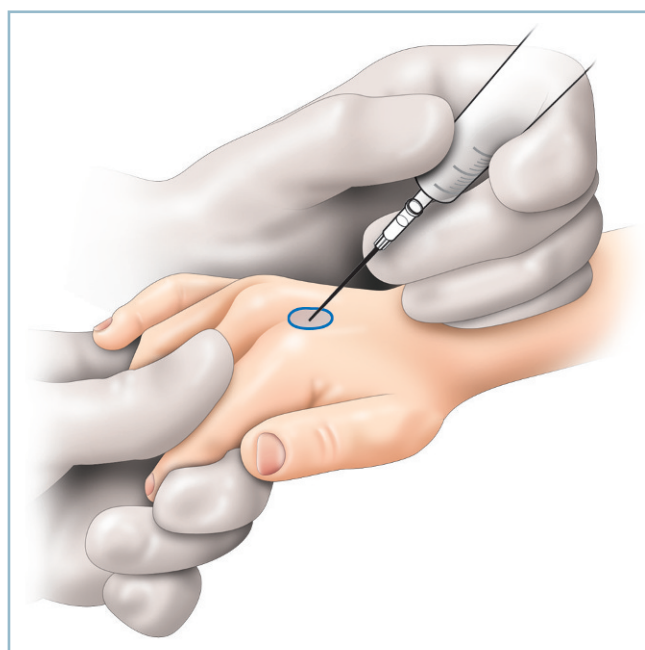
Le bloc métacarpien ou digital intrathécal : la douleur à l'injection est réellement inférieure à celle des blocs digitaux réalisés à la racine du doigt, et son efficacité est bien supérieure, à la fois dans son délai et dans sa durée d'action. Ces critères en font donc le bloc à utiliser en priorité pour l'exploration d'une plaie, y compris dans un service d'urgence, du moment que les règles strictes de réalisation et d'asepsie sont respectées. Il correspond à l'injection d'une petite quantité de solution anesthésique dans la gaine des tendons fléchisseurs. Le point de ponction est la projection palmaire du centre de la tête du métacarpien concerné. L'aiguille, de modèle sous-cutané, est introduite perpendiculairement à la paume jusqu'au contact osseux, puis retirée très légèrement pour éviter une injection sous-périostée (*figure 4.7*).

Certaines équipes considèrent que l'anesthésie locorégionale est susceptible de gêner le diagnostic d'un syndrome de loge [11]. Celle-ci est souvent accusée de masquer la symptomatologie douloureuse, bien que l'administration auto-contrôlée de morphine puisse avoir le même effet. La littérature est relativement pauvre à propos de l'enfant. Elle rapporte de rares cas pédiatriques de syndrome de loge au membre inférieur masqués par un bloc central [12-14], mais aucun cas masqué par un bloc périphérique. La réalisation d'une anesthésie locorégionale, quelle qu'elle soit, pour des pathologies comportant un risque élevé de syndrome de loge impose une concertation avec l'équipe chirurgicale et une surveillance accrue.

Les contre-indications sont les mêmes que chez l'adulte. La recherche d'une pathologie de l'hémostase est systé-

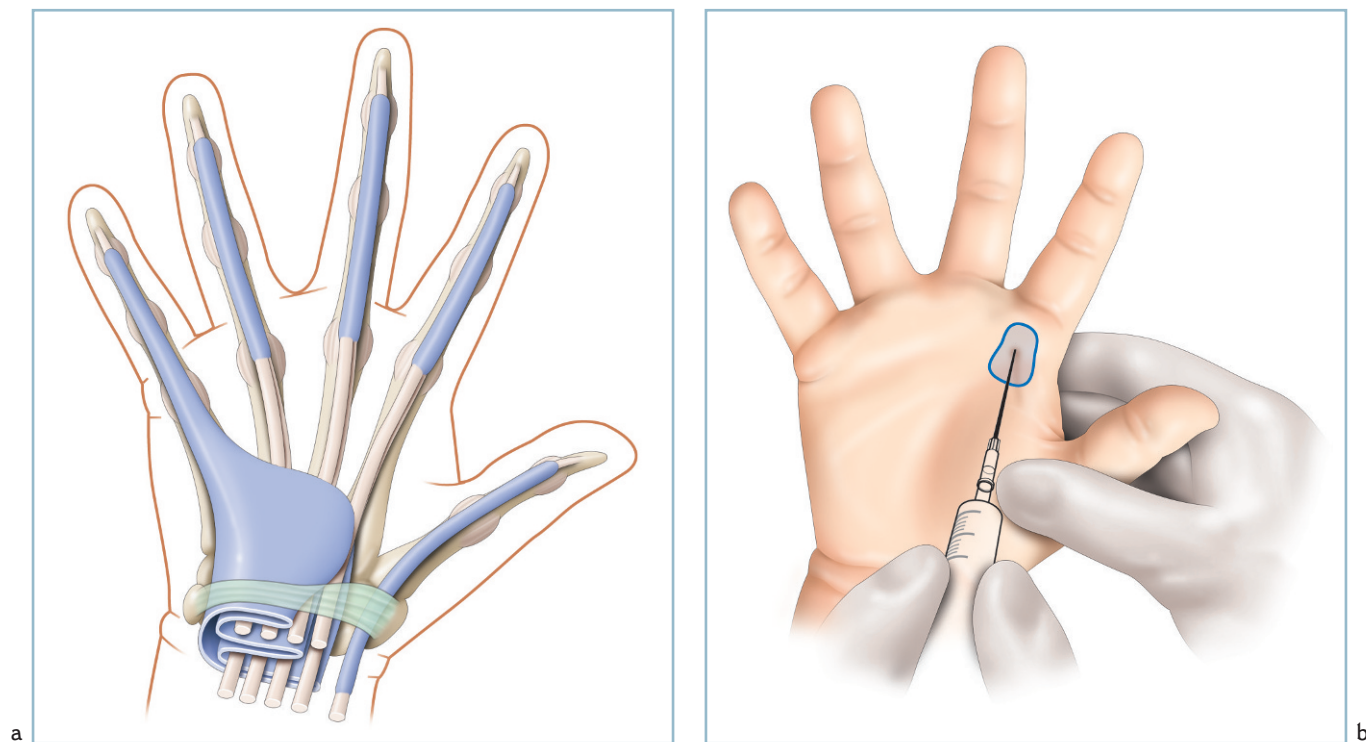


a



b

4.6 a. Anatomie du bloc digital par voie dorsale.
b. Repères cutanés des deux points de ponction du bloc digital par voie dorsale, et technique d'injection.



4.7 a. Anatomie des gaines digito-carpiennes palmaires, permettant la réalisation d'un bloc intrathécal.
b. Installation, repères cutanés et position de l'aiguille lors de l'injection de la solution anesthésique non adrénalinée.

matique lors de la consultation pré-anesthésique. L'absence de consentement de la part des parents est bien évidemment une contre-indication supplémentaire spécifique à l'enfant.

Les complications des blocs périphériques chez l'enfant sont rares [15]. En fonction de son expérience, il faut choisir la voie d'abord et la technique la plus sûre et/ou celle que l'on maîtrise le mieux et savoir abandonner après deux échecs.

CONCLUSION

L'anesthésie locorégionale occupe une place prépondérante dans la prise en charge de la douleur de la chirurgie du membre supérieur. Elle est en général réalisée sous anesthésie générale. Les bénéfices, essentiellement liés à l'épargne morphinique et à sa faible morbidité, sont ceux de toute anesthésie locorégionale en pédiatrie. Les risques, faibles, sont peu spécifiques de l'abord du membre supérieur. La connaissance de la pharmacologie et de la technique de réalisation, ainsi que le respect des règles de sécurité et l'emploi de matériel adapté concourent à les diminuer. Il faut savoir prévoir l'échec, même s'il est rare,

mais on peut dire que l'anesthésie locorégionale est un moyen d'assurer en sécurité une analgésie per et surtout post-opératoire de qualité chez un enfant opéré du membre supérieur.

Bibliographie

- [1] Lonnqvist PA, Morton NS. Post-operative analgesia in infants and children. *Br J Anaesth* 2005 ; 95 : 59-68.
- [2] Murat I. Anesthésie locorégionale chez l'enfant. Conférence d'experts. *Ann Fr Anesth Reanim* 1997 ; 16 : 985-1029.
- [3] Murat I. Pharmacologie. In Dalens B, *Anesthésie locorégionale de la naissance à l'âge adulte*. Paris, Pradel, 1993 : 69-128.
- [4] Greenblatt GM, Denson JS. Needle nerve stimulator-locator : nerve blocks with a new instrument for locating nerves. *Anesth Analg* 1962 ; 41 : 599-602.
- [5] Salinas FV. Location, location, location : continuous peripheral nerve blocks and stimulating catheters. *Reg Anesth Paon Med* 2003 ; 28 : 79-82.
- [6] Marhofer P, Bosenberg A, Sitzwohl C et al. Pilot study of neuraxial imaging by ultrasound in infants and children. *Paediatr Anaesth* 2005 ; 15 : 671-6.

- [7] Dalens B. Blocs proximaux des membres supérieurs. In Dalens B, *Anesthésie locorégionale de la naissance à l'âge adulte*. Paris, Pradel, 1993 : 287-324.
- [8] Diwan R, Vas L, Shah T et al. Continuous axillary block for upper limb surgery in a patient with epidermolysis bullosa simplex. *Paed Anaesth* 2001 ; 5 : 603-6.
- [9] Borgeat A, Ekatodramis G, Dumont Ch. An evaluation of the infraclavicular block via a modified approach of the Raj technique. *Anesth Analg* 2001 ; 93 : 436-41.
- [10] Marhofer P, Sitzwohl C, Greher M, Kapral S. Ultrasound guidance for infraclavicular brachial plexus anaesthesia in children. *Anaesthesia* 2004 ; 59 : 642-6.
- [11] Whitesides TE Jr. Pain : friend or foe ? *J Bone Joint Surg Am* 2001 ; 83 : 1424-5.
- [12] Dunwoody JM, Reichert CC, Brown KL. Compartment syndrome associated with bupivacaine and fentanyl epidural analgesia in pediatric orthopaedics. *J Pediatr Orthop* 1997 ; 17 : 285-8.
- [13] Price C, Ribeiro J, Kinnebrew T. Compartment syndromes associated with post-operative epidural analgesia. A case report. *J Bone Joint Surg Am* 1996 ; 78 : 597-9.
- [14] Ross O. Central neural blockade and the compartment syndrome. *Anaesthesia* 1999 ; 54 : 297.
- [15] Giaufre E, Dalens B, Gombert A. Epidemiology and morbidity of regional anesthesia in children : a one-year prospective survey of the French-Language Society of Pediatric Anesthesiologists. *Anesth Analg* 1996 ; 83 : 904-12.

CHAPITRE 5

Torticolis musculaire congénital

P. PEYROU, D. MOULIES

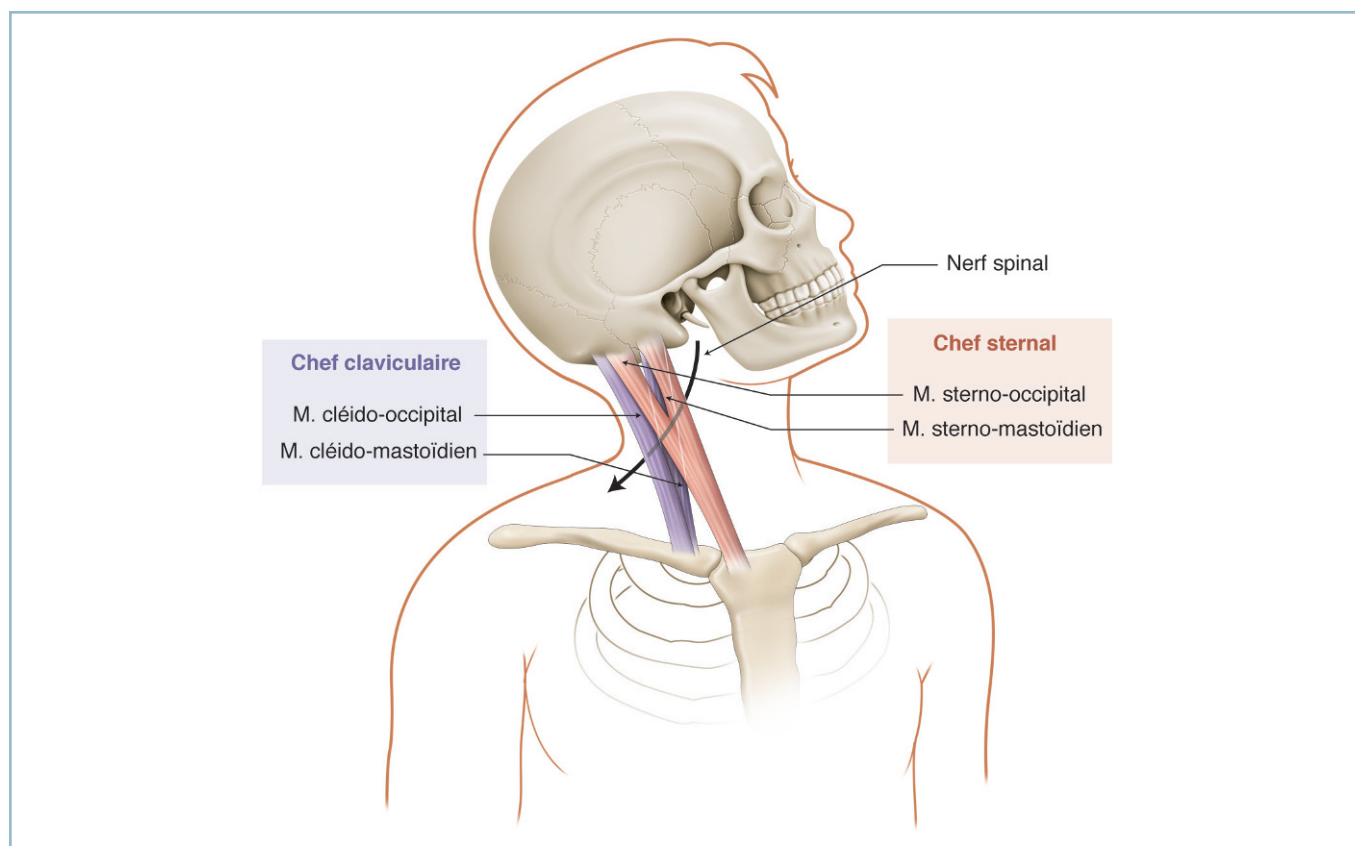
Le torticolis musculaire congénital est la troisième déformation néonatale en terme d'incidence (entre 0,3 et 2 %) après la dysplasie des hanches et le pied-bot varus équin. Il se définit comme une attitude asymétrique et permanente de la tête et du cou par rapport au plan des épaules, dû à une rétraction unilatérale du muscle sterno-cléido-mastoïdien dont l'anatomie complexe explique parfaitement la déviation en inclinaison homolatérale, en translation et en rotation contralatérales. Le diagnostic est aisé chez le nourrisson qui présente une diminution de mobilité de la tête (surtout les rotations), une plagiocéphalie et une tuméfaction au sein du muscle pathologique. Cette masse disparaît en quelques semaines

évoluant vers la restitution ad integrum des propriétés élastiques des fibres musculaires ou au contraire vers une fibrose définitive.

L'évolution spontanée est donc généralement rassurante et ce sont les rétractions fibreuses qui justifient un traitement par postures domestiques et par physiothérapie. Le traitement chirurgical n'est réservé qu'aux rares cas de persistance du torticolis après l'âge de 12-18 mois.

Les techniques chirurgicales sont variées avec des résultats globalement bons [2] mais le risque de récurrence est toujours possible. L'allongement en « Z » apporte dans notre expérience les meilleurs résultats fonctionnels et cosmétiques à long terme [4].

Les techniques chirurgicales sont nombreuses et vont de la simple ténotomie à la résection musculaire en passant par des ténotomies aux deux extrémités et à la plastie



5.1 Organisation structurale du muscle SCM.

Le muscle SCM est divisé en deux chefs, sternal et claviculaire, distinct au niveau de leurs insertions distales mais quasi commun au niveau de leurs origines au niveau du crâne. Chaque chef comporte deux faisceaux en particulier le cléido-occipital et le cléido-mastoïdien repartis en deux plans respectivement superficiel et profond. On comprend que toute ténotomie devra tenir compte de cette disposition si on veut qu'elle soit complète.

Notez les rapports de la branche latérale du nerf spinal qui atteint le SCM au niveau du tiers supérieur en regard du niveau de l'angle mandibulaire, qui traverse le faisceau profond du cléido-mastoïdien et se termine au bord antérieur du trapèze après un trajet oblique en bas, en dehors et en arrière.

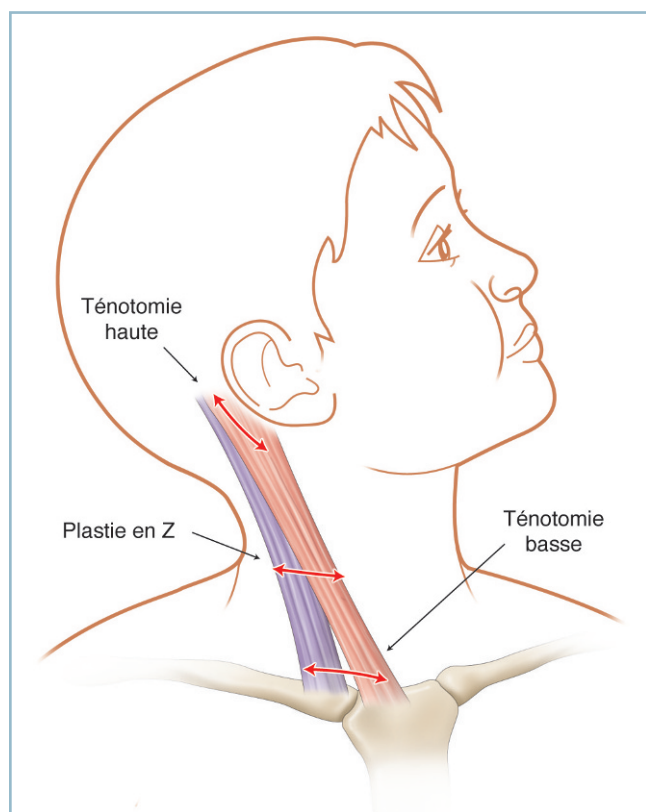
d'allongement en « Z ». Toutes ces techniques sont basées sur la ténotomie la plus complète possible du sterno-cléido-mastoïdien (SCM) à des niveaux différents et se font à « ciel ouvert » afin d'avoir un contrôle parfait sur la section musculaire, sur l'hémostase et sur le nerf spinal, toute ténotomie incomplète exposant au risque de récurrence.

L'objectif est commun, celui de restaurer un champ de mobilité symétrique et complet tout en gardant un aspect esthétique harmonieux, en particulier celui du relief musculaire à la base du cou dessinant un « V » symétrique [3] (figures 5.1 et 5.2).

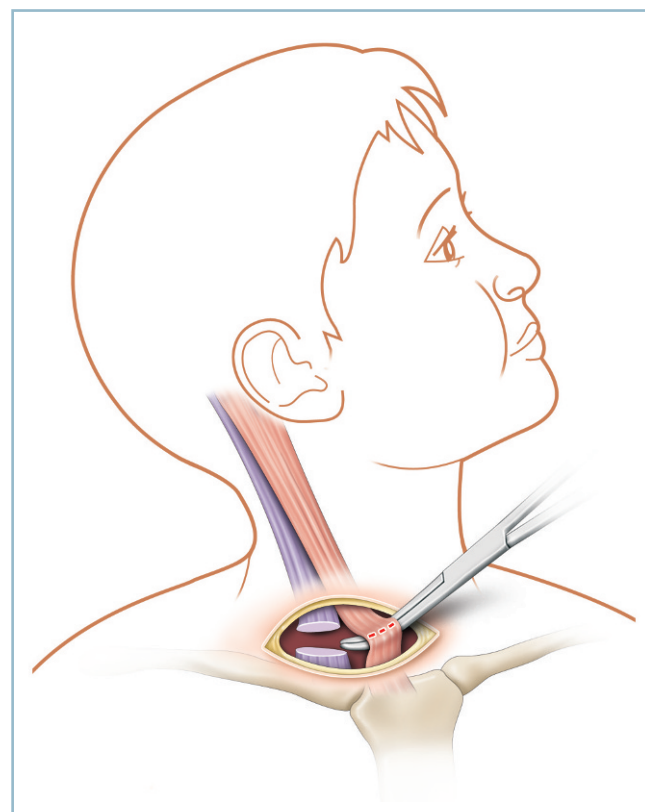
TÉNOTOMIE UNIPOLAIRE BASSE JUXTA-CLAVICULAIRE

Les insertions basses du SCM sont abordées par une incision transversale, 1,5 à 2 cm au-dessus de la clavicule. Après dissection et protection de la veine jugulaire externe, le muscle peaucier est incisé dans le sens de l'abord, puis la gaine du SCM est ouverte. Les deux chefs, sternal et clavi-

culaire, sont individualisés sur un dissecteur et sectionnés au bistouri électrique (figure 5.3). Étant donné la largeur de ces attaches basses, plusieurs passages de dissecteur sont nécessaires pour obtenir une ténotomie complète qui doit permettre de visualiser le plan profond (muscle omo-hyoïdien et veine jugulaire interne). Une résection musculaire de 1 cm évite la récurrence. La mobilisation passive per opératoire de la tête apprécie le résultat et met en tension les fibres résiduelles ou une aponévrose rétractée qu'il convient de libérer largement. Après vérification de l'hémostase, le plan du muscle peaucier est reconstruit et la suture cutanée est réalisée en deux plans. Les complications précoces (hématome, désunion cutanée, infection) sont rares et les résultats à long terme sont excellents sur le plan fonctionnel. Il faut cependant noter la récurrence de bandes fibreuses sur le contingent claviculaire dans presque la moitié des patients, heureusement sans conséquence fonctionnelle ni esthétique. La perte du relief musculaire est retrouvée 8 fois sur 10 mais ne semble pas être vécue comme un préjudice esthétique, à l'opposé des problèmes de cicatrices disgracieuses rapportés dans 2 à 32 % des cas, surtout lorsque la cicatrice est située juste sur la clavicule [2].



5.2 Les différentes voies d'abord du muscle sterno-cléido-mastoïdien et les niveaux des incisions respectives selon le type de la ténotomie que l'on souhaite réaliser.



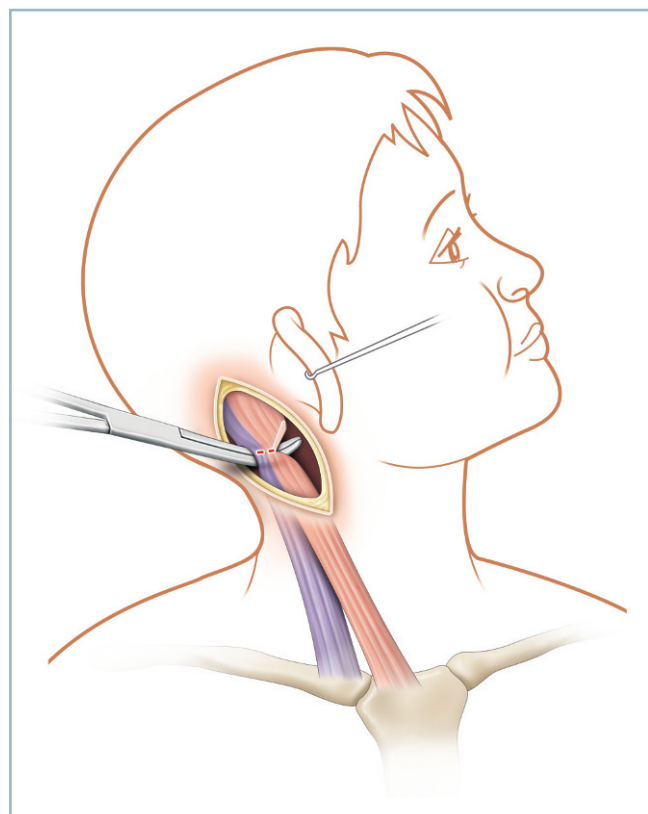
5.3 La ténotomie basse doit être profonde et surtout postérieure pour ne pas négliger le chef sternal. Toute incision sur le relief claviculaire sera exposée à une cicatrisation inesthétique, et il est donc recommandé de pratiquer l'incision cutanée un travers de doigt au-dessus du relief osseux de la clavicule.

TÉNOTOMIE BIPOLAIRE

La portion crâniale mastoïdienne est abordée par une courte voie longitudinale centrée sur le relief musculaire, en arrière de l'oreille. Il faut éviter d'étendre cette voie trop vers la portion antérieure de l'insertion crânienne pour ne pas léser le nerf facial et le nerf spinal [5]. Après section du muscle peaucier du cou et de l'aponévrose cervicale, le corps musculaire est chargé sur un dissecteur et sectionné au bistouri froid sous contrôle de la vue. La correction complète du torticolis peut nécessiter la section du fascia profond en se méfiant de l'artère auriculaire (*figure 5.4*).

Une variante de cette libération crâniale consiste, par un abord rétro auriculaire semblable, à inciser le périoste de la mastoïde et à désinsérer en sous-périosté l'ensemble du SCM, ce qui procure un effet d'allongement sans aborder le muscle [4].

La portion caudale est abordée par une incision horizontale juste au-dessus de la clavicule, centrée sur l'insertion du chef sternal et du chef claviculaire. Le peaucier et l'aponévrose cervicale sont sectionnés, permettant la dissection des deux chefs musculaires qui sont chargés sur dissecteur et sectionnés (*figure 5.3*). La section de l'aponévrose



5.4 Ténotomie haute du SCM. L'insertion céphalique doit être disséquée au plus près de la mastoïde et parfaitement repérée avant la ténotomie. Le danger reste la proximité du nerf facial et du nerf spinal.

profonde, si elle est nécessaire montre la proximité des structures vasculo-nerveuses.

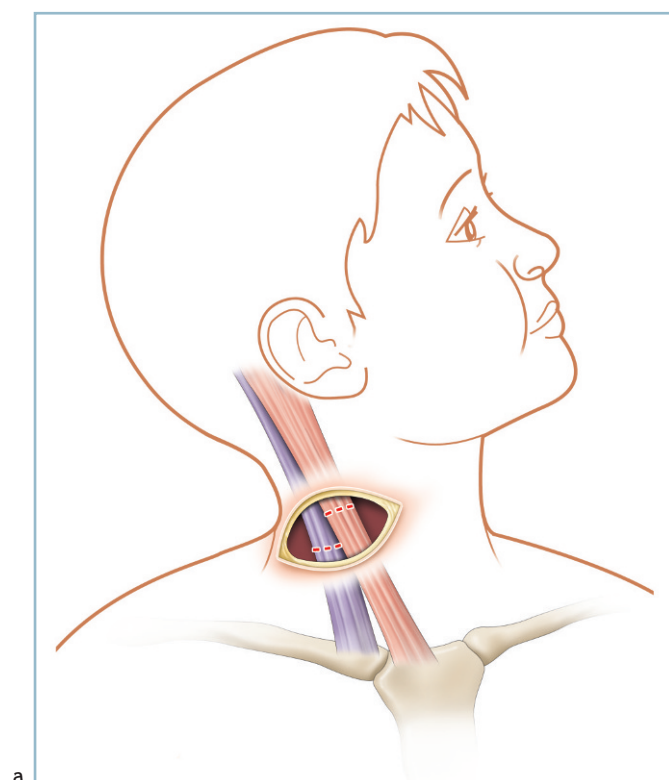
Cette technique peut être envisagée à tout âge, même chez l'adulte ou en cas de récurrence, mais l'âge idéal est situé entre 3 et 5 ans, une certaine coopération en post-opératoire étant nécessaire [6]. À cet âge, les récurrences sont faibles et le résultat cosmétique est certain d'autant que la continuité musculaire est respectée. Des complications nerveuses par étirement lors de l'immobilisation ont été toutefois décrites [6] : paralysie du plexus brachial, paralysie du deltoïde même si la récupération spontanée est la règle.

RÉSECTION MUSCULAIRE

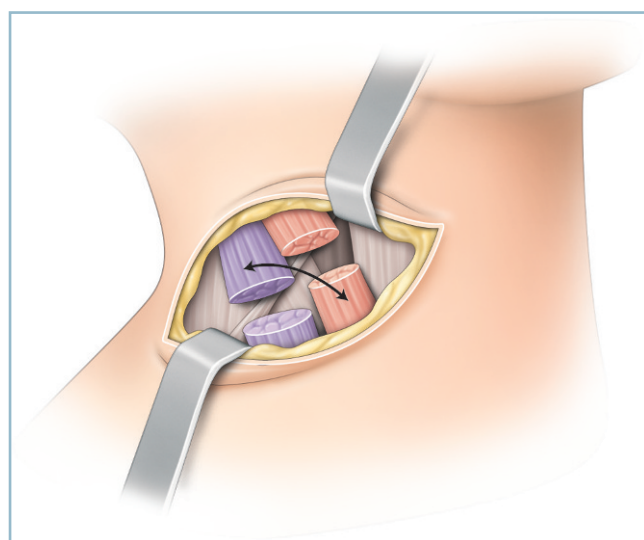
Le muscle est abordé dans son tiers inférieur par une incision transversale. La résection intéresse la zone de rétraction ou de fibrose mais certains ont décrit des excisions complètes du muscle. La correction est extemporanée mais ne met pas à l'abri de la survenue de brides à distance et le résultat esthétique est médiocre. Cette technique est plutôt réservée au grand enfant, et surtout aux récurrences.

PLASTIE D'ALLONGEMENT EN « Z »

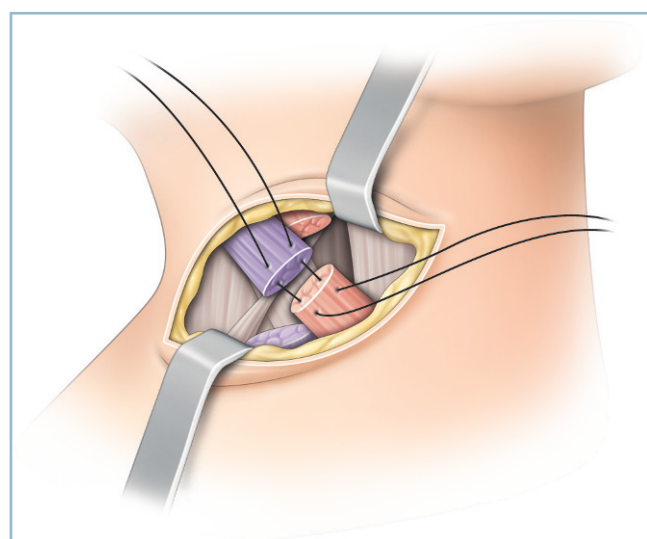
Il s'agit d'une technique ancienne décrite dès 1923 par Jones et popularisée en France par Barcat [1] puis Dubousset [3]. L'incision est dessinée horizontale dans un pli du cou, au niveau du tiers moyen du muscle, là où le corps musculaire est le plus étroit (*figure 5.5a*). Après libération de toutes les aponévroses celui-ci est sectionné au bistouri électrique en escaliers de haut en bas et de dedans en dehors. Le chef sternal est ainsi sectionné dans la partie haute de la voie d'abord et le chef claviculaire dans la partie basse, ce qui protège le nerf spinal (*figure 5.5b*). Il est toutefois nécessaire, voire indispensable de sectionner le chef claviculaire d'autant plus près de la clavicule qu'il y a d'effet d'allongement à obtenir. En effet, puisque l'allongement est obtenu par glissement dont la longueur est réglée en fonction de la mobilité récupérée, il est fondamental d'essayer de prévoir la longueur musculaire qui sera nécessaire pour pouvoir assurer la suture ensuite, lorsque la correction de la déformation sera réalisée. Le chef claviculaire supérieur est habituellement suturé à son homologue sternal inférieur à condition qu'aucune tension ne persiste (*figure 5.5c*). Selon l'importance de la rétraction, l'immobilisation par orthèses de posture n'est pas toujours nécessaire et la reprise douce des mouvements sans contrainte faisant office d'autorééducation apporte des résultats comparables [3]. Cette technique apporte une



a



b



c

5.5 L'allongement en Z est toujours réalisé au niveau du tiers moyen du muscle, là où les deux chefs sont les plus proches et les moins épais (a). La myotomie intéresse les deux chefs à des niveaux différents afin d'obtenir un allongement par glissement et de conserver un relief musculaire (b). Ainsi, plus importante est la correction, plus la distance entre les deux sections musculaires est élevée. Au maximum, le chef claviculaire peut être sectionné au ras de la clavicule. Le chef claviculaire supérieur est ensuite suturé au chef sternal inférieur de manière à reconstituer un relief musculaire harmonieux (c).

VARIANTES : CHIRURGIE ENDOSCOPIQUE MINI-INVASIVE

Cette technique développée par les ORL s'intègre dans la préoccupation actuelle d'une chirurgie mini invasive. Elle utilise un abord minime rétro auriculaire de 2 cm, perpendiculaire au grand axe de l'oreille, caché dans le scalp en regard de la mastoïde. La dissection sous-cutanée doit identifier impérativement le nerf grand auriculaire. Une fois repéré, une ténotomie classique est réalisée sous contrôle vidéoscopique ce qui permet de visualiser au cours de la ténotomie les branches du nerf spinal. Les fibres musculaires profondes peuvent être respectées ce qui protège le plan jugulo-carotidien sans modifier les résultats de la libération à long terme.

Une variante utilise un abord axillaire puis un tunnel sous-cutané pour disséquer et couper « à la carte » les fibres rétractées de la partie basse du SCM et du scalène, en contrôlant le gain de mobilité en per opératoire.

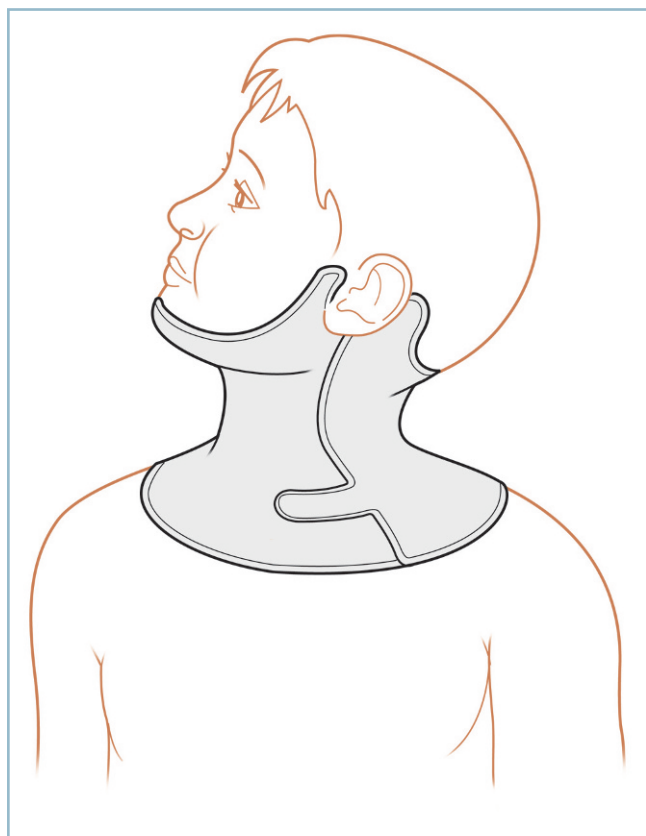
Un collier cervical mousse est gardé sept jours puis une mobilisation passive et active est instaurée pendant six semaines environ.

solution plus physiologique avec peu de récides. Le résultat esthétique est très satisfaisant tant sur le plan de la cicatrice cutanée quasi invisible que sur le plan du relief musculaire et du « V » sternal, qui sont conservés. Elle est pour beaucoup d'équipes la technique de référence [4] car elle permet un allongement « à la carte » sans risque de cicatrices disgracieuses, tout en conservant le relief symétrique à la base du cou.

Ces techniques de libération endoscopique offrent les avantages d'éviter une cicatrice visible, de préserver l'innervation proximale et distale du muscle évitant les séquelles esthétiques au niveau des reliefs du cou. Les risques potentiels de lésions nerveuses ou vasculaires de voisinage sont exceptionnels si l'on possède l'expertise de la technique.

SOINS POST-OPÉRATOIRES : L'IMMOBILISATION

Dans les techniques classiques à ciel ouvert, l'enfant est pendant les premiers jours, immobilisé en rectitude par une traction cervicale dont l'objectif est d'éviter toute mobilité du rachis qui serait douloureuse et de lutter contre la tendance naturelle de l'enfant de se repositionner en inclinaison latérale même après la ténotomie. Si cette traction est mal tolérée, la rectitude est obtenue par des sacs de sables ou des draps roulés positionnés de chaque côté de la tête



5.6 L'orthèse réalisée en polyéthylène souple doit immobiliser la tête en inclinaison du côté sain et en rotation du côté opéré ; dans ce cas particulier, l'immobilisation est réalisée pour un torticolis opéré du côté droit, c'est-à-dire en inclinaison gauche et rotation droite.

pour la caler efficacement. Cette traction est maintenue cinq jours, le temps de la fabrication d'une orthèse cervicale sur mesure.

Cette orthèse réalisée en polyéthylène souple doit mettre la tête en position d'étirement maximum du sterno-cléido-mastoïdien c'est-à-dire en inclinaison du côté non opéré et surtout en rotation vers le côté opéré (figure 5.6). Elle est portée la journée et remplacée par un collier cervical mousse pour la nuit, pendant une durée minimale de six à huit semaines. Une rééducation douce peut être nécessaire dans les suites de cette immobilisation.

Points essentiels

- Opérer tard, après 2 ans et demi.
- Évaluer en préopératoire le retentissement oculaire du torticolis (astigmatisme).
- Prévenir de la récurrence possible.
- Prévoir à l'avance l'orthèse de maintien et veiller à la correction dans le bon sens.
- Installer l'enfant de manière à pouvoir manipuler la tête et réduire le torticolis en extemporané.
- Éviter les cicatrices trop près de la clavicule.
- Respecter l'esthétique de la symétrie des muscles du cou.
- Aller profond et postérieur dans la dissection pour ne pas oublier un chef ou un faisceau.
- Revoir l'enfant un à deux ans après : de fines cordes fibreuses peuvent apparaître tardivement.

Bibliographie

- [1] Barcat J, Godard F. Le traitement du torticolis congénital par allongement du sterno-cléido-mastoïdien. *J Chir* 1962 ; 84 : 335-40.
- [2] Cheng JCY, Tang SP. Outcome of surgical treatment of congenital muscular torticollis. *Clin Orthop* 1999 ; 362 : 190-200.
- [3] Dubousset J. Torticolis musculaire congénital. *Encycl Méd Chir Appareil Locomoteur*, 15260 A¹⁰, 1982.
- [4] Mouliès D. Torticolis musculaire congénital. In : Duparc J et al., *Cahiers d'enseignement de la Sofcot*. Paris, Elsevier Masson, 2002.
- [5] Stassen LFA, Kerawala CJ. New surgical technique for the correction of congenital muscular torticollis (wry neck). *Br J Oral Maxillofac Surg* 2000 ; 38 : 142-7.
- [6] Wirth CJ, Hagen FW, Wuelker N, Siebert WE. Biterminal tenotomy for the treatment of congenital muscular torticollis. *J Bone Joint Surg* 1992 ; 74-A (3) : 427-34.

CHAPITRE 6

Surélévation de l'omoplate

J. SALES DE GAUZY,
F. ACCADBLED, J.-M. LAVILLE

La surélévation congénitale de la scapula ou malformation de Sprengel est une entité rare. Le développement embryonnaire de la scapula se fait à partir du tissu mésodermique, ce qui en fait un os d'origine membraneuse. Dès la troisième semaine de gestation, elle se différencie des 4^e, 5^e et 6^e vertèbres cervicales. Entre la neuvième et la douzième semaine, la scapula migre vers la partie caudale jusqu'à sa position normale entre les 2^e et 7^e côtes. Au cours de la migration distale, la forme de la scapula se modifie progressivement au cours de l'embryogénèse : initialement le diamètre horizontal est supérieur au diamètre vertical, puis ce rapport s'inverse progressivement.

La surélévation congénitale de la scapula correspond à une anomalie de migration caudale de celle-ci, qui reste en position haute. Il s'agit d'une malformation régionale, ne se limitant pas à la scapula isolément. La scapula est hypoplasique, plus large que haute et sa portion supra-épineuse présente une incurvation antérieure. Elle est assez fréquemment fixée au rachis cervical par un os surnuméraire, appelé os omovertébral, présent dans 20 à 50 % des cas. Il s'étend du bord médial de la scapula à l'arc dorsal d'une vertèbre cervicale (entre C4 et C7). Il peut être de consistance osseuse, cartilagineuse ou simplement réduit à une simple bande fibreuse. Enfin on retrouve de manière inconstante des anomalies costales ou des malformations vertébrales qui peuvent s'intégrer dans le cadre d'un syndrome de Klippel-Feil (qu'il convient donc de rechercher systématiquement).

Le retentissement d'une surélévation congénitale de la scapula est à la fois fonctionnel (limitation de l'abduction et de la rotation externe de l'épaule) et esthétique (surélévation globale du moignon de l'épaule, aspect de cou court, diminution relative du diamètre bi-acromial). Il dépend essentiellement de la position de la scapula, qui a été évaluée en trois stades par Rigault et Pouliquen :

- stade I : angle médial de la scapula en dessous de T2 et au-dessus de la transverse de T4 ;
- stade II : angle médial de la scapula entre la transverse de C5 et la transverse de T2 ;
- stade III : angle médial de la scapula au-dessus de la transverse de C5.

INDICATION CHIRURGICALE

L'indication d'une correction chirurgicale est fonction du préjudice esthétique et du handicap fonctionnel. La chirurgie n'est pas indiquée dans le stade I où le retentissement esthétique et fonctionnel est presque nul. Elle peut se discuter dans les stades II et III. L'âge idéal se situe entre 3 et 6 ans.

BILAN PRÉOPÉRATOIRE

Il doit comporter :

- des radiographies des deux épaules et du rachis ;
- une IRM pour faire le bilan des malformations, rechercher l'os omovertébral et éliminer une anomalie médullaire ou vertébrale.

TECHNIQUE DE WOODWARD

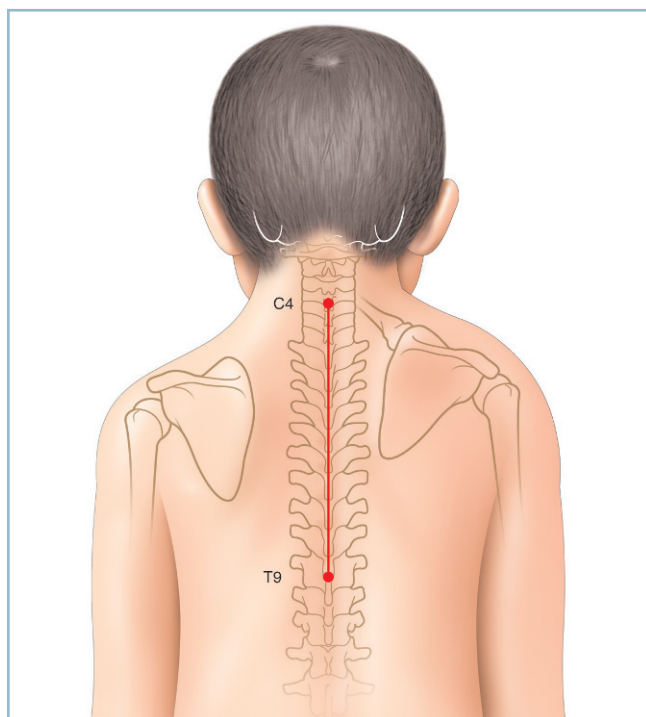
Son principe est de libérer les insertions rachidiennes des muscles se fixant sur les bords médial et crânial de la scapula, de réséquer l'os omovertébral, d'abaisser la scapula, et de maintenir cette nouvelle position en réalisant une réinsertion musculaire plus distale.

Installation

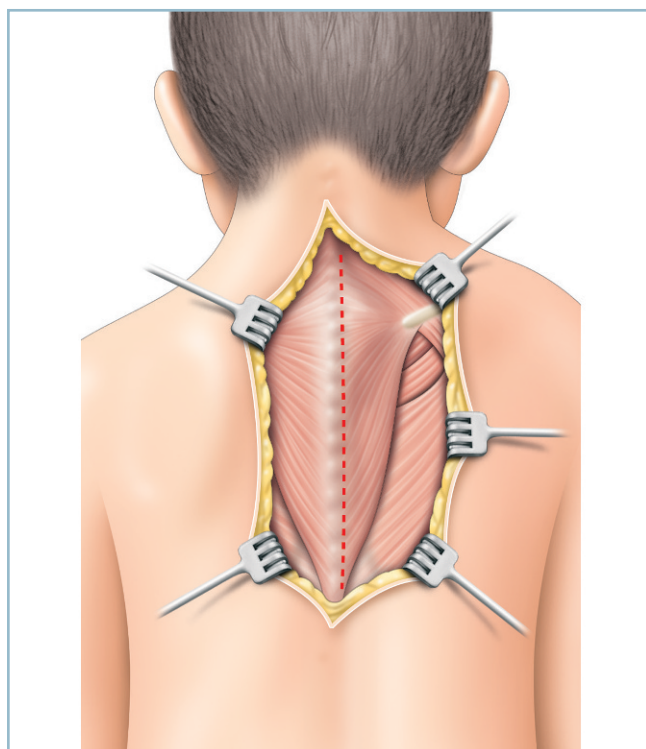
Le patient est installé en décubitus ventral, tête en légère flexion. Le champ opératoire dégage l'ensemble du rachis (du rachis cervical haut jusqu'aux crêtes iliaques), les deux épaules et le membre thoracique du côté de la surélévation. Cela permet des manipulations per-opératoires du membre thoracique et d'apprécier la descente de l'omoplate.

Technique

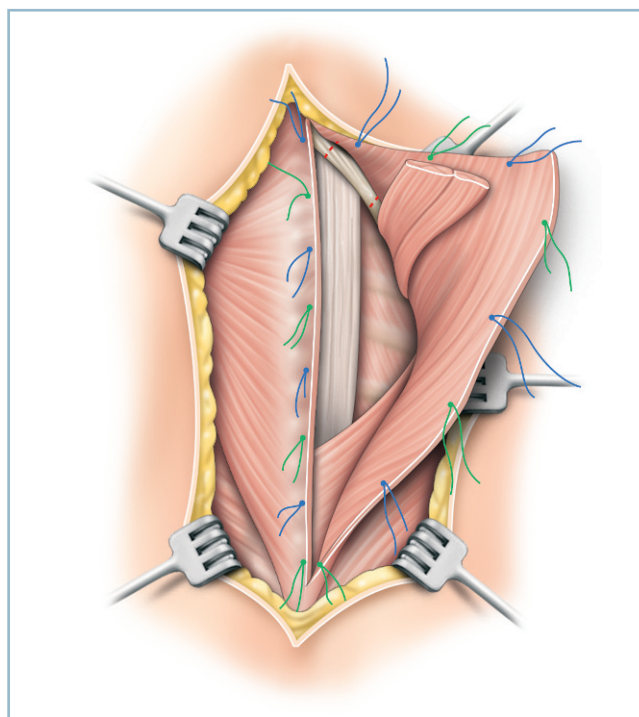
L'incision est longitudinale, médiane, sur la ligne des épineuses et s'étend de la 4^e vertèbre cervicale à la 10^e vertèbre thoracique (*figure 6.1*). Le plan sous cutané est dégagé jusqu'au bord médial de la scapula. Le muscle trapèze est désinséré à partir des processus épineux (*figure 6.2*). Le trapèze est un muscle étalé et fin et sa dissection doit être soignée. Il est utile de mettre en place des fils repères sur le bord médial du trapèze pour faciliter sa réinsertion. Au niveau de C4 on réalise une section transversale du trapèze après avoir repéré et écarté le nerf accessoire (nerf spinal). On désinsère ensuite les muscles petits et grands rhomboïdes à partir des processus épineux, puis on isole en bloc le plan entre les muscles trapèze et rhom-



6.1 Installation du patient et incision étendue de l'épineuse de C4 jusqu'à l'épineuse de T6 à T10 en fonction du stade de la surélévation.



6.2 Abord du plan musculaire le plus superficiel, et désinsertion du muscle trapèze le long des processus épineux, sur toute sa hauteur.



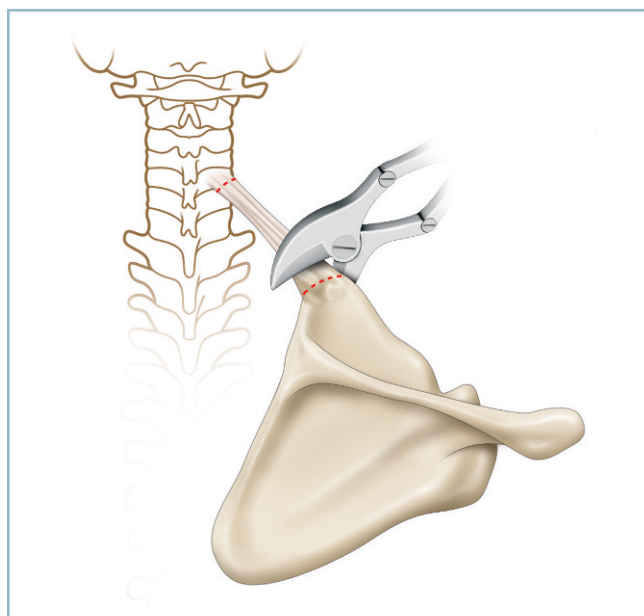
6.3 Après avoir entièrement désinséré et récliné le trapèze, on découvre le fascia profond des muscles érecteurs du rachis. Des fils repères de couleurs différentes sont placés tout le long du trapèze de manière à pouvoir faire la suture musculaire finale en réalisant un décalage distal. L'os omovertebral est repéré.

boïdes et la paroi costale, ainsi que les muscles serratus postérieurs et érecteurs du rachis en zone saine et le muscle latissimus dorsi en bas. Le plan musculaire comprenant le trapèze et les deux rhomboïdes est alors décollé jusqu'à son insertion sur le bord médial de la scapula (*figure 6.3*).

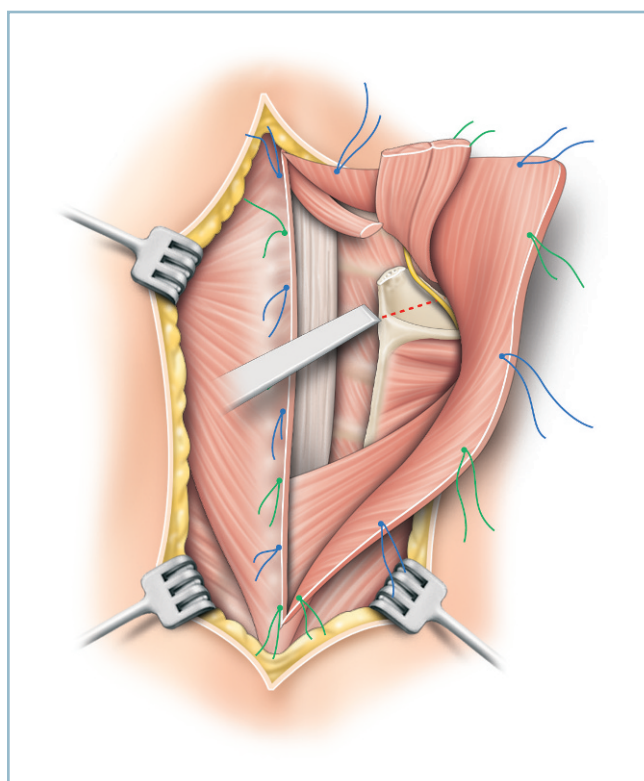
L'os omovertebral est exposé à partir de l'angle supéro-médial de la scapula. À ce niveau, il est sectionné en extra-périoste (*figure 6.4*), puis libéré progressivement, toujours en extra-périoste, jusqu'au rachis cervical. La dissection est aisée, mais doit être prudente pour ne pas risquer de léser l'artère cervicale transverse et le nerf accessoire. Le muscle élévateur de la scapula (*levator scapulae*) est sectionné à partir de l'angle supéro-médial de la scapula.

À ce stade les sections musculaires sont terminées, mais la scapula peut rester fixée en raison de bandes fibreuses situées à sa partie antérieure et supérieure. À l'aide d'un davier à pointe on éverse la scapula et on libère l'ensemble de ces adhérences fibreuses situées à sa face antérieure. Si nécessaire une section du serratus antérieur de la scapula peut être réalisée. Ce geste reste facultatif.

Une résection de l'angle supéro-médial de la scapula est utile quand la partie supra-épineuse de la scapula est étalée et inclinée sur le sommet de la paroi thoracique. Cela permet de limiter l'aspect de cou court et épais, et facilite le glissement de la scapula sur la paroi thoracique lors



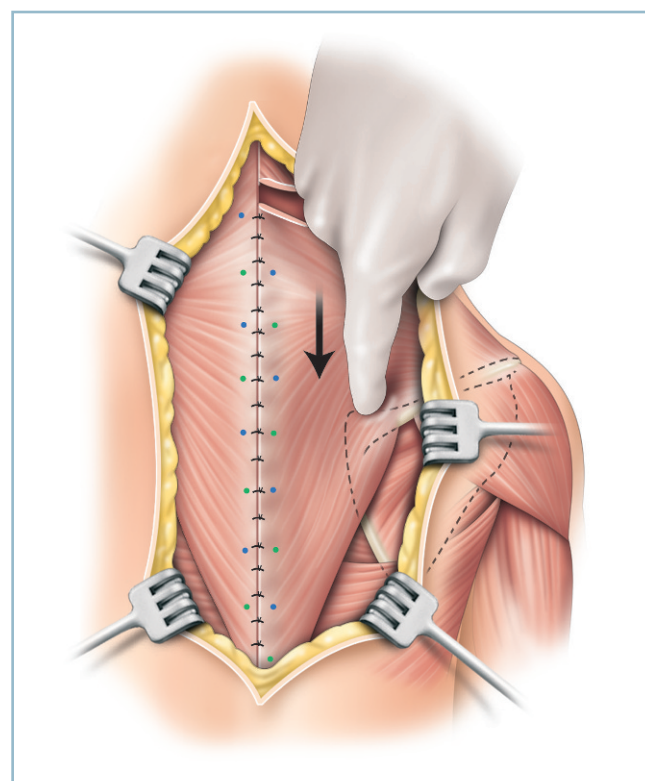
6.4 À la partie supérieure de l'incision, il faut rechercher et réséquer l'os omovertebral, qui peut être réduit à une simple bande fibreuse.



6.5 En décollant un peu plus les rhomboïdes, et après avoir désinséré les muscles supra-épineux et sub-scapulaire à leur partie médiale, il est possible de réséquer l'angle supéro-médial de la scapula.

de l'abaissement. Pour cela, on désinsère toujours en extra-périosté une partie des muscles supra-épineux et subscapulaire, puis on sectionne en extra-périosté l'angle supéromédial de la scapula (figure 6.5). À ce niveau, il faut éviter de léser les nerfs et vaisseaux supra scapulaires.

Après toute cette libération, la scapula peut alors être mobilisée. On réalise une manœuvre d'abaissement et de rotation latérale pour corriger l'orientation de la cavité glénoïde afin d'améliorer l'abduction de l'épaule. L'abaissement est en moyenne de 2 niveaux rachidiens. *La tentation d'un abaissement important est grande, mais si celui-ci est exagéré, il expose au risque de complication neurologique par étirement du plexus brachial.* Il est utile de contrôler le pouls radial lors de l'abaissement, car il est un témoin objectif de l'étirement de l'axe plexique vasculo-nerveux. Pendant que l'aide maintient la scapula en bonne position, la pointe de la scapula est fixée à une côte et/ou au muscle latissimus dorsi par des points de fil résorbable. Le trapèze et les rhomboïdes sont réinsérés sur la ligne médiane en décalant leurs insertions respectives distalement de deux niveaux vertébraux (figure 6.6). Au cours de cette suture, les fils repères placés le long du bord médial du trapèze sont utiles, car ils permettent de visualiser en temps réel le



6.6 Une fois la libération réalisée, on pratique l'abaissement de façon manuelle, et celui-ci est maintenu pendant que les sutures sont réalisées. Le décalage est de l'ordre de deux niveaux vertébraux, et il est utile de s'aider des fils repères de couleurs différentes.

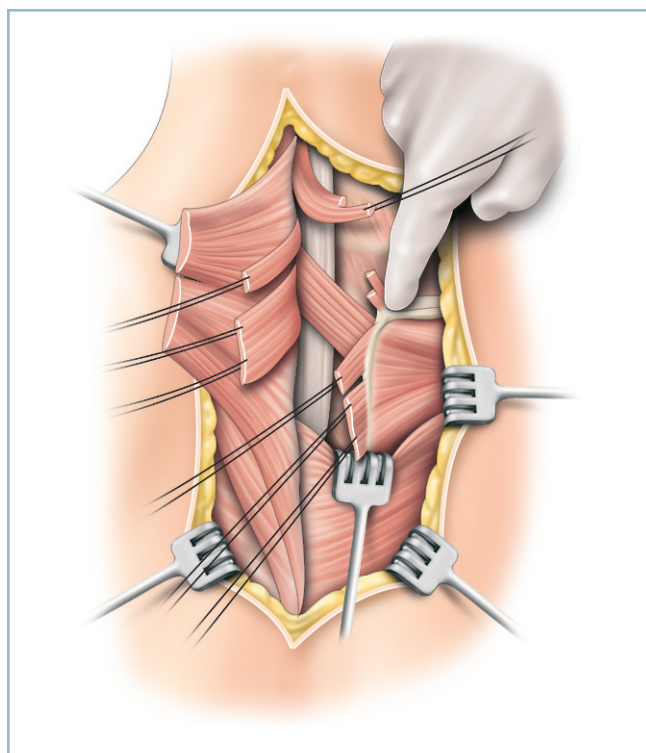
niveau de décalage par rapport aux processus épineux. Un drain de redon est placé dans l'espace scapulo-thoracique, avant la fermeture plan par plan.

Suites opératoires

Une immobilisation par bandage ou plâtre coude au corps est réalisée en prenant soin de ne pas surélever le coude. Le premier lever est autorisé au premier ou au deuxième jour. L'immobilisation est gardée pendant quatre semaines. À un mois post-opératoire, une rééducation est entreprise avec mobilisation active et passive douce de l'épaule.

TECHNIQUE DE GREEN

Son principe est de libérer les muscles à partir du bord médial et supérieur de la scapula, sans toucher aux insertions rachidiennes. L'installation identique et l'incision cutanée sont identiques. Le trapèze et les muscles rhomboïdes sont désinsérés au niveau de la scapula et écartés en dedans. Le muscle élévateur de la scapula est allongé en Z



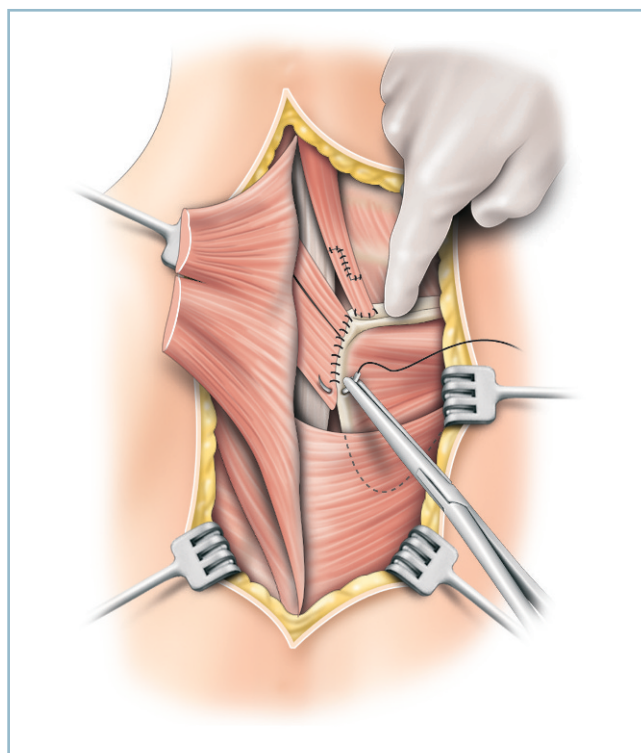
6.7 Tous les muscles sont désinsérés depuis le bord médial de la scapula et réclinés en dedans, sur leurs insertions rachidiennes. La scapula est abaissée après avoir effectué la résection de l'os omovertébral et la libération de toutes les adhérences antérieures.

(figure 6.7). L'os omovertébral et l'angle supéromédial de la scapula sont réséqués comme dans la technique de Woodward. La scapula est ensuite abaissée et fixée à une côte et au latissimus dorsi, en prenant les mêmes précautions d'un abaissement prudent et modéré afin de ne pas risquer d'étirer le plexus brachial. Les rhomboïdes sont refixés à la partie supérieure de la scapula. Le trapèze est réinséré sur l'épine de la scapula. Sa partie supérieure est réinsérée dans une position plus médiale que son insertion d'origine. Sa partie inférieure est réinsérée plus en dehors. Le bord supérieur du grand dorsal fixé au bord inférieur du trapèze (figure 6.8).

TECHNIQUE DE GREEN MODIFIÉE

Certaines modifications ont été apportées à la technique de Green, notamment :

- une section du dentelé antérieur sur le bord médial de la scapula, avec réinsertion plus proximale sur le bord médial après l'abaissement. Une fixation est réalisée sur la



6.8 L'abaissement est fait manuellement en fixant la pointe de la scapula au muscle grand dorsal. Les sutures musculaires sont ensuite décalées de la même façon distalement, en réalisant un allongement en Z du muscle élévateur de la scapula.

côte choisie en glissant la pointe de l'omoplate sous le latissimus dorsi ;

- une ostéotomie de la clavicule et une section du processus coracoïde. Elles peuvent être indiquées chez l'enfant âgé pour diminuer les risques neurologiques et vasculaires lors de l'abaissement de la scapula. La voie d'abord est antérieure. Le tiers moyen de la clavicule est disséqué en sous-périosté, deux ostéotomies incomplètes, respectant la corticale postérieure et distantes de 3 cm sont effectuées, puis la corticale postérieure est plicaturée afin de créer un équivalent de fracture en bois vert. Par la même voie d'abord, la partie cartilagineuse du processus coracoïde est sectionnée.

COMPLICATIONS

Une complication neurologique est toujours à redouter, notamment en cas d'abaissement trop important de la scapula, par étirement du plexus brachial. Il a été proposé comme moyen de surveillance le contrôle du pouls radial, le réveil per-opératoire, voire l'utilisation d'un électromyogramme, ou d'un stimulateur nerveux.

Le risque d'hématome est important, en raison des larges décollements musculaires, justifiant un drainage systématique.

Plusieurs cas de cicatrices inesthétiques ont été rapportés, et l'incision médiane postérieure est celle qui est la mieux tolérée.

Pièges à éviter

- Il s'agit d'une malformation loco régionale avec une anatomie modifiée, il ne faut donc pas s'attendre à retrouver une anatomie « livresque ».
- Le nerf accessoire doit être respecté lors de la dissection de l'os omovertébral et de la section du muscle élévateur de la scapula. Les vaisseaux et le nerf suprascapulaires doivent être respectés lors de la section de la partie supéro-médiale de la scapula.
- Un abaissement excessif de la scapula expose au risque de paralysie du plexus brachial.
- La scapula étant hypoplasique, il ne faut pas tenter de positionner son angle inférieur au même niveau que le côté sain.

Astuces

- Les sections musculaires isolées sont généralement insuffisantes. La scapula est souvent fixée par des bandes fibreuses, situées notamment à sa face antérieure : il faut les libérer en totalité afin d'obtenir une bonne mobilisation de la scapula.
- Il faut rechercher minutieusement l'os omovertébral et le réséquer, même s'il ne s'agit que d'une simple bande fibreuse à la partie supéro-interne de la scapula.
- La résection de l'os omovertébral doit être faite de façon extra-périostée si l'on veut éviter qu'il ne se reconstitue.
- Il est nécessaire de contrôler le pouls radial lors de l'abaissement.
- Il est utile d'utiliser des fils repères de deux couleurs différentes placés sur les processus épineux et sur le bord libre du trapèze. Ainsi, lors de la réinsertion, il suffit de visualiser le décalage des fils.

Bibliographie

- [1] Damsin JP. Surélévation congénitale de la scapula. *Encycl Méd Chir Techniques chirurgicales, orthopédie, traumatologie*, 44-245, 2003.
- [2] Guillard-Charles S. Opération de Woodward. In Rogez JM et al., *Stratégie et techniques chirurgicales en orthopédie pédiatrique*. Sauramps Médical, 1992 : 283-96.
- [3] McMurtry I, Bennet GC, Bradish C. Osteotomy for congenital elevation of the scapula (Sprengel's deformity). *J Bone Joint Surg* 2005 ; 87-B : 986-9.
- [4] Rigault P, Pouliquen JC, Guyonvarch G, Zujovic J. La surélévation congénitale de l'omoplate chez l'enfant. Etude anatomopathologique et thérapeutique à propos de 27 observations. *Rev Chir Orthop* 1976 ; 62 : 5-26.
- [5] Tachdjian MO. *Atlas of Pediatric Orthopedic Surgery*. Saunders, 1994.
- [6] Woodward JW. Congenital elevation of the scapula. Correction by release and transplantation of muscle origins. A preliminary report. *J Bone Joint Surg* 1961 ; 43-A : 219-28.

Pseudarthrose congénitale de la clavicule

C. CADILHAC, T. ODENT,
G. FINIDORI, C. GLORION

Lors de la formation de la clavicule, il existe un noyau d'ossification primaire pour chaque extrémité, sternale et acromiale de la clavicule. Se développent ainsi deux ébauches distinctes qui finissent par fusionner. L'étiopathogénie de la pseudarthrose congénitale de la clavicule n'est à ce jour, pas encore clairement établie. La théorie embryologique repose sur le défaut de fusion entre ces deux noyaux d'ossification primaire. L'échec de la fusion serait favorisé par un élément anatomique. La position haute des côtes droites et de l'artère sous-clavière droite serait un facteur de compression, ou d'interposition entre les deux fragments, et pourrait expliquer la très forte prédominance, voire la quasi-exclusivité des formes du côté droit. Une origine génétique est probable, ce qui explique l'existence de quelques cas familiaux.

INDICATIONS

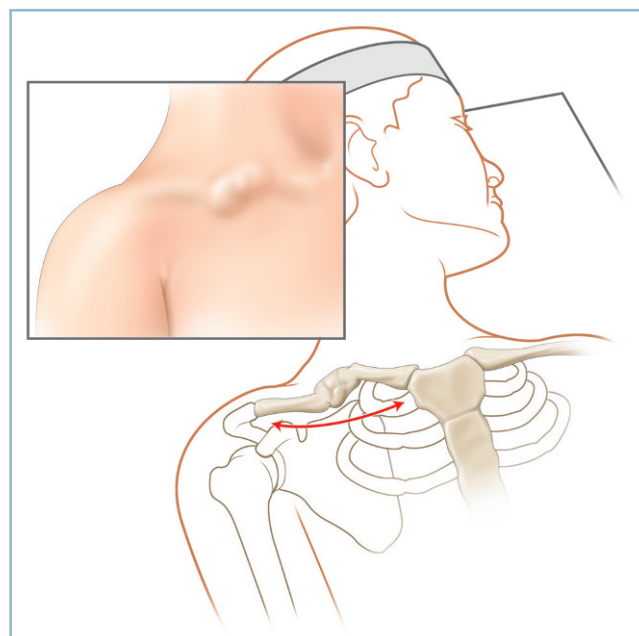
Le préjudice à long terme de la pseudarthrose congénitale de la clavicule est essentiellement esthétique. Les indications chirurgicales doivent donc être mesurées et la décision parentale est primordiale. L'intervention ne doit être envisagée que s'il existe une déformation importante en regard du foyer de pseudarthrose ou un aspect très raccourci du moignon de l'épaule, une gêne fonctionnelle ou une demande impérative de la part des parents. Si l'indication d'une intervention est posée, il convient de la réaliser précocement, vers l'âge de 5 à 6 ans. Le remodelage de la clavicule peut ainsi se faire et la ceinture scapulaire reprendre un développement normal, et surtout plus symétrique.

DESCRIPTION TECHNIQUE

La technique proposée consiste en une excision-greffe de la pseudarthrose, associée à une ostéosynthèse.

Installation

L'enfant est installé en décubitus dorsal, un coussin sous l'épaule et la fesse droite. La tête est en rotation opposée au côté à opérer, maintenue par une bande collante (figure 7.1). La mise en place des champs permet l'accès à la clavicule et à la crête iliaque homolatérale. Le membre



7.1 Installation, en décubitus dorsal, un billot sous l'épaule droite, tête tournée vers la gauche, pour une description de traitement de pseudarthrose de la clavicule droite.

supérieur droit est enfilé dans un jersey, et placé dans le champ. L'acromion doit être dégagé.

Voie d'abord

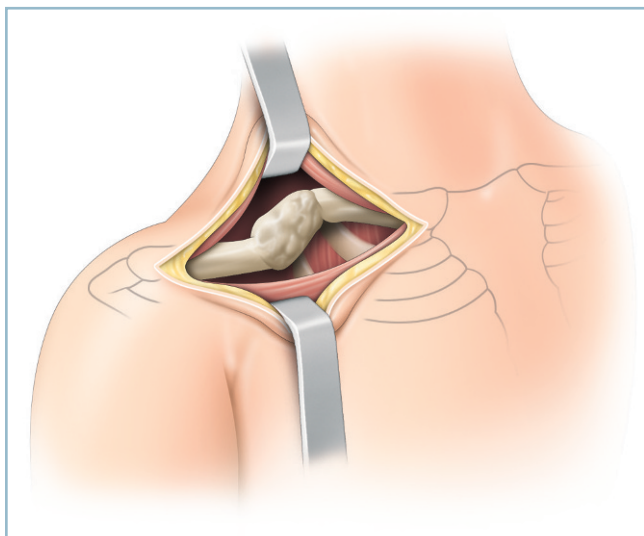
L'incision est antérieure, le long du bord inférieur de la clavicule, en regard de la pseudarthrose, un travers de doigt au-dessous de la clavicule afin d'éviter tout conflit ultérieur avec le matériel d'ostéosynthèse ou l'os lui-même (figure 7.2).

Exposition

Le foyer de pseudarthrose est immédiatement découvert après incision du tissu sous-cutané et du périoste. L'extrémité sternale de la clavicule est volontiers très ascendonnée et superficielle. Les extrémités claviculaires hyper ou atrophiques sont réunies par un tissu fibreux. La pseudarthrose est exposée en sous-périoste au bistouri froid et à la rugine. Il est utile de conserver le périoste intact pour pouvoir le refermer en fin d'intervention. On place deux écarteurs contre-coudés de part et d'autre de la zone de pseudarthrose. Le périoste et les écarteurs protègent les éléments retro-claviculaires (figure 7.2).

Excision de la pseudarthrose

Elle se fait à la pince gouge jusqu'à atteindre, de part et d'autre de la pseudarthrose, un os sain, non scléreux, hémorragique à l'avivement.

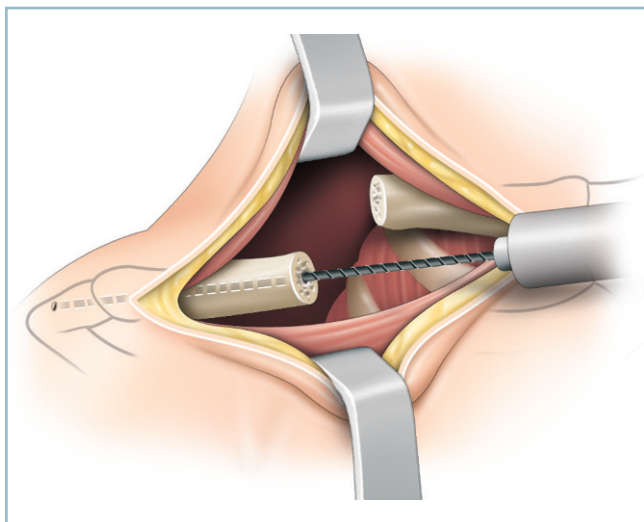


7.2 Incision cutanée le long du bord inférieur de la clavicule et abord de la pseudarthrose en sous-périosté.

On mesure l'espace laissé vacant par l'excision de la pseudarthrose afin d'adapter au mieux la longueur du greffon osseux qui permet de rétablir la longueur de clavicule.

Prise de greffe iliaque

On se porte ensuite sur l'aile iliaque homolatérale. On prélève un greffon cortico-spongieux, bicortical, rectangulaire, aux dimensions du defect osseux claviculaire. Afin de ne pas léser le cartilage de croissance de la crête iliaque,



7.3 Excision de la pseudarthrose et brochage en va-et-vient au moteur, la broche perforant la peau en regard de l'acromion, de manière à pouvoir être repoussée dans le fragment médial.

on prend soin de décoller celui-ci du corps de l'os iliaque, en le réclinant en dedans avec l'ensemble des insertions des muscles larges de l'abdomen. Cette technique permet ainsi une réparation aisée, sans laisser de défaut osseux perceptible sur la crête iliaque

Ostéosynthèse

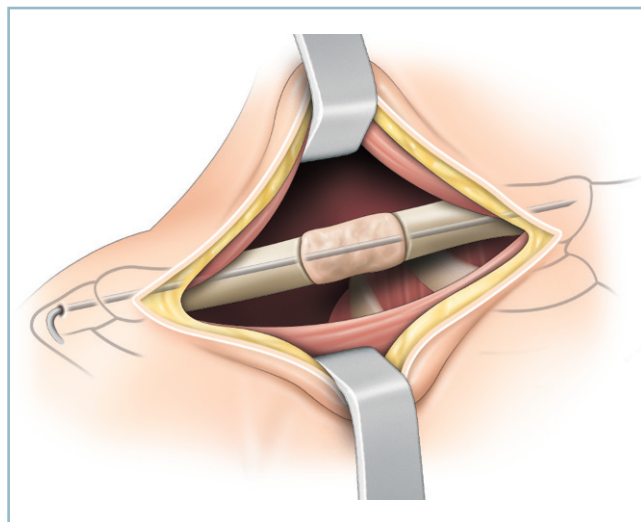
Elle est confiée à une broche mise en va-et-vient, en commençant par cathétériser le fragment acromial, depuis la tranche de section claviculaire. On utilise une broche de Kirschner de diamètre 1,5 à 2,2 mm, selon la taille de la clavicule, montée sur un moteur à rotation lente. On sort la broche en percutané après son passage dans l'acromion, car la tenue de la broche est meilleure (figure 7.3). En va-et-vient depuis l'extrémité acromiale, on « broche » ensuite le greffon et l'extrémité sternale de la clavicule (figure 7.4). On coupe puis on recourbe l'extrémité acromiale de la broche que l'on enfouit sous la peau.

Il est possible d'utiliser une plaque vissée de petite taille qui assurera une ostéosynthèse plus stable, mais celle-ci se retrouve sous la peau, avec un conflit cutané potentiel.

Il est indispensable de réaliser une décortication-greffe des parties claviculaires situées de part et d'autre du greffon osseux ainsi que le greffon lui-même, sans le fragiliser, à l'aide d'une pince gouge ou d'un petit ciseau frappé.

Fermeture

On referme le périoste le plus hermétiquement possible. On suture plan par plan sur un drain aspiratif de faible diamètre.



7.4 Greffon iliaque encastré dans l'espace laissé libre par l'excision de la pseudarthrose, et ostéosynthésé à l'aide d'une broche. Cela permet de restituer la longueur de la clavicule, en enfouissant la broche sous la peau au niveau de la partie latérale acromiale.

Soins post-opératoires

L'immobilisation de l'épaule est confiée à un bandage de type Dujarier en Elastoplaste® pour une durée de deux mois. Le bandage sera vérifié tous les 15 jours et éventuellement changé pour effectuer quelques soins d'hygiène dans le creux axillaire, et assurer un bon maintien.

L'ablation de la broche est effectuée par une minime incision cutanée en regard de l'extrémité acromiale de la broche, lorsque la consolidation est acquise radiologiquement. Elle est préconisée sous anesthésie générale pour éviter tout conflit cutané futur.

Astuces

- Mesurer en préopératoire la clavicule opposée pour rétablir la longueur adéquate de la clavicule.
- Respecter le périoste pour le refermer en fin d'intervention
- Exciser généreusement la pseudarthrose jusqu'à obtenir un os sain
- Aviver le greffon et les extrémités claviculaires
- Greffer et ostéosynthéser
- Immobiliser efficacement et longtemps.

Pièges à éviter

Le brochage de la clavicule est difficile, car c'est un os plat et non rectiligne. La perte de substance complique la réalisation technique. Il faut préférer une bonne tenue dans le fragment acromial au brochage parfait du fragment sternal.

Choix techniques

Choix de l'ostéosynthèse par broche plutôt que par plaque :

- voie d'abord moins large, intéressante dans une chirurgie à but esthétique ;
- déperiostage moins étendu ;
- matériel moins encombrant ;
- appréciation radiographique de la consolidation plus facile ;
- ablation de matériel simplifiée.

Choix du greffon iliaque

Ce greffon est cortico-spongieux donc solide, offrant une stabilité primaire et doté d'un potentiel ostéogénique important. Il se laisse facilement traverser par la broche. La prise de greffe a l'inconvénient d'être douloureuse.

Bibliographie

- [1] Cadilhac C, Fenoll B, Peretti A et al. Pseudarthrose congénitale de la clavicule : étude de 25 cas chez l'enfant. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2000 ; 86 (6) : 575-80.
- [2] Kohler R, Chappuis JP, Daudet M. Pseudarthrose congénitale de la clavicule. À propos de 7 observations. *Chir Pediatr* 1980 ; 21(3): 201-7.
- [3] Shnall SB, King JD, Marrero G. Congenital pseudarthrosis of the clavicle : a review of literature and surgical results of six cases. *J Pediatr Orthop* 1988 ; 8(3): 316-21.

CHAPITRE 8

Paralysies obstétricales du plexus brachial

G. DAUTEL

La paralysie dite « obstétricale » du plexus brachial reste une situation grave en raison de ses conséquences potentielles sur la fonction du membre supérieur. Son mécanisme et ses facteurs de risque sont connus, mais cette compréhension étiologique n'a pas suffi à la faire disparaître. Nous continuons à parler de manière courante de paralysie « obstétricale » alors que la littérature anglaise à de longue date adopté le terme de birth palsy, moins polémique. En effet, cette « paralysie plexuelle de la naissance » aboutit aujourd'hui de plus en plus souvent à une procédure cherchant à individualiser la responsabilité du ou des praticiens en charge de l'accouchement [1]. Dans le contexte de ces batailles d'experts, l'existence de cas authentifiés survenant après césarienne ou in utero revêt une importance particulière, même si ces cas restent exceptionnels. Les indications à une reconstruction chirurgicale primaire restent controversées, en particulier dans les formes proximales n'affectant que le territoire radiculaire proximal.

ANATOMIE

Origine radiculaire et distribution

(figure 8.1)

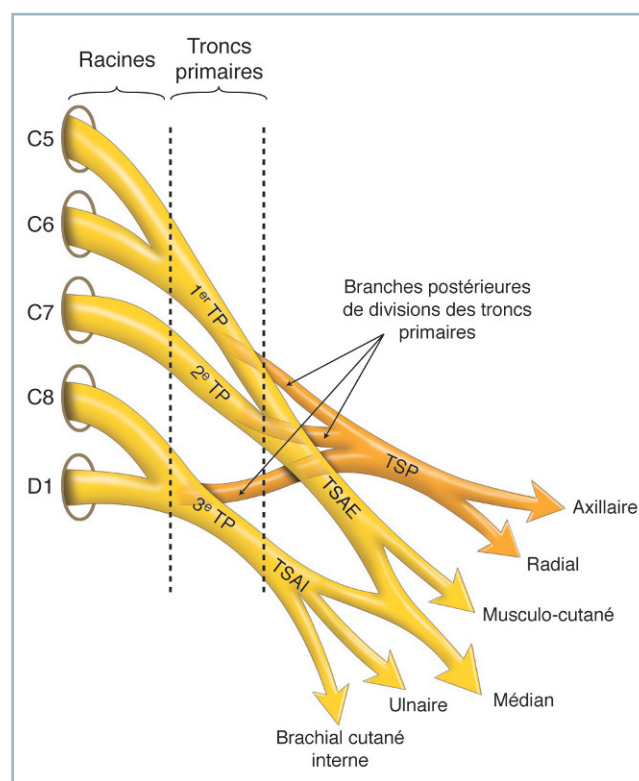
Le plexus brachial est formé par les branches terminales des racines C5, C6, C7, C8 et D1. C4 peut parfois participer à la formation du plexus brachial et on parle alors de plexus « préfixé ». La participation de D2 est également possible, exceptionnellement (plexus post-fixé). Les racines C5 et C6 confluent pour former le premier tronc primaire, C7 se poursuit en formant à elle seule le second tronc primaire, tandis que C8 et D1 fusionnent pour former le troisième tronc primaire. À son tour chacun des trois troncs primaires se divise pour donner une branche antérieure et postérieure. Les trois troncs postérieurs confluent pour former le tronc secondaire postérieur. Les branches antérieures de division des premier et deuxième troncs primaires forment le tronc secondaire antéro-externe tandis que la branche antérieure de division du troisième tronc primaire se prolonge en bas pour former le tronc secondaire antéro-interne. Tous les nerfs du membre supérieur naissent du plexus brachial sous forme de branches collatérales ou terminales.

Branches collatérales du plexus brachial

Le nerf supra-scapulaire (ou sus-scapulaire) est la première branche collatérale postérieure du premier tronc primaire. À ce titre il est toujours concerné dans ces paralysies d'origine obstétricale. Son atteinte est responsable de la paralysie de la rotation externe de l'épaule.

Le nerf du grand-dentelé est une branche collatérale très proximale, à partir de rameaux provenant des racines C5-C6 et C7. Son atteinte témoigne d'une lésion très proximale souvent synonyme d'avulsion radiculaire.

Les branches motrices pour les pectoraux : le nerf du grand pectoral est une branche du tronc secondaire antéro-externe



8.1 Origine radiculaire et distribution du plexus brachial. Il s'agit d'une vue gauche. Le tronc primaire supérieur est formé par la réunion des racines C5 et C6. Le tronc primaire moyen provient de la racine C7, et le tronc primaire inférieur est issu des racines C8 et D1. Chaque tronc primaire se divise ensuite en deux branches, antérieure et postérieure. La réunion des deux branches antérieures des troncs primaires supérieur et moyen forme le tronc secondaire antéro-externe (TSAE), alors que la branche antérieure du tronc primaire inférieur se continue directement par le tronc secondaire antéro-interne (TSAI). La réunion des trois branches postérieures des trois troncs primaires donne naissance au tronc secondaire postérieur (TSP). Les branches terminales du tronc secondaire postérieur sont les nerfs axillaire et radial. Le TSAI donne le nerf brachial cutané interne, le nerf cubital et la branche externe du nerf médian. Le TSAE donne le nerf musculo-cutané, et la branche interne du nerf médian.

tandis que le nerf du petit pectoral provient plutôt du tronc secondaire antéro-interne. Ces deux rameaux moteurs sont unis par une anse anastomotique dite « anse des pectoraux », croisant par en avant l'artère axillaire. Dans les paralysies proximales du plexus, l'existence de cette origine mixte (TSAE et TSAI) de l'innervation motrice des pectoraux explique que la fonction des pectoraux est toujours au moins partiellement préservée. L'antepulsion de l'épaule observée dans les premières semaines est pratiquement toujours l'expression clinique de cette activité du grand pectoral.

Les autres branches collatérales postérieures du plexus brachial sont les nerfs supérieur et inférieur du sous-scapulaire, le nerf du grand-dorsal et celui du grand rond, branches du tronc secondaire postérieur.

Branches terminales du plexus brachial

La *figure 8.1* illustre le mode de division terminale des branches du plexus brachial. Le nerf radial et le nerf axillaire sont des branches de division du tronc secondaire postérieur, le nerf ulnaire et le brachial cutané interne proviennent du tronc secondaire antéro-interne. Le nerf musculo-cutané est une branche de division terminale du tronc secondaire antéro-interne, tandis que le nerf médian provient conjointement des deux troncs secondaires (AI et AE), parce qu'il est convenu d'appeler une racine interne et une racine externe.

Topographie du plexus brachial

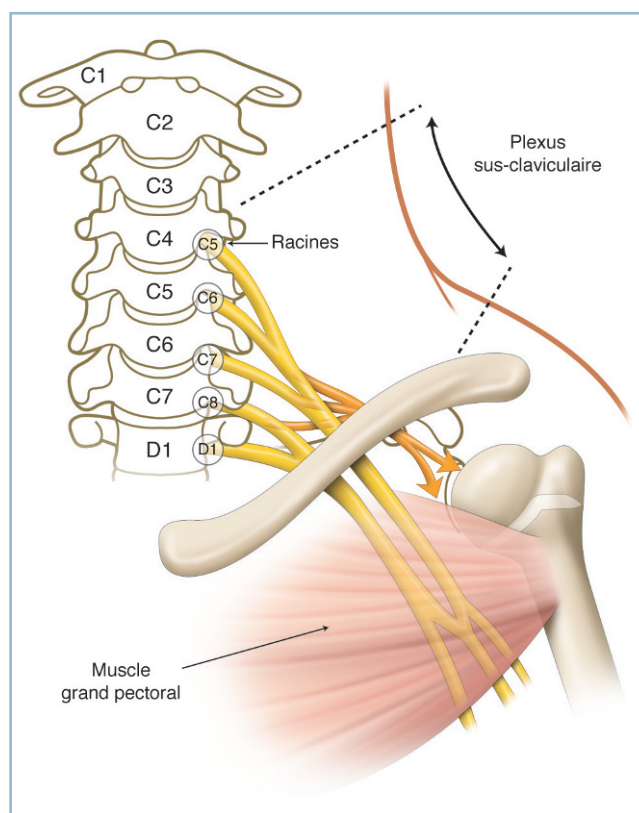
(figure 8.2)

Il est habituel de distinguer un plexus sus et sous-claviculaire. Cette distinction est d'importance puisque nous reverrons que selon l'étendue de l'atteinte, un abord sus-claviculaire exclusif ou trans et sous-claviculaire sera nécessaire. La portion radiculaire du plexus ainsi que les troncs primaires se projettent dans l'aire sus-claviculaire. Les troncs secondaires, l'origine des branches terminales appartiennent au segment sous-claviculaire du plexus. L'origine du nerf sus-scapulaire, élément clé à rechercher lors de la dissection se situe immédiatement en arrière de la clavicule. L'exposition et la dissection des racines basses nécessitent comme nous le reverrons un abord sous-claviculaire.

MÉCANISME DE L'ATTEINTE « OBSTÉTRICALE » DU PLEXUS BRACHIAL

Incidence, facteurs obstétricaux

L'incidence de la paralysie obstétricale reste stable (0,38 à 1,56 pour 1 000 naissances [2]). La très grande majorité



8.2 Rapports topographiques du plexus brachial avec les éléments squelettiques.

des paralysies obstétricales est retrouvée après l'accouchement en présentation céphalique de bébé de gros poids de naissance [3, 4]. La primiparité est un facteur favorisant. La notion d'un accouchement dystocique [5] et plus précisément d'un arrêt aux épaules [6] lors d'une présentation céphalique est retrouvée à l'interrogatoire, et les manœuvres d'extraction par traction sur la tête de l'enfant en hyperextension, avec usage d'une ventouse ou de forceps sont incriminées. Les antécédents de paralysie obstétricale lors d'une naissance précédente font également partie des facteurs de risques [7]. Il est enfin établi que l'accouchement par césarienne ne protège pas totalement de la survenue d'une atteinte du plexus [8]. Lors de ces manœuvres survient une tension dans l'axe du plexus, tension qui est à l'origine des lésions radiculaires. Selon l'intensité et l'orientation de cette tension les lésions sont d'intensité et de distribution variable sur les racines et il a pu être montré expérimentalement que l'atteinte des racines hautes précédaient toujours celle des racines basses [9]. On considère que l'obliquité plus importante des racines hautes (les racines basses sont pratiquement « horizontales », voire ascendantes pour T1) explique leur plus grande vulnérabilité à la traction.

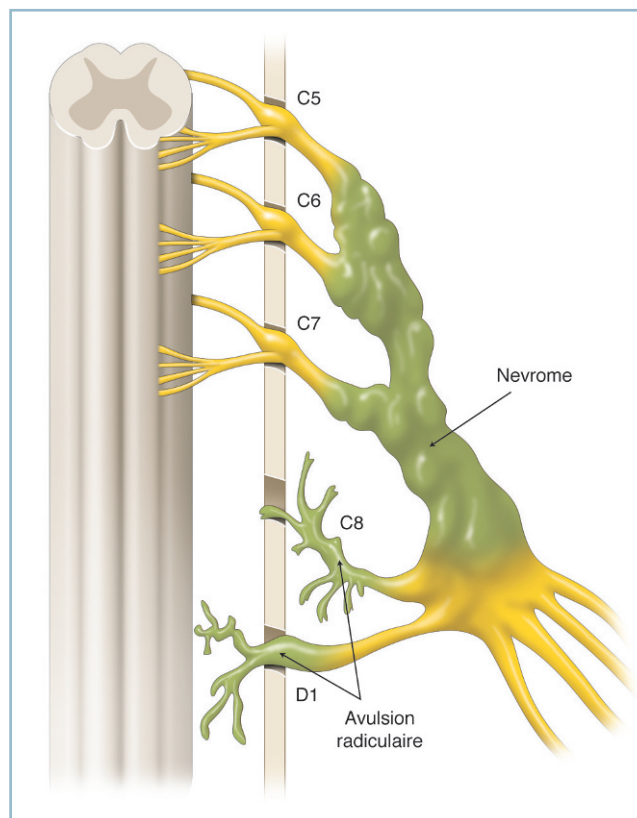
Nature des lésions

S'il est établi que la traction axiale est le mécanisme unique de déclenchement de ces paralysies obstétricales, les conséquences sur les structures nerveuses en sont variables. La classification de Seddon (1943) répertoriant ces lésions selon leur gravité reste toujours valable.

La *neurapraxie* est un trouble purement fonctionnel. L'intégrité de la racine est préservée, seules ses capacités à véhiculer l'influx nerveux sont altérées. Le pronostic de ces lésions est favorable, et par définition, la restitution *ad integrum* est la règle, dans un délai de six semaines. L'*axonotmesis* est une lésion affectant la continuité de la structure élémentaire du nerf périphérique qu'est le prolongement axonal. Cet axone est interrompu, mais les membranes basales sont respectées. Toute lésion de type axonotmesis déclenche une réponse de type repousse nerveuse, et la continuité des membranes basales est théoriquement le garant d'une réinnervation s'effectuant sans fausses routes ou erreurs d'aiguillage. Le pronostic est donc favorable, mais les délais de récupération sont longs, de 6 à 18 mois, étroitement corrélés à la distance à franchir entre le site lésionnel (la région du plexus brachial) et les effecteurs musculaires ou récepteurs sensitifs périphériques. Enfin, le *neurotmesis* est le degré ultime de ces lésions nerveuses, correspondant à une rupture complète de la racine ou du tronc nerveux concerné. La conséquence est la constitution d'un névrome, cicatrice nerveuse de nature fibreuse. La repousse est néanmoins possible à travers cet obstacle fibreux à la régénération qu'est le névrome. Cependant, cette repousse sera limitée quantitativement, car le névrome constitue un obstacle fibreux difficile à franchir, et qualitativement, car en l'absence du guide que représentaient les membranes basales, les erreurs d'aiguillage seront nombreuses. Les délais sont comme dans le cas précédent ceux d'une repousse nerveuse. Cette distinction pronostique entre trois stades de gravité est séduisante et logique mais il ne faut pas oublier que des lésions de gravité différentes peuvent coexister chez le même patient. Il est ainsi très fréquent de voir juxtaposées une racine en neurapraxie simple et les racines adjacentes, siège de lésions plus graves (axonotmesis ou neurotmesis). Il est même probable que de telles « mosaïques lésionnelles » peuvent coexister au sein d'une même racine, compliquant encore l'analyse pronostique.

Siège des lésions (figure 8.3)

Chaque racine émerge de la moelle épinière provenant de deux contingents radicellaires se réunissant avant de franchir le trou de conjugaison. C'est sur la racine postérieure que se trouve le ganglion rachidien. Les lésions consécutives à l'étirement peuvent se situer en un point quelconque de ce trajet, depuis l'origine radicellaire jusqu'à une zone concernant le trajet interscalénique des



8.3 Topographie des lésions plexiques observées chez l'enfant.

Il s'agit le plus souvent d'avulsion radiculaire au niveau de la moelle pour les racines inférieures (C8 et D1), soit sous forme bloquée dans le trou de conjugaison (D1), les radicelles n'étant pas visibles lors de la dissection, soit sous forme « libre » (C8), les radicelles apparaissant dans le défilé interscalénique à la dissection. La rupture siège en plein corps de la racine pour les racines supérieures (C5, C6 et C7), en situation extra-foraminale post-ganglionnaire.

racines ou les troncs primaires. On parle de lésion « pré-ganglionnaire » pour désigner celles qui se situent en amont du ganglion rachidien. Il s'agit alors de lésions d'avulsion où la racine (ses radicelles) est arrachée de leur zone d'implantation médullaire. Dans l'état actuel des pratiques techniques, ces lésions d'avulsion radiculaire ne peuvent faire l'objet d'aucune réparation chirurgicale directe. Les rares tentatives cliniques de réimplantation médullaire de racines avulsées qui ont été effectuées n'ont pas démontré l'efficacité du procédé. Compte tenu de cette limite technique, la détection de ces avulsions radiculaires revêt une importance certaine en préopératoire. Le recours à une myélo-IRM [10] ou à un myélo-scanner [11] est donc proposé à titre systématique en préopératoire par certains auteurs. Toutefois les arguments diagnostiques apportés par ces techniques d'imagerie ne sont pas encore formels. Les arguments de présomption cliniques en faveur d'une avulsion gardent donc toute leur valeur. Ainsi, la paralysie

d'un héli-diaphragme (nerf phrénique), du muscle grand dentelé (nerf du grand dentelé) ou du rhomboïde sont autant d'arguments en faveur d'une avulsion car l'origine des rameaux moteurs de ces nerfs est très proximale. À l'inverse, on parlera de lésion post-ganglionnaire pour désigner les lésions concernant les structures radiculaires au-delà du ganglion rachidien. Le cas le plus difficile du point de vue de la stratégie de réparation est représenté par les avulsions « intra-canalaires bloquées ». Dans ce type de situation une ou plusieurs racines sont arrachées de leur implantation médullaire mais elles restent bloquées à l'intérieur du canal médullaire, en amont du trou de conjugaison. Dans ce type de situation, l'exploration des racines dans le défilé interscalénique peut retrouver des structures d'aspect histologique normal. Seule l'électro-stimulation et la réalisation de potentiels évoqués per-opératoire permettront éventuellement d'affirmer le diagnostic.

PRÉSENTATION CLINIQUE

Le plus souvent la paralysie est reconnue dès la naissance devant un tableau consistant en une monoplégie flasque, présente après un accouchement difficile, dystocique. Deux tableaux cliniques peuvent être rencontrés :

La *paralysie haute* (figure 8.4) est une atteinte des racines proximales, C5-C6 ± C7. Dans cette forme la fonction de la main et des doigts est préservée, l'atteinte des extenseurs du poignet, des doigts et du coude étant variable selon la participation ou non de la racine C7. Le membre supérieur se présente en adduction de l'épaule, laquelle est animée uniquement de mouvement d'antépulsion sous l'action du grand pectoral dont l'innervation est préservée. Il n'y a aucun mouvement d'abduction vraie, aucune rotation externe active. Le coude se présente en position spontanée d'extension dans les formes préservant la racine C7 alors que sa posture est variable, parfois en légère flexion lorsque

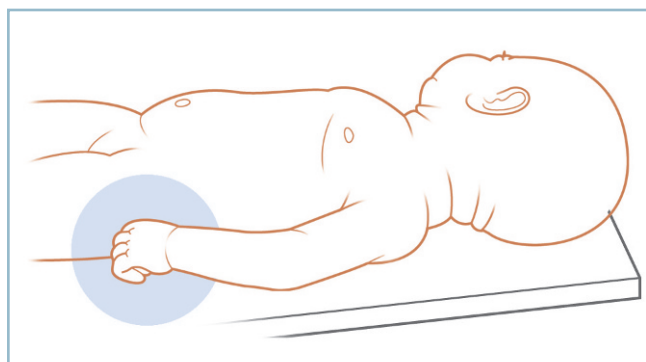
cette racine est aussi atteinte. La flexion active du coude est absente. L'avant-bras se situe habituellement en pronation, et il n'y a aucune supination active. La main et le poignet ont une fonction subnormale dans les formes épargnant la racine C7, alors que les extenseurs des doigts et du poignet sont déficitaires dans les formes comportant une atteinte de la racine C7.

La *paralysie complète* (figure 8.5) est encore plus facilement reconnue. Le membre supérieur est totalement inerte, flasque, le long du thorax, coude en extension. La main, l'avant-bras, le coude sont totalement paralysés, et il n'y a aucune réaction motrice à la douleur. L'épaule ne garde que quelques mouvements provenant de l'articulation scapulo-thoracique, sous l'action du trapèze. Dans ces formes complètes sont souvent observés des signes de la lignée « sympathique », sous forme de troubles vasomoteurs avec des téguments froids, marbrés. Dans ce même contexte on recherche aussi la présence d'un syndrome de Claude Bernard Horner associant myosis ptosis et enophtalmie, du côté de la paralysie, triade symptomatique péjorative, souvent associée aux lésions d'avulsion sur les racines basses.

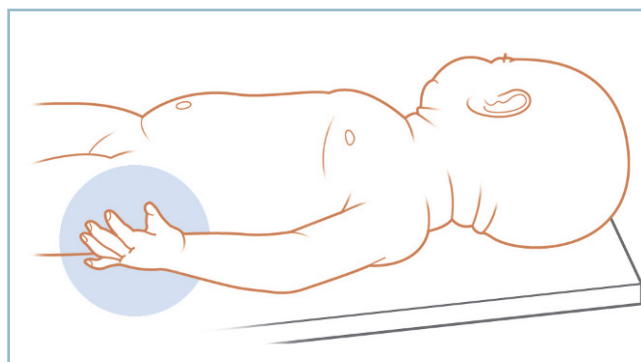
Lors de la prise en charge initiale de ces enfants, l'examen clinique doit être complet portant aussi sur la fonction du membre supérieur controlatéral et sur les membres inférieurs. Les cas bilatéraux de paralysie plexuelle existent mais sont exceptionnels. La pratique d'examen complémentaire à cette phase précoce de prise en charge est dans notre pratique inutile.

INDICATIONS OPÉRATOIRES

Toutes ces paralysies doivent faire l'objet d'une surveillance clinique régulière car c'est du résultat de ces examens répétés que dépend l'indication d'un geste chirurgical. Les critères essentiels décisionnels restent pour nous cliniques.



8.4 Aspect d'une paralysie plexique proximale, C5-C6, avec la main et les doigts en flexion, l'avant-bras en pronation, alors que l'épaule et le coude sont inertes.



8.5 Paralysie plexique complète, la totalité du membre supérieur étant flasque.

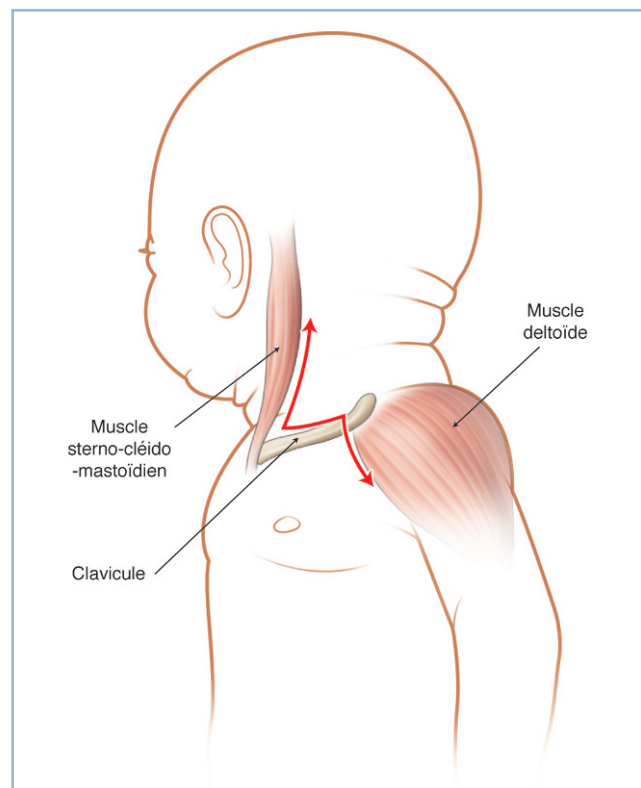
Dans les paralysies complètes, l'indication est assez facilement retenue dès les premières consultations car l'expérience accumulée par les différentes équipes est concordante sur ce point : Ces paralysies complètes évoluent de manière défavorable lorsqu'elles sont livrées à la récupération spontanée, le résultat final restant médiocre. Dans ces lésions complètes, la question est plus celle de la date opératoire et celle du bilan lésionnel pré-opératoire, permettant de fixer les grandes lignes de la stratégie. Nous restons fidèles à une date d'intervention relativement précoce car l'évolution au cours des premières semaines ou premiers mois n'apporte guère d'éléments pronostic supplémentaires. Les examens complémentaires se résument à la pratique d'une IRM diagnostique et d'un électromyogramme. Il s'agit d'avoir une idée de l'existence ou non d'avulsions radiculaires et de leur topographie avant l'exploration chirurgicale.

Dans les paralysies incomplètes proximales, l'indication fait encore l'objet de très nombreuses discussions. La question reste de savoir si la chirurgie primaire va apporter dans tous les cas un résultat fonctionnel sur l'épaule et le coude, supérieur à ce qu'aurait obtenu une évolution spontanée couplée secondairement à un programme de chirurgie palliative secondaire. Gilbert [12] a proposé de fixer au troisième mois la décision opératoire, arguant que les enfants dont la récupération débute au-delà de ce seuil auront un résultat fonctionnel médiocre, inférieur à celui obtenu par la chirurgie. Nous avons pour notre part reculé cette date limite, ayant observé à plusieurs reprises des évolutions favorables initiées plus tardivement. La décision est donc prise au-delà du quatrième mois, dans l'idéal avant le sixième mois. Les critères décisionnels restent avant tout cliniques, représentés par la récupération fonctionnelle sur le coude et l'épaule, la flexion du coude restant l'indicateur le plus fiable. Une revue rétrospective d'une série consécutive de 100 paralysies proximales C5-C6 $\pm$ C7 nous a montré que l'âge moyen au moment de la greffe était de 6,2 mois et qu'un quart des patients (24/100) subissaient un tel geste chirurgical primaire de greffe.

ABORD CHIRURGICAL DU PLEXUS

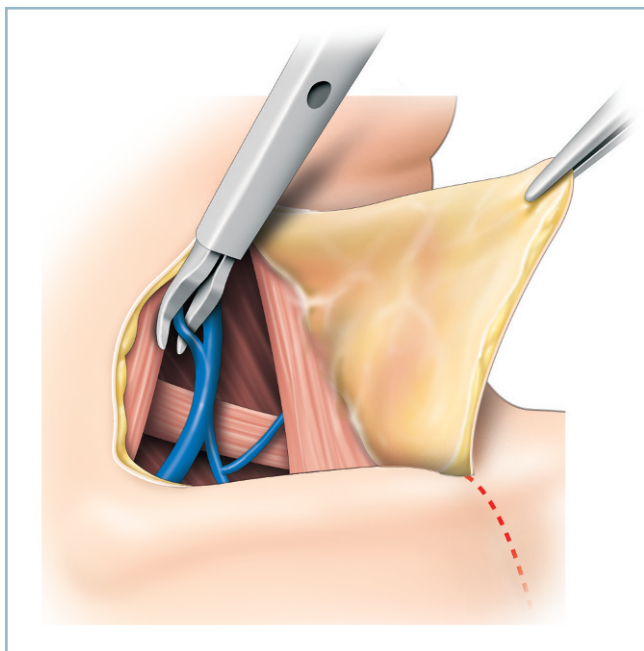
Installation (figure 8.6)

L'intervention est réalisée sous anesthésie générale chez un enfant installé en décubitus dorsal, un billot sous le massif des épaules pour placer le rachis cervical en position d'extension. La tête est orientée vers le côté opposé et fixée dans cette position par une simple bande adhésive. Tout le membre supérieur, la région axillaire et thoracique sont placés dans le champ opératoire. Les deux membres inférieurs sont aussi préparés à partir du genou avec un garrot pneumatique à hauteur de la cuisse, en vue du prélève-

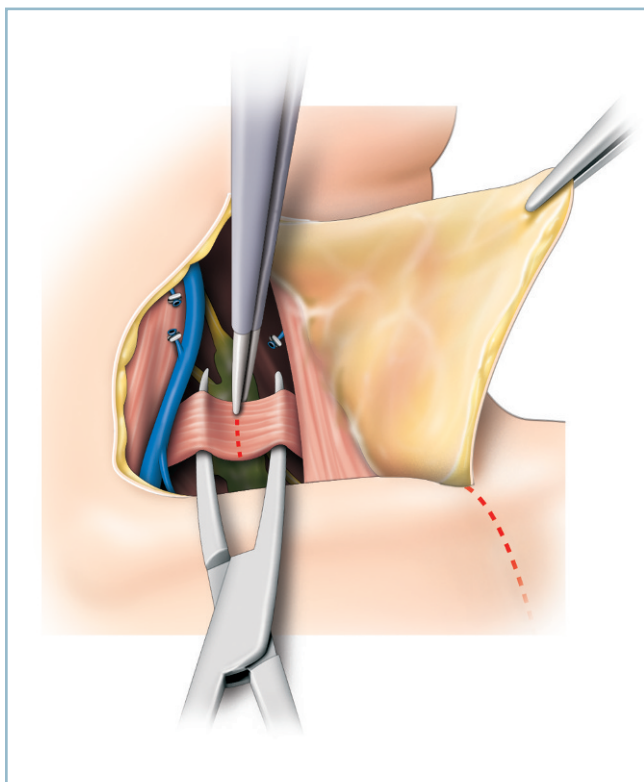


8.6 Installation pour un abord chirurgical du plexus brachial gauche sus et sous-claviculaire. La partie haute de l'incision suit le bord postérieur du muscle sterno-cléido-mastoïdien, la partie horizontale est située le long de la clavicule, et l'abord distal se fait dans le sillon delto-pectoral.

ment des greffes nerveuses. L'incision suit le bord postérieur du muscle sterno-cléido-mastoïdien, puis s'infléchit le long de la clavicule selon un trajet en L majuscule. Le lambeau triangulaire cutané est soulevé et récliné, la graisse sous cutané restant solidaire de ce lambeau et levée avec lui. Le muscle peaucier est incisé à son tour, mince lame musculaire souvent difficile à individualiser à cet âge. Sous le peaucier, visible par transparence chemine la veine jugulaire externe qui fait l'objet d'une excision après mise en place de clips d'hémostase (figure 8.7). On repère alors le bord postérieur du muscle sterno-cléido-mastoïdien qui est disséqué, chargé sur un écarteur de Faraboeuf. L'artère cervicale transverse superficielle chemine à ce niveau, barrant l'accès au défilé interscalénique. Elle est réséquée entre deux clips d'hémostase. Le muscle omohyoïdien devient visible à ce stade, et son corps charnu est disséqué, puis réséqué entre deux points de coagulation (figure 8.8). La dissection remonte alors en direction proximale, soulevant le bord postérieur du sterno-cléido-mastoïdien. La région contient de la graisse et quelques ganglions lymphatiques. La fibrose cicatricielle est parfois présente et gênante dès cette étape de la dissection. Cette fibrose rend parfois difficile l'individualisation du muscle scalène antérieur.



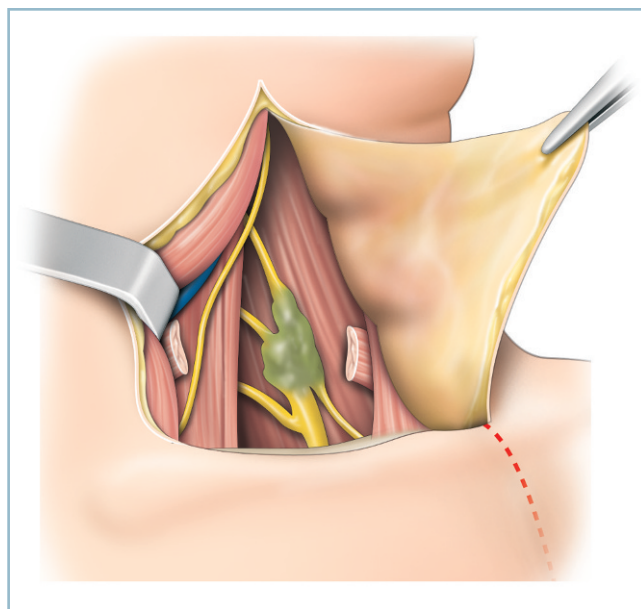
8.7 Plan sous-cutané après la levée du lambeau, dans la portion sus-claviculaire. Apparaissent la veine jugulaire externe, dont certaines branches doivent être liées, ainsi que le bord postérieur du muscle sterno-cléido-mastoïdien.



8.8 Repérage et section du muscle omo-hyoïdien, en arrière du muscle sterno-cléido-mastoïdien.

Repérage, dissection du point de triple convergence (scalène antérieur, phrénique, racine C5)

L'opérateur doit retrouver ensuite le point de triple convergence entre bord antérieur du scalène, le nerf phrénique et la racine C5 (*figure 8.9*). Ce repérage topographique est l'élément décisif permettant de « sécuriser » la suite de la dissection. Le nerf phrénique est ainsi retrouvé croisant de dehors en dedans le bord antérieur du muscle scalène antérieur. La stimulation per-opératoire permet de confirmer qu'il s'agit bien de lui, l'opérateur observant un mouvement de l'hémi-thorax, correspondant à la contraction de la coupole diaphragmatique. Ce nerf doit alors être disséqué sur une distance suffisante pour pouvoir être récliné. L'écarteur de l'aide saisit à cet effet conjointement le bord du scalène et le nerf phrénique. C'est à ce stade que la racine C5 est facilement retrouvée puisqu'elle émerge du défilé interscalénique exactement au niveau où le nerf phrénique croise le bord antérieur du scalène (point de triple convergence). Une fois cette racine retrouvée elle est mise sur lac après avoir été clivée du muscle scalène. Cette dissection est plus ou moins facile selon que le névrome remonte haut dans le défilé interscalénique. Pour



8.9 Repérage du muscle scalène antérieur, à la surface duquel se situe le nerf phrénique, qui peut être repéré par électro-stimulation. À la partie supérieure du nerf phrénique et dans un plan un peu plus profond, juste en arrière du muscle scalène antérieur se trouve la racine C5. Le névrome dû à la rupture radiculaire est ensuite visualisé. On distingue la racine C5 en haut, l'émergence des troncs en aval du névrome, et le départ du nerf supra-scapulaire.

les plus volumineux de ces névromes, il faut aller rechercher la racine en zone saine par une dissection poussée en proximal au sein du défilé interscalénique, en direction du trou de conjugaison.

Repérage des racines C6 et C7

(figure 8.9)

Une fois C5 retrouvé, il est en général simple de disséquer les deux racines suivantes si elles n'ont pas été avulsées. C6 est trouvée par une dissection du contenu du défilé interscalénique, un peu plus distale et médiane que C5, convergent avec C5 pour former le premier tronc primaire. On peut alors récliner en dehors l'ensemble de ce premier tronc primaire (le plus souvent entièrement remplacé par le névrome cicatriciel) pour aider à la découverte de la racine C7. Cette racine est à son tour repérée, plus bas dans le défilé interscalénique. Elle est nettement moins verticale que les deux racines précédentes.

Dissection du névrome

Dans les paralysies proximales le névrome occupe le plus souvent le défilé interscalénique, remontant plus ou moins haut sur les racines et s'étend en bas jusqu'en arrière de la clavicule, s'arrêtant le plus souvent à hauteur de l'émergence du nerf supra-scapulaire. La difficulté est de définir les limites précises de ce névrome et de le différencier d'un territoire radiculaire (en proximal) et tronculaire (en distal) sain. Les critères sont essentiellement macroscopiques, le névrome contrastant par sa consistance dure, son volume irrégulier et son caractère adhérent avec une structure nerveuse saine. Néanmoins définir les limites exactes de ce névrome reste un exercice difficile. Le recours à des recoupes séquentielles suivi de l'examen sous microscope de la tranche de section nerveuse après coloration au bleu de méthylène est parfois la seule solution pour affiner ce diagnostic topographique.

Épreuves de stimulation peropératoire

Nous utilisons un simple neurostimulateur à usage unique pour effectuer ce testing per-opératoire. Les données obtenues sont assez sommaires mais permettent cependant d'affiner le diagnostic lésionnel. Nous avons vu qu'il était d'abord utilisé pour le repérage du nerf phrénique. Les racines et troncs primaires, le nerf suprascapulaire sont à leur tour stimulés. Théoriquement une racine totalement rompue ne donne aucune réponse à l'électrostimulation directe. Cette affirmation est cependant à nuancer car les quelques fibres en cours de repousse à travers un névrome en continuité peuvent suffire à entraîner une réponse à la stimulation directe. Il faut ensuite tenir compte

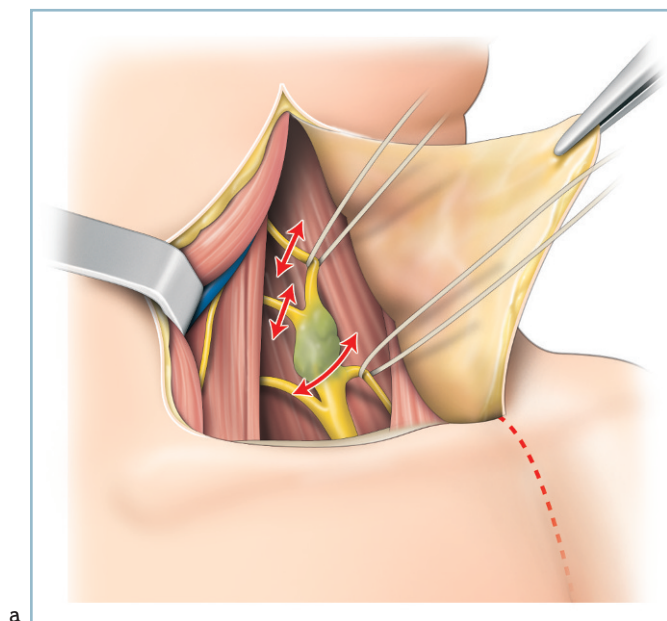
de la diffusion, y compris rétrograde des effets de cette stimulation. Ainsi une réponse dans le territoire du grand dentelé, traduite par une antépulsion de l'épaule est classique lorsque l'on stimule une racine C5 rompue. C'est même un argument *a contrario* pour juger de l'absence d'avulsion radiculaire.

Recoupe du névrome (figure 8.10a)

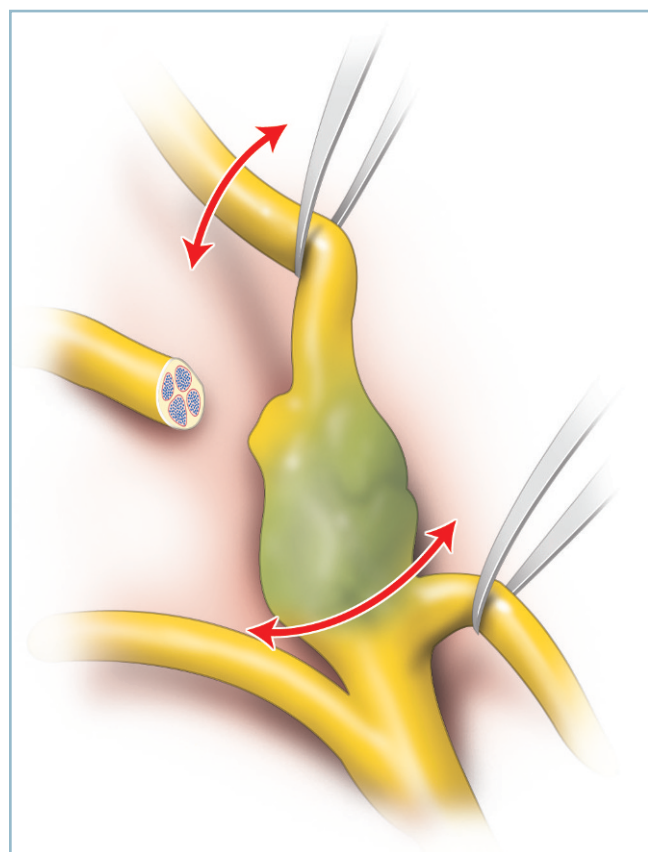
Cette recoupe s'effectue à l'aide d'une lame droite de bistouri. S'il existe un doute sur les limites exactes du névrome, il est sage de procéder de manière séquentielle en débutant en zone cicatricielle pour progresser ensuite par des coupes successives en direction de la zone saine. Cet artifice peut être utilisé aussi bien en proximal qu'en distal. La coloration au bleu de méthylène peut aider à identifier le relief des groupes fasciculaires et donc à juger si la coupe se situe en zone saine ou non (figure 8.10b). Il reste que cette évaluation reste bien grossière. De nombreuses tentatives ont été faites pour tenter d'affiner ce temps de recoupe en lui donnant des fondements plus « scientifiques ». Aucune de ces méthodes ne s'est cependant pour l'instant imposée dans la pratique quotidienne. Dans la situation la plus habituelle la recoupe proximale s'effectue à la sortie du défilé interscalénique ou au sein de celui-ci et porte sur chacune des racines concernées (C5-C6 ± C7). C'est l'examen des tranches de sections nerveuses qui définira si les trois racines sont utilisables ou si au contraire les greffes doivent utiliser électivement deux ou même une seule de ces racines. En distal le niveau de recoupe s'effectue en général sur une zone de trifurcation qui comporte les groupes fasciculaires destinés au nerf supra-scapulaire puis chacun des groupes correspondant aux branches antérieure (à destinée essentiellement médio-musculo cutanée) et postérieure (à destinée essentiellement pour le nerf axillaire) du premier tronc primaire. Cette zone de recoupe distale est souvent à l'aplomb voire en arrière de la clavicule.

Abord sous-claviculaire et ostéotomie de la clavicule

Dans tous les cas de paralysie complète, un abord trans et sous-claviculaire est nécessaire. Une des particularités de la paralysie obstétricale est l'absence de lésion isolée des racines basses. L'atteinte de C8 et D1 se rencontre donc exclusivement en association avec une lésion radiculaire proximale dans le cadre de ce qui est donc une paralysie complète. Dans ce type de situation, un abord sous-claviculaire et une ostéotomie de la clavicule sont nécessaires pour permettre une exploration complète. L'incision en L utilisée pour l'abord sus-claviculaire est prolongée d'une branche supplémentaire verticale le long du sillon deltopectoral (figure 8.6). Les insertions claviculaires du muscle



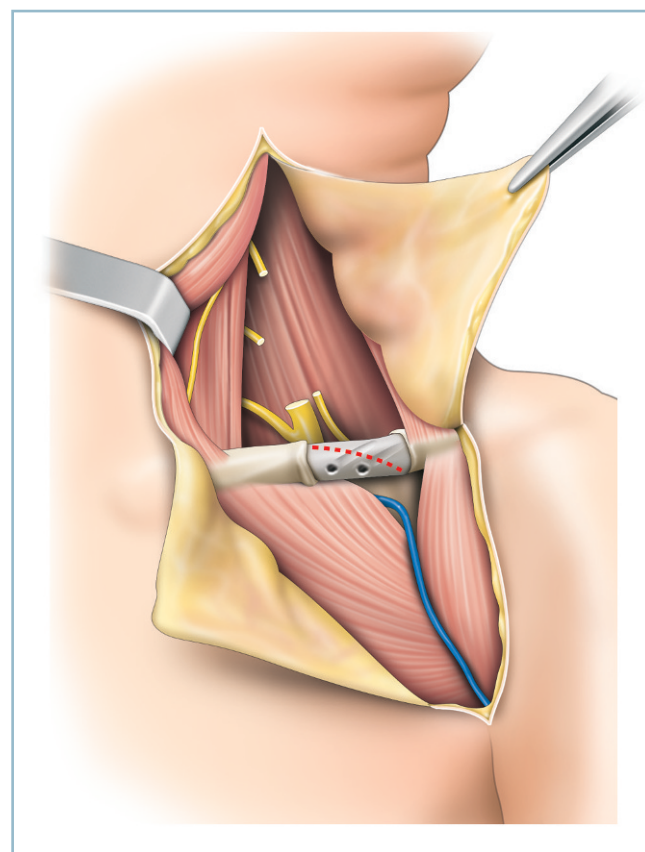
a



b

8.10 Recoupe proximale du névrome, au niveau des racines incluses dans le névrome, en l'occurrence C5 et C6. La recoupe distale se fait le plus souvent au niveau de l'émergence du nerf supra-scapulaire (a), après avoir identifié les contingents postérieur et antérieur du tronc primaire supérieur. On marque ensuite les tranches de section du névrome au bleu de méthylène de manière à repérer les différents fascicules qui seront greffés (b).

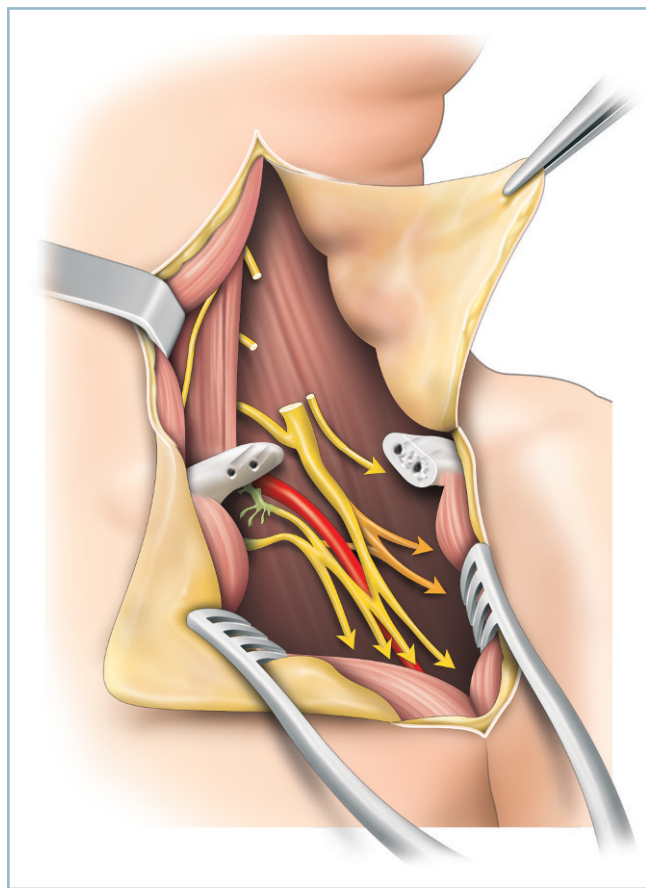
grand pectoral sont sectionnées et la clavicule est exposée en prenant soin de respecter le périoste. Ce feuillet périosté est incisé selon un trajet oblique puis ruginé. L'ostéosynthèse est préparée par la réalisation de deux trajets antéro-postérieur à la mèche, destinés à permettre le passage de deux cerclages au fil d'acier. Une fois ces perforations réalisées, l'ostéotomie de la clavicule elle-même est réalisée, à la scie oscillante, selon un long biseau oblique, planifiée de telle façon que le biseau passe « à travers » ces deux trous de mèche (figure 8.11). Une fois cette ostéotomie réalisée, et après avoir sectionné aux ciseaux mousses quelques fibres résiduelles du muscle sous clavier, il devient possible d'écarter les deux fragments de la clavicule, en jouant sur la mobilité des articulations sterno-calviculaire et acromio-claviculaire. Un écarteur autostatique est mis en place, prenant appui sur chacun des deux fragments claviculaires.



8.11 Préparation de l'ostéotomie claviculaire, de façon à pouvoir exposer les troncs secondaires qui sont sous-claviculaires. On réalise deux trous au niveau de la future ostéotomie de manière à pouvoir effectuer une ostéo-suture ensuite. L'ostéotomie est oblique par rapport à l'axe de l'os, afin d'avoir une plus grande surface de contact. Les trous de synthèse sont perpendiculaires au trait d'ostéotomie.

Abord delto-pectoral

La ligne d'incision suit le creux du sillon delto-pectoral, qui est ouvert. La veine céphalique est repérée, réclinée dans la berge médiale de l'incision. On écarte alors le grand pectoral du deltoïde. Cette exposition nécessite d'inciser les insertions claviculaires du muscle grand pectoral (*figure 8.12*). Il n'est en revanche pas nécessaire habituellement de sectionner le tendon d'insertion terminal huméral du grand pectoral. Une fois cet espace ouvert, il devient plus facile d'exposer les racines distales C8 et D1. Cette exposition nécessite d'aller sectionner l'insertion basse du muscle scalène antérieur si l'on veut pouvoir la poursuivre en proximal vers le trou de conjugaison. Il est recommandé d'isoler sur lac au préalable l'artère sous-clavière pour la protéger. L'opérateur doit enfin garder à l'esprit la proximité du dôme pleural. La racine C8 a une disposition transversale, horizontale tandis que D1, semble souvent légèrement ascendante pour venir franchir le relief de la première côte avant de s'engager dans le défilé costo-



8.12 Dégagement de la partie sous-claviculaire du plexus, avec la division en troncs secondaires. L'abord de la partie sous-claviculaire permet aussi de dégager les racines distales, C8 et D1.

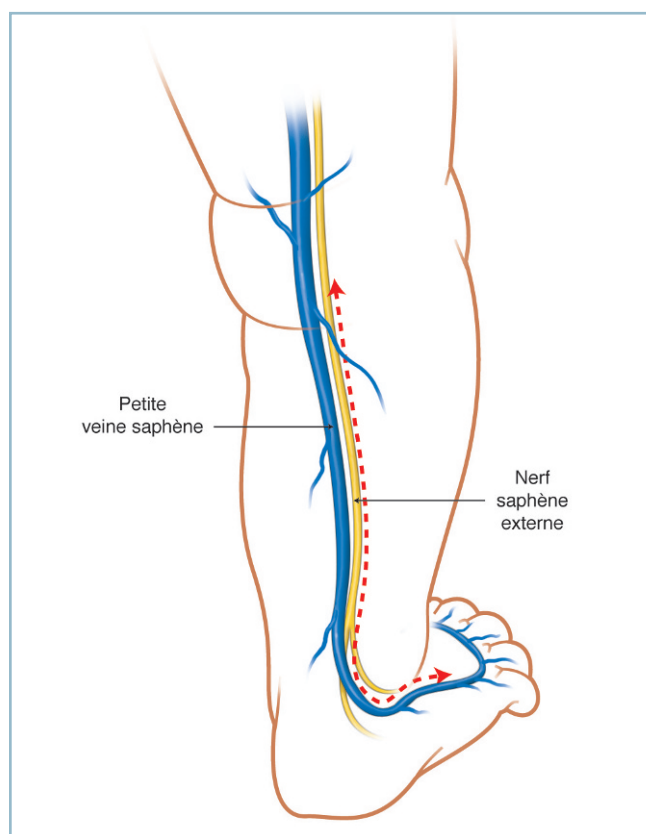
claviculaire. Le même abord peut aussi servir pour la dissection des troncs secondaires et des branches terminales du plexus brachial si nécessaire. Il faudra alors parfois réaliser la désinsertion du petit pectoral de l'apophyse coracoïde pour permettre un abord exhaustif.

Dissection distale et recoupe du névrome dans les paralysies totales

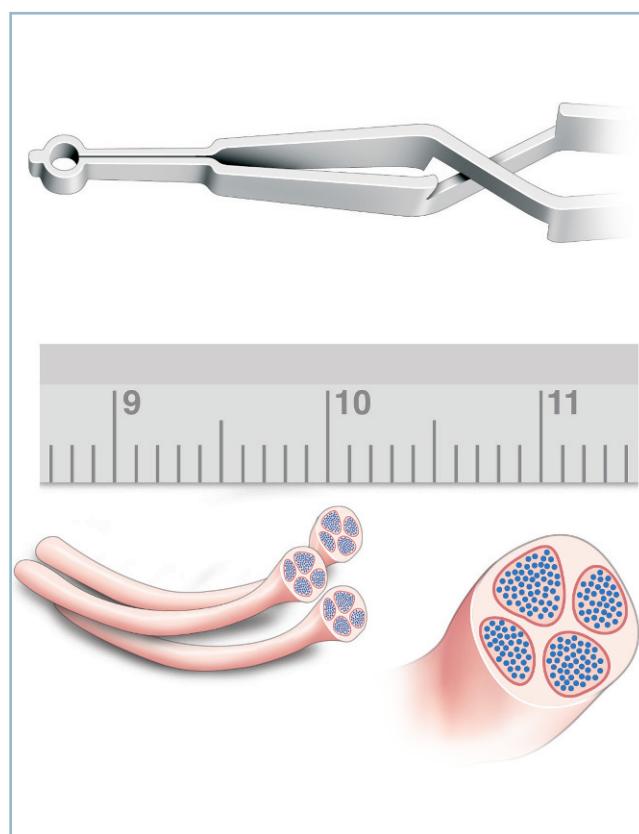
Nous avons vu que la recoupe du névrome s'effectuait à un niveau assez stéréotypé dans les paralysies radiculaires proximales. En cas d'atteinte complète, portant sur tous les étages radiculaires, le névrome englobe l'ensemble du plexus et se poursuit en rétro et sous claviculaire. Il faut alors rechercher la zone saine de recoupe à hauteur des troncs secondaires du plexus. Le tronc secondaire antéro-externe, antéro-interne et le tronc secondaire postérieur sont donc disséqués et isolés sur lacs en vue de cette recoupe.

Prélèvement et préparation des greffes nerveuses

Le greffon habituel pour ces réparations reste le nerf saphène externe. Son prélèvement s'effectue par une longue incision sur le trajet du nerf, débutant en sous-maléolaire externe et remontant jusqu'à la ligne médiane du creux poplité (*figure 8.13*). Nous avons pratiqué puis abandonné l'usage d'incisions discontinues longitudinales ou transversales échelonnées sur le trajet du nerf telles qu'elles sont pratiquées chez l'adulte dans la chirurgie du plexus brachial. Chez un patient de moins de six mois, l'épaisseur du pannicule adipeux sous cutané et la brièveté relative du segment jambier rend cet exercice de prélèvement par des incisions discontinues difficile et risqué car il nécessite souvent des tractions répétées dans l'axe du nerf pour parvenir à l'extraire d'une incision à l'autre. La rançon cicatricielle du prélèvement doit donc être mentionnée aux parents dès les consultations pré-opératoires. La préparation des greffons s'effectue ensuite selon la technique du montage « en câble ». Trois à quatre torons de nerf saphène externe sont regroupés en un câble dont les extrémités sont solidarisées par un joint périphérique de colle biologique. Le câble ainsi formé est ensuite recoupé en utilisant l'instrumentation dédiée de pinces-guillotine de Victor Meyer. On vérifie par une coloration au bleu de méthylène que le relief fasciculaire est bien visible dans la tranche de section obtenue après recoupe. La longueur du câble à préparer dépend du repérage qui a été effectué sur le site du plexus, s'échelonnant le plus souvent entre deux et quatre centimètres (*figure 8.14*). Le calcul de la longueur optimale doit s'effectuer dans la position d'installation de l'enfant sur la



8.13 Prélèvement du nerf saphène externe à la face postéro-externe de la jambe. Une longue incision continue est utilisée. Elle débute dans la région médiane postérieure à hauteur du creux poplité puis descend le long du mollet pour se latéraliser progressivement en se terminant à hauteur de la région rétro-malléolaire externe.



8.14 Agencement des torons longitudinaux du nerf saphène externe, chaque extrémité étant repérée au bleu de méthylène de manière à visualiser les fascicules. Cela permet ainsi d'envisager une suture fasciculaire avec les racines concernées. Les greffons sont calibrés et recoupés à l'aide d'un coupe-nerf, et les torons sont unifiés à l'aide d'une colle biologique. Le nombre et la longueur des greffons dépendent de la perte de substance à greffer pour chaque racine.

table, soit en conservant la déflexion latérale et en extension de la tête et l'abaissement du moignon de l'épaule. Ainsi effectuées dans la position de déploiement maximal, on évitera le risque de tensions axiales sur les greffons lors de la phase de réveil ou durant la période d'immobilisation post-opératoire.

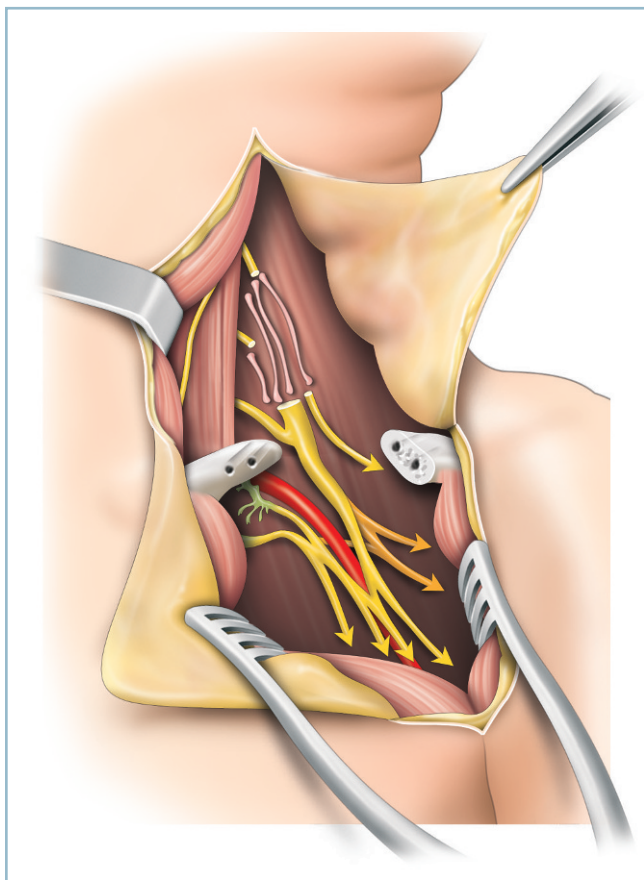
Fixation *in situ* des greffes

Il n'y a aucune règle formelle quant à l'ordre dans lequel les réparations doivent être effectuées. Nous recommandons simplement de réaliser d'abord les sutures les plus difficiles d'accès, correspondant en général aux racines distales. Chaque greffe est fixée en place par trois ou quatre points « équatoriaux » de fils de microsuture (calibre 9/0). Il faut veiller lors du passage de chacun de ces points dans le greffon nerveux à prendre appui à travers le joint de colle biologique directement sur l'épinèvre du groupe fas-

ciculaire sous-jacent. Ceci permet une fixation solide et offre une garantie supplémentaire sur l'affrontement. De la même manière le passage du fil en proximal dans la racine à réparer doit être de type « épi-périneural », prenant appui sur l'épinèvre et sur le périnèvre du groupe fasciculaire sous-jacent (*figure 8.15*). Une fois l'affrontement correct obtenu par ces points de suture, l'étanchéité épineurale est rétablie par un joint de colle de fibrine circonférentiel.

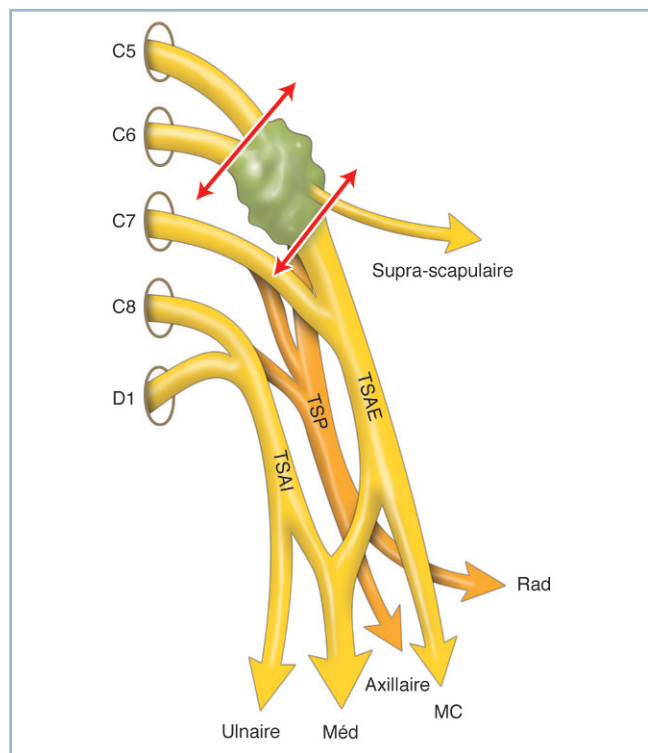
Montages réalisés

Les montages réalisés sont très variables selon la nature exacte des lésions telle qu'elle est estimée en per-opératoire. Les montages présentés par les *figures 8.16 à 18.20* ne représentent que les situations les plus fréquentes. Dans les atteintes C5-C6, l'étendue du névrome est en général assez limitée et la réalisation de greffes courtes est possible, branchées entre les racines existantes (C5 et C6) et les branches

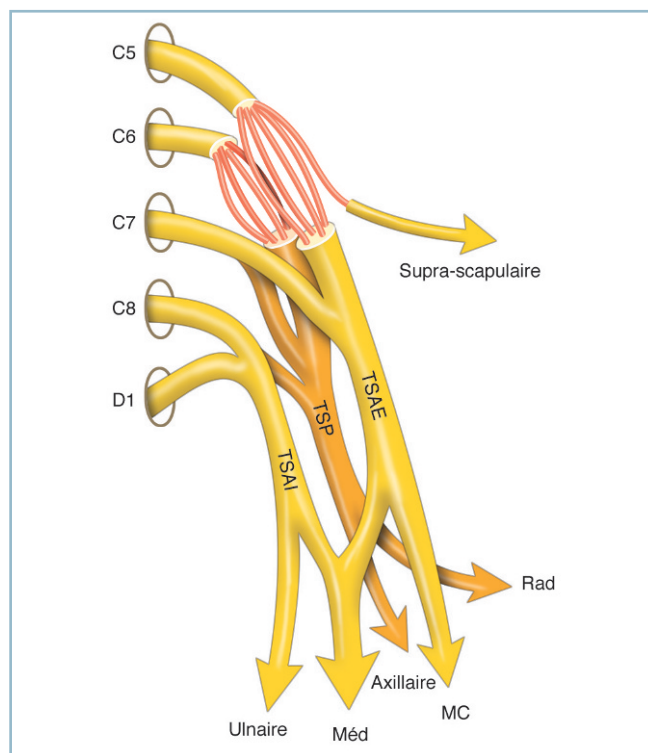


8.15 Mise en place des greffons au niveau des racines à greffer à la partie proximale du plexus, et distalement au niveau des branches de bifurcation des troncs primaires quand cela est possible.

antérieure et postérieure de division du premier tronc primaire (figure 8.16). Un toron est réservé électivement au nerf sus-scapulaire. Dans les atteintes triradiculaires impliquant aussi la racine C7, la recoupe distale se fait en général plus bas, derrière la clavicule, sur le tronc secondaire antéro-externe et le tronc secondaire postérieur (figure 8.17 et 8.18). Dans les atteintes complètes, l'exploration retrouve habituellement une combinaison de ruptures et d'avulsions radiculaires, la situation la plus fréquente étant représentée par une avulsion des racines C8-D1 et une rupture des racines proximales C5-C6 et C7. Lorsque trois racines sont ainsi disponibles pour des greffes il est logique de les distribuer sur l'ensemble des troncs secondaires du plexus (figure 8.19). Les plus grandes difficultés sont rencontrées lorsque seulement une ou deux racines sont greffables, les autres étant manifestement arrachées de leur implantation médullaire. Dans ce type de situation, la stratégie est différente de celle utilisée chez l'adulte, puisque le schéma de reconstruction va privilégier la réalisation de greffes directes pour la fonction de la main à partir de la ou des

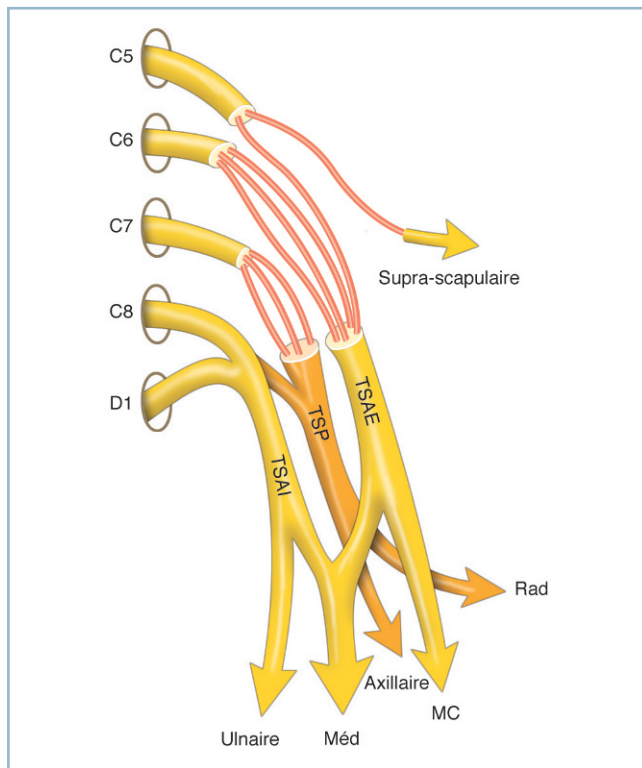


a

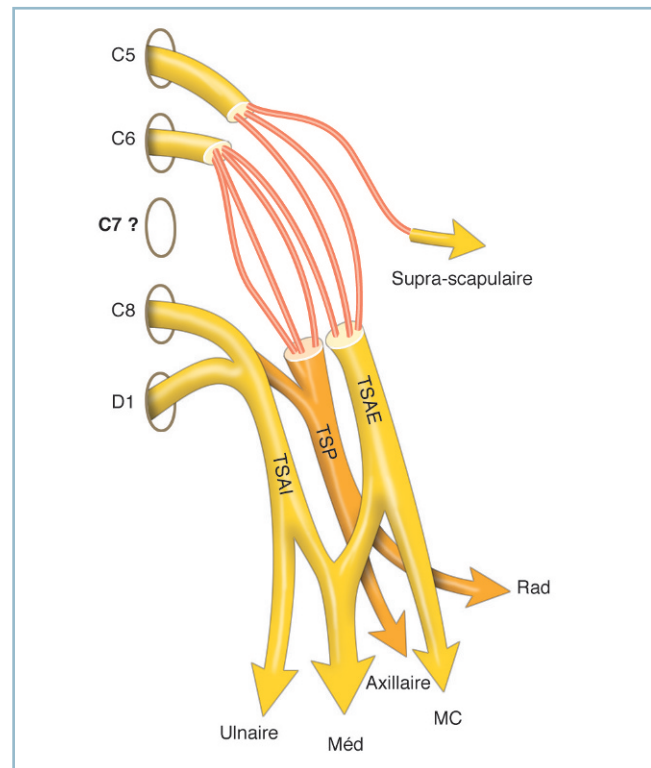


b

8.16 Stratégie de réparation plexique lorsque deux racines sont rompues et que l'état local les rend greffables (a) : les torons sont directement situés entre les racines C5 et C6 pour aller sur les branches antérieure et postérieure de division du premier tronc primaire. On garde un toron à partir de C5 pour aller réinnervier le nerf supra-scapulaire afin de réanimer les rotateurs externes de l'épaule (b).



8.17 Réparation plexique en cas d'atteinte tri-radicaire, alors que les trois racines sont greffables. Le tronc secondaire antéro-externe est réparé à partir de C5 et C6, et le tronc postérieur est réinnervé à partir de C7, tout en gardant un toron pour le nerf supra-scapulaire à partir de C5.

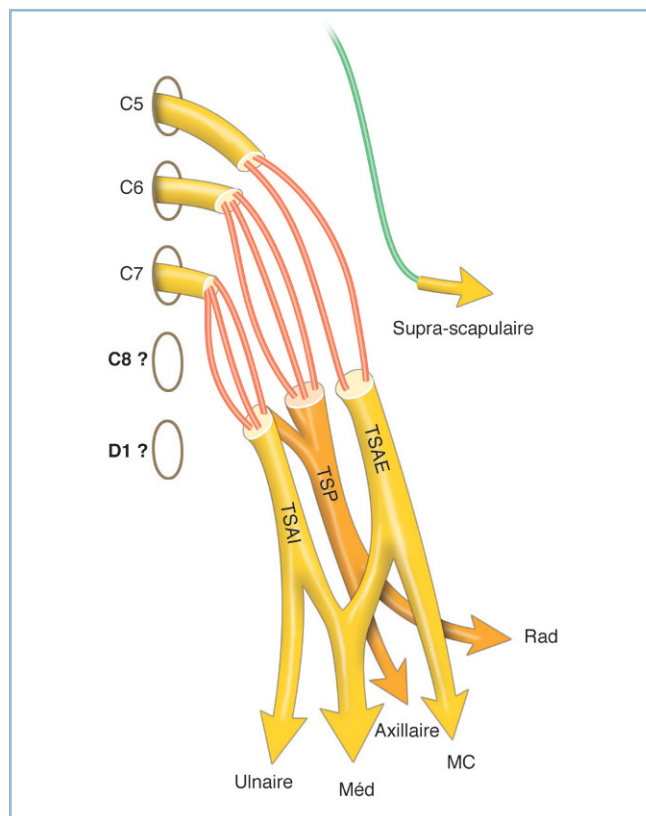


8.18 En cas d'atteinte de trois racines, mais lorsque seules les deux racines proximales sont greffables (C7 avulsée), on greffe C5 sur le tronc secondaire antéro-externe et le nerf supra-scapulaire, et C6 sur le tronc secondaire postérieur.

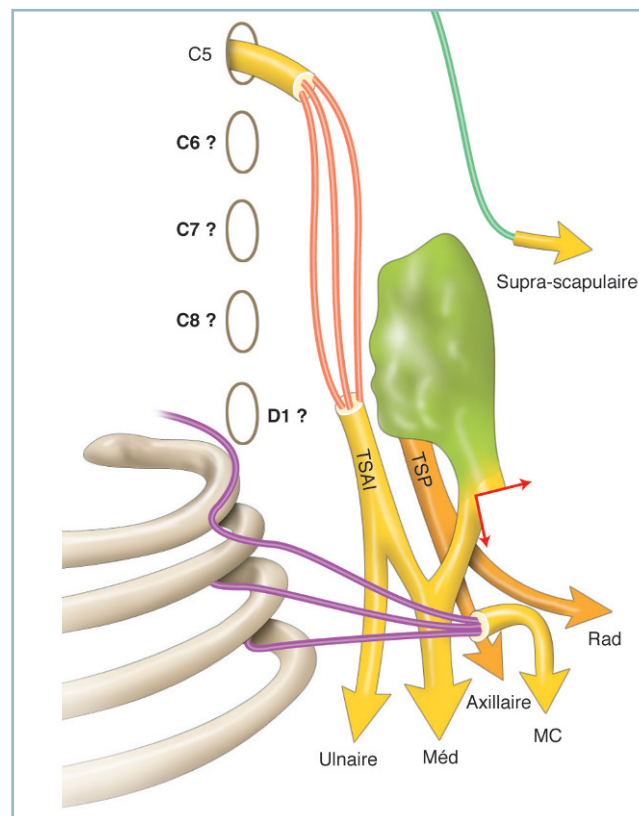
racines existantes. Ce choix défendu par Gilbert [13] et Sloof [14, 15] tient compte des capacités supérieures de l'enfant en matière de réinnervation. Ces auteurs considèrent que la restitution d'une fonction proximale du membre supérieur (épaule et coude) n'a que peu d'intérêt fonctionnel réel si la main reste inerte. Lorsqu'une seule racine est disponible, cette stratégie impose de faire appel à d'autres techniques pour la réanimation du coude et de l'épaule. La fonction de l'épaule est confiée à une neurotisation du nerf sus-scapulaire par le spinal, tandis que le tronc secondaire antéro-externe peut être neurotisé par les nerfs intercostaux (*figure 8.20*). D'autres stratégies de reconstruction existent, plus marginales dans leurs indications. L'utilisation d'une neurotisation du nerf du biceps par des fascicules du nerf cubital selon la technique d'Oberlin [16] est possible dans les rares cas où une excellente fonction de l'épaule a été obtenue par la récupération spontanée avec une absence totale de flexion active du coude. Le calcul est alors de restaurer la flexion active du coude sans régresser sur le score de mobilité de l'épaule.

Fermeture, pansement, immobilisation

Si la clavicule a été ostéotomisée, elle est réparée par la mise en place de deux cerclages au fil d'acier, le petit pectoral est réinséré le cas échéant sur l'apophyse coracoïde par des points en U d'un fil résorbable. Le sillon delto-pectoral est refermé par quelques points musculaires puis à l'étage cervical, le peaucier est à son tour suturé. Un sur-jet intradermique cutané assure la fermeture de la peau. Aucun drainage n'est habituellement utilisé, la fermeture devant s'effectuer après une hémostase parfaite utilisant la coagulation bipolaire. L'enfant est alors immobilisé dans une coquille sur mesure confectionnée la veille de l'intervention en matériau thermoformable. Cet appareil fixe la tête, le massif des épaules et le membre supérieur du côté opéré (*figure 8.21*). Ce moyen de contention a avantageusement remplacé les coquilles plâtrées faites « artisanalement » sur un enfant endormi en per-opératoire. Le membre supérieur est fixé coude au corps, mais dans une position de rotation externe passive optimale (et non plus dans la position antérieurement utilisée, main sur le ventre



8.19 Lorsqu'il existe une atteinte plexique complète, C8 et D1 sont généralement avulsées. Dans ces conditions, on greffe C5 sur le tronc secondaire antéro-externe, C6 sur le tronc secondaire postérieur et C7 sur le tronc secondaire antéro-interne. Le nerf supra-scapulaire est habituellement réinnervé par une neurotisation, le plus souvent à l'aide de la branche externe du nerf spinal.



8.20 Lorsqu'une seule racine est greffable, celle-ci est mise sur le tronc secondaire antéro-interne afin de privilégier une partie du nerf médian et le nerf ulnaire (fonction de la main), pendant que le nerf musculo-cutané est neurotisé à l'aide des nerfs intercostaux. Le nerf supra-scapulaire est réinnervé par neurotisation par la branche externe du nerf spinal.

en rotation interne de l'épaule). L'objectif est d'anticiper sur le risque d'enraidissement en rotation interne, presque systématiquement présent dans les paralysies radiculaires proximales. La main et les doigts peuvent rester libres et pourront ainsi faire l'objet d'un programme de mobilisation immédiate si nécessaire.

SUITES POST-OPÉRATOIRES

La coquille d'immobilisation va rester en place pour une durée de trois semaines. Durant cette période, seuls les soins quotidiens de nursing imposent une sortie de cette coquille, de courte durée et avec toujours la précaution d'une immobilisation passive de la tête et du bras par une tierce personne durant la durée des soins. À trois semaines, le programme de rééducation peut reprendre, identique au protocole préopératoire.

Pièges à éviter

- Chercher à disséquer au sein du névrome est inutile. Mieux vaut d'emblée exposer les structures nerveuses en zone saine, en amont et en aval de la lésion.
- S'acharner à vouloir tout régler par un abord sus-claviculaire exclusif alors que d'évidence le névrome s'étend derrière la clavicule.
- Greffer sans être sûr de la qualité d'une racine à la recoupe : une greffe en zone névromateuse est vouée à l'échec.
- Réaliser des greffes trop courtes en voulant « économiser » les greffons. Trop courtes et sous tensions les greffes sont soumises à un risque de rupture post-opératoire important.



8.21 Attelle thermoformée permettant d'immobiliser le membre supérieur et le cou après les greffes nerveuses, évitant ainsi tout mouvement parasite pendant la période de cicatrisation. Le membre opéré est en légère abduction et rotation externe, et l'attelle empêche les mouvements de rotation de la tête afin d'éviter tout étirement sur les sutures nerveuses.

RÉSULTATS

La pratique a validé l'utilisation de scores pour l'évaluation des résultats fonctionnels de cette chirurgie de la paralysie obstétricale. Le score de Mallet [17] et celui de Birch [18] portant sur la fonction du coude et de l'épaule restent utilisés. La revue rétrospective de cette série de 100 paralysies obstétricales proximales nous a confortés dans l'idée que cette chirurgie primaire, couplée aux possibilités actuelles de la chirurgie secondaire permettait l'obtention de bons résultats dans la majorité des cas [19]. Dans ces lésions proximales, nous avons toujours retrouvé au moins une racine greffable, l'intervention étant réalisée à un âge moyen de six mois. Dans 80 % de ces cas de lésions proximales opérés, une bonne fonction de l'épaule avec un score de Mallet supérieur ou égal à 3 a été obtenu. Néanmoins ce résultat a été obtenu au prix, dans 37 % des cas, d'un geste palliatif secondaire pour la fonction de l'épaule (le

plus souvent orienté vers la restitution de la rotation externe). Dans ce même groupe des greffes pour lésions proximales C5-C7 la récupération de la fonction du coude a été bonne dans la grande majorité des cas (64 % de score de Birch supérieur ou égal à 4) et le plus souvent sans qu'aucun geste secondaire ne soit nécessaire. Concernant la fonction de la main, notre bilan est plus nuancé. Dans les paralysies complètes, le choix de toujours chercher à réinnervier la main à partir d'une ou plusieurs greffes, même s'il faut recourir pour cela à des neurotisations extra-plexuelles pour l'épaule et/ou le coude nous semble défendable. Cette stratégie propre à l'enfant permet d'obtenir une fonction qui reste toutefois modeste avec un enroulement digital global et une pince pollici-digitale rudimentaire.

Bibliographie

- [1] Jakobovits A. Medico-legal aspects of brachial plexus injury : the obstetrician's point of view. *Med Law* 1996 ; 15-1 : 175-82.
- [2] Kay SP. Obstetrical brachial palsy. *Br J Plast Surg* 1998 ; 51-1 : 43-50.
- [3] Boyd ME, Usher RH, McLean FH. Fetal macrosomia : prediction, risks, proposed management. *Obstet Gynecol* 1983 ; 61-6 : 715-22.
- [4] McFarland LV, Raskin M, Daling JR, Benedetti TJ. Erb/Duchenne's palsy : a consequence of fetal macrosomia and method of delivery. *Obstet Gynecol* 1986 ; 68-6 : 784-8.
- [5] Ubachs JM, Slooff AC, Peeters LL. Obstetric antecedents of surgically treated obstetric brachial plexus injuries. *Br J Obstet Gynaecol* 1995 ; 102-10 : 813-7.
- [6] Spong CY, Beall M, Rodrigues D, Ross MG. An objective definition of shoulder dystocia : prolonged head-to-body delivery intervals and/or the use of ancillary obstetric maneuvers. *Obstet Gynecol* 1995 ; 86-3 : 433-6.
- [7] al-Qattan MM, al-Kharfy TM. Obstetric brachial plexus injury in subsequent deliveries. *Ann Plast Surg* 1996 ; 37-5 : 545-8.
- [8] al-Qattan MM, el-Sayed AA, al-Kharfy TM, al-Jurayyan NA. Obstetrical brachial plexus injury in newborn babies delivered by caesarean section. *J Hand Surg Br* 1996 ; 21-2 : 263-5.
- [9] Metaizeau JP, Gayet C, Plenat F. Brachial plexus birth injuries. An experimental study (author's transl). *Chir Pediatr* 1979 ; 20-3 : 159-63.
- [10] Urabe F, Matsuishi T, Kojima K et al. MR imaging of birth brachial palsy in a two-month-old infant. *Brain Dev* 1991 ; 13-2 : 130-1.
- [11] Walker AT, Chaloupka JC, de Lotbiniere AC et al. Detection of nerve rootlet avulsion on CT myelography in patients with birth palsy and brachial plexus injury after trauma. *AJR Am J Roentgenol* 1996 ; 167-5 : 1283-7.

- [12] Gilbert A, Tassin JL. Surgical repair of the brachial plexus in obstetric paralysis. *Chirurgie* 1984 ; 110-1 : 70-5.
- [13] Gilbert A. Long-term evaluation of brachial plexus surgery in obstetrical palsy. *Hand Clin* 1995 ; 11-4 : 583-94 ; discussion 94-5.
- [14] Slooff AC. Obstetric brachial plexus lesions and their neurosurgical treatment. *Microsurgery* 1995 ; 16-1 : 30-4.
- [15] Slooff AC. Obstetric brachial plexus lesions and their neurosurgical treatment. *Clin Neurol Neurosurg* 1993 ; 95 Suppl : S73-7.
- [16] Oberlin C, Beal D, Leechavengvongs S et al. Nerve transfer to biceps muscle using a part of ulnar nerve for C5-C6 avulsion of the brachial plexus : anatomical study and report of four cases. *J Hand Surg Am* 1994 ; 19-2 : 232-7.
- [17] Mallet J. Paralysie obstétricale du plexus brachial. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1972 ; 58 : Suppl 1 : 115-204.
- [18] Birch R. Birth lesions of the brachial plexus. In Birch R, Bonney G, CB W, eds. *Surgical disorders of the peripheral nerves*. Edinburgh, Churchill Livingstone, 1998 : 209-34.
- [19] Dautel G. Résultats du traitement chirurgical dans les paralysies obstétricales du plexus brachial de topographie C5-C6-C7. Table ronde de la Société française de chirurgie orthopédique et traumatologique, sous la direction de C. Romana. Paris, 5 novembre 2007.

Libération du muscle sub-scapulaire et transfert du muscle grand dorsal dans les séquelles de paralysie plexique obstétricale

M.-C. ROMANA, S. VALBUENA

Parmi les séquelles de paralysie obstétricale du plexus brachial, celles survenant à l'épaule ont une place toute particulière. En effet, que l'atteinte soit proximale ou complète, la paralysie des muscles rotateurs externes est extrêmement fréquente et génère une raideur en rotation interne par le déséquilibre de la balance musculaire. En effet, les muscles rotateurs internes sont des muscles puissants et polyradiculaires, donc beaucoup moins fréquemment paralysés que les muscles rotateurs externes.

Parmi ces muscles rotateurs internes, le muscle sub-scapulaire a la caractéristique de se rétracter dans la situation que nous venons de décrire et générer la raideur de l'épaule en rotation interne. La libération du muscle sub-scapulaire de la fosse dans laquelle se fait son insertion proximale, décrite par Carlioz [1], permet de retrouver une rotation externe complète si la tête humérale a conservé sa sphéricité, ce qui est souvent le cas avant l'âge de 2 ans. La tête humérale, si la situation se pérennise, se déformera avec la croissance, contre-indiquant alors la libération musculaire.

À ce geste peut s'ajouter, peu de temps après, si c'est nécessaire, mais pas dans le même temps opératoire (positions d'immobilisation incompatibles), le transfert du muscle grand dorsal pour réanimer la rotation externe active d'épaule.

LIBÉRATION DU MUSCLE SUB-SCAPULAIRE

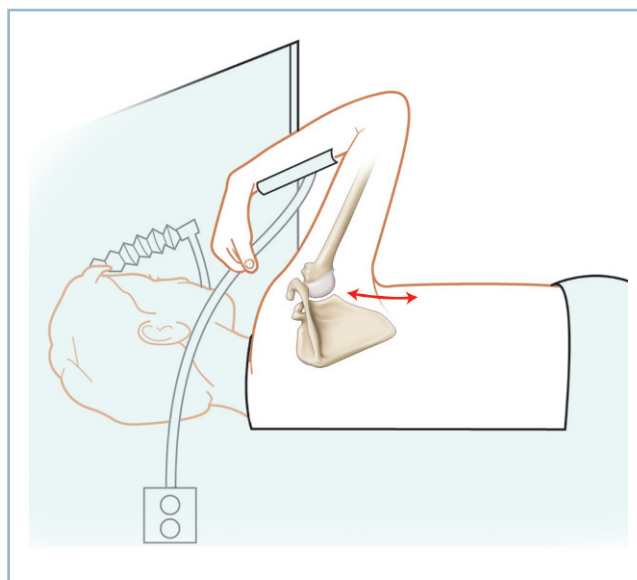
L'installation de l'enfant se fait en décubitus latéral, le membre supérieur atteint se trouvant entièrement dans le champ opératoire, y compris le relief de l'omoplate et l'hémithorax en arrière jusqu'aux épines vertébrales (figure 9.1).

Une boîte d'instruments fins est nécessaire ainsi qu'une rugine de Cobb pour la libération du muscle, qui doit se faire impérativement de façon extra-périostée.

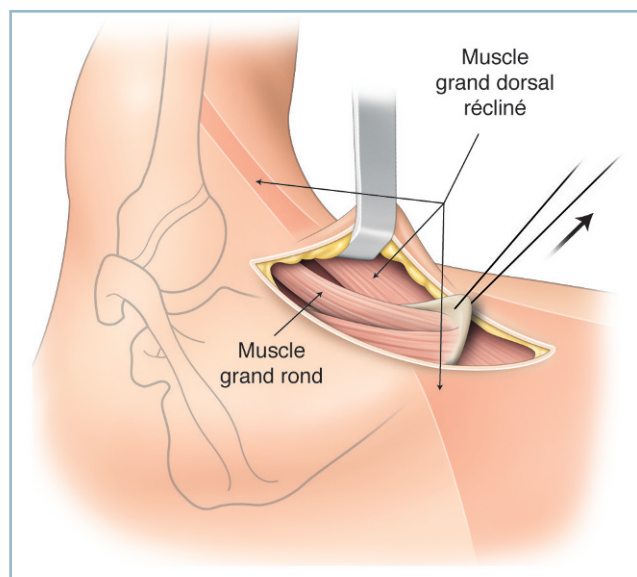
Technique opératoire

La technique opératoire débute par une incision longitudinale sur le relief du bord axillaire de l'omoplate, jusqu'au plan musculaire et deux écarteurs de Gilis soulèvent la peau, permettant ainsi de disséquer la berge postérieure du

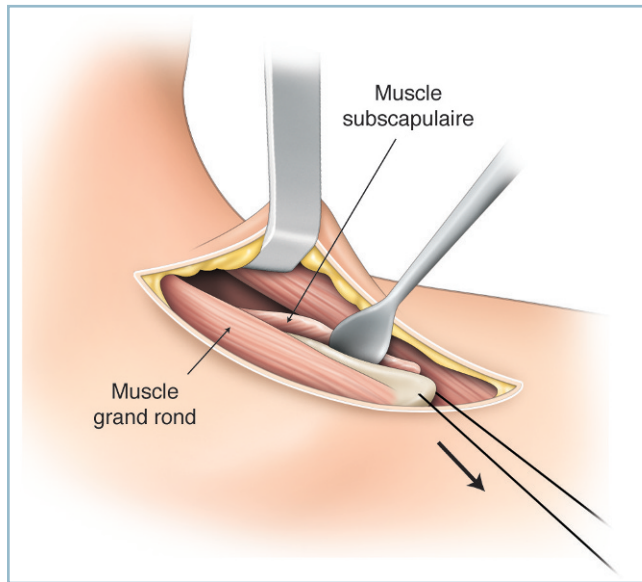
muscle grand dorsal qui n'entretient pas d'attaches véritables avec la pointe de la scapula. Celle-ci fait facilement issue de la plaie opératoire en manipulant le membre, en particulier en abduction et rotation externe d'épaule (qui est limitée), laissant en avant la berge postérieure du muscle grand dorsal, sans inquiétude pour son pédicule (figure 9.2). Il est aussi possible de passer en avant de ce muscle, mais alors l'accès à la fosse sous-scapulaire est barré par le pédicule, ce qui complique l'intervention.



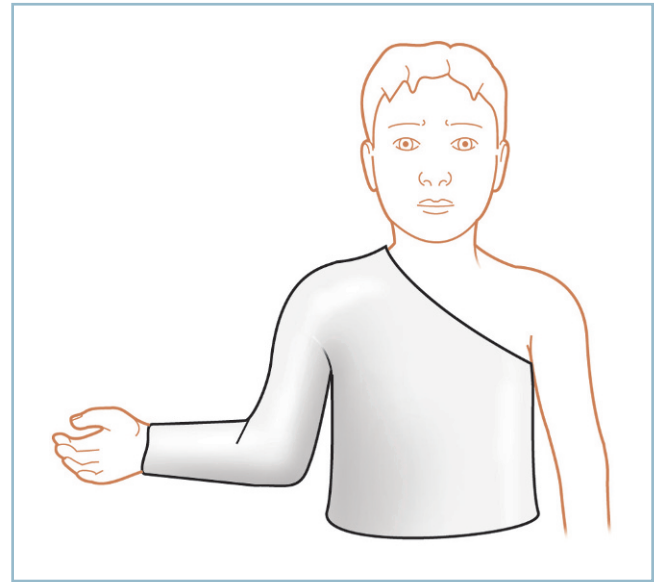
9.1 Installation de l'enfant en décubitus latéral opposé, et incision le long du bord latéral de la scapula.



9.2 Dissection du muscle grand dorsal dont le bord postérieur est récliné en avant, la pointe de la scapula étant maintenue par un fil, ou par une pince de Geyle, afin de l'extérioriser.



9.3 Libération extra-périostée du muscle sub-scapulaire à l'aide d'une rugine de Cobb. Au fur et à mesure que se fait la libération, l'aide porte progressivement l'épaule en rotation externe, de manière à poursuivre la libération vers la partie médiale du muscle.



9.4 Confection d'un plâtre thoraco-brachial en rotation externe maximale d'épaule, coude au corps, de manière à laisser la réinsertion du muscle sub-scapulaire se faire dans cette nouvelle position.

Au bistouri, les fibres musculaires du muscle sub-scapulaire sont désinsérées du bord externe de l'omoplate, en avant de l'insertion du muscle grand rond. Puis la désinsertion de la fosse sous-scapulaire se poursuit à la spatule pour les fibres rouges et aux ciseaux de Mayo pour les attaches fibreuses, en veillant à rester extra-périosté (*figure 9.3*).

Prudente sur le bord interne et sur l'angle supérieur de l'omoplate, la désinsertion doit respecter l'insertion du muscle grand dentelé, du muscle angulaire et du pédicule supra-scapulaire, en restant strictement extra-périosté. Alors, la fosse sous-scapulaire est entièrement accessible au doigt, le muscle se rétractant en dehors et permettant d'obtenir facilement, et progressivement, une rotation externe de l'épaule, coude au corps (*figure 9.3*).

La fermeture s'effectue en deux plans (après l'ablation du fil de traction qui était sur la pointe de l'omoplate), sur un drain de redon pendant 24 heures.

Soins post-opératoires et rééducation

Les soins post-opératoires débutent avant le réveil, l'enfant, toujours endormi profondément, est placé en décubitus dorsal, un plâtre thoraco-brachial est débuté dans cette position avec tout d'abord la confection de l'hémivalve antérieure, maintenant le bras coude au corps, et l'épaule

immobilisée en rotation externe maximale. Puis l'enfant est retourné pour confectionner l'hémivalve postérieure.

Un garde-manger pré-abdominal et trois jerseys de corps et de bras, ainsi qu'un feutre placé sur l'épaule du membre supérieur traité, permettent un bon confort ; ce plâtre est maintenu pendant trois semaines (*figure 9.4*).

La rééducation débute dès le lendemain de l'ablation du plâtre, à un rythme journalier pendant le premier mois post-opératoire. Elle consiste en une mobilisation passive et un travail actif en rotation externe, coude au corps, associée à des postures sur un plan dur, toujours coude au corps.

Certaines équipes gardent la valve postérieure du plâtre comme attelle nocturne pendant trois à quatre semaines supplémentaires.

Au-delà du premier mois, cette rééducation est réalisée à un rythme moins soutenu (deux à trois séances par semaine selon l'évolution), puis maintenue, ou non, en fonction de la récupération des muscles rotateurs externes. En effet, la restitution de la rotation externe passive de l'épaule permet parfois d'assister à une récupération de l'activité musculaire des muscles rotateurs externes qui étaient inhibés par l'attitude vicieuse.

Si aucune activité musculaire ne survient, il est alors nécessaire d'envisager une réanimation de la rotation externe active de l'épaule par un transfert musculaire approprié.

TRANSFERT DU MUSCLE GRAND DORSAL

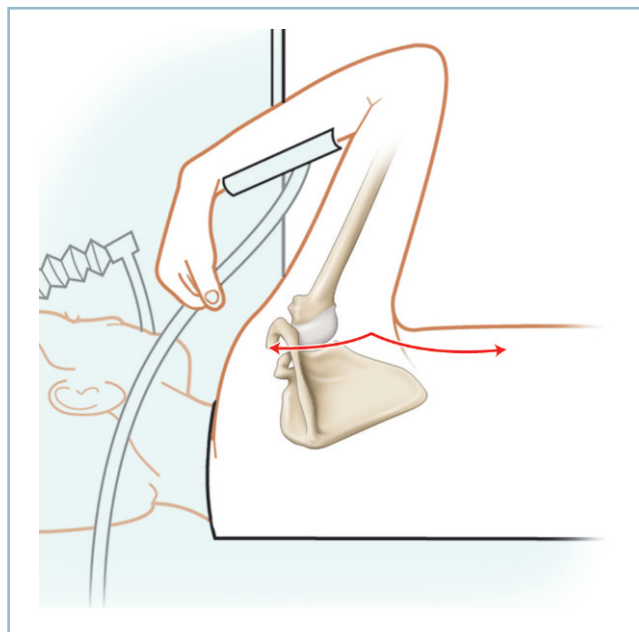
Puissant abaisseur de l'épaule mais aussi rotateur interne, le transfert du muscle grand dorsal peut restaurer la balance musculaire perdue par la paralysie des muscles rotateurs externes. Transféré sur le bord postérieur et externe de la métaphyse humérale proximale il est parfois associé avec le muscle grand rond, car ils ont même parfois un tendon terminal commun [2]. Ce geste peut aussi être effectué de façon concomitante avec une libération des parties molles antérieures [3]. Mais ces transferts ont été plus ou moins abandonnés car ils ont comme inconvénient majeur la fermeture de l'angle scapulo-huméral. Depuis les années 1970, c'est le transfert du muscle grand dorsal sur la coiffe des rotateurs qui, selon la technique de Hoffer [4], est le plus utilisé.

L'installation de l'enfant se fait en décubitus latéral opposé au membre atteint. Celui-ci est dans le champ opératoire qui englobe en avant et en arrière l'hémi-thorax et en distal jusqu'à la ceinture. Le chirurgien se place en arrière du patient, son aide opératoire étant en face. L'incision est longitudinale et elle suit le bord externe de l'omoplate et se brise en arrière en épaulette postérieure (*figure 9.5*). La dissection des muscles débute dans leur partie moyenne, dans le creux de l'aisselle, où le tendon du muscle grand dorsal est isolé du corps musculaire du muscle grand rond (*figure 9.6a*). Mis sur un lac en tissu, il n'est pas décroché avant d'avoir disséqué le corps musculaire en avant, où se trouve son pédicule vasculo-nerveux (*figure 9.6b*). Celui-ci est mis sur un lac de type vasculaire après avoir été disséqué. Cette dissection pédiculaire indispensable permet de mobiliser en bloc tout le corps musculaire pour le faire monter jusqu'au niveau de la coiffe des rotateurs, sans risquer de l'étrier.

En arrière et distalement, il est indispensable de libérer le corps musculaire de façon étendue car la paralysie de la rotation externe de l'épaule entraîne une grande adhérence de celui-ci au fascia.

Ces deux gestes en arrière et en avant permettent, après section prudente du tendon au niveau du trou carré de Velpeau, au ras de son insertion humérale, d'amener le tendon à la hauteur de la tête humérale, faufile sur un fil de traction (*figure 9.6c*).

La dissection se poursuit alors à la partie proximale de l'incision, où le chef postérieur du deltoïde et l'interstice entre ce muscle et la longue portion du triceps sont disséqués. Un ciseau de Mayo est introduit délicatement alors sous le chef postérieur du deltoïde en faisant attention à ne pas traumatiser le pédicule axillaire. Peu à peu le trajet du transfert est créé sous le chef postérieur du deltoïde jusqu'à rejoindre une incision transmusculaire dans le sens des fibres (*figure 9.6d*) isolant le chef postérieur. Par cette incision, le doigt de l'opérateur peut palper le relief de l'in-



9.5 Installation de l'enfant et dessin de l'incision allant de la pointe de la scapula distalement, et remontant le long de son bord axillaire, jusqu'au niveau de la métaphyse humérale proximale.

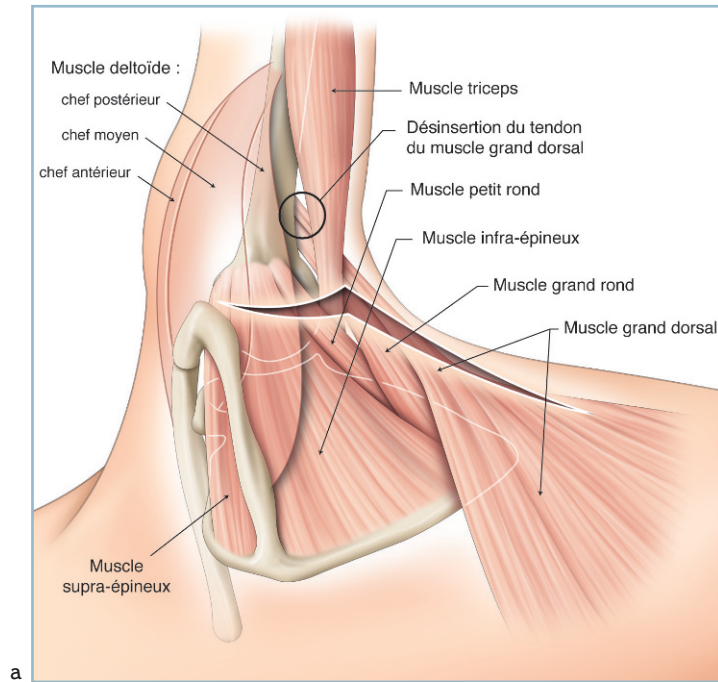
section de la coiffe des rotateurs sur le trochiter. Disposés sous le chef moyen et le chef postérieur du muscle deltoïde, deux écarteurs de Farabeuf permettent de visualiser l'endroit d'insertion du transfert qui est passé déjà sous le chef postérieur du deltoïde (*figure 9.6e*). En ce moment difficile, l'aide opératoire mettant le membre supérieur en rotation externe maximum et en abduction de 90°, l'opérateur peut choisir entre deux méthodes : soit suturer directement le tendon du grand dorsal sur la coiffe des rotateurs par un fil non résorbable ; soit mettre en place une ancre qui permettra de faire la même suture plus aisément.

À partir de ce moment-là, l'aide ne doit plus abaisser l'épaule et la *fermeture* s'effectue dans cette position sur un drain de redon. L'enfant doit alors être installé dans une coquille postérieure thoraco-brachiale préalablement préparée, en rotation externe abduction 90°, toujours sous anesthésie générale (*figure 9.7*). Le lendemain de l'intervention, cette coquille est circularisée et elle est maintenue pendant six semaines.

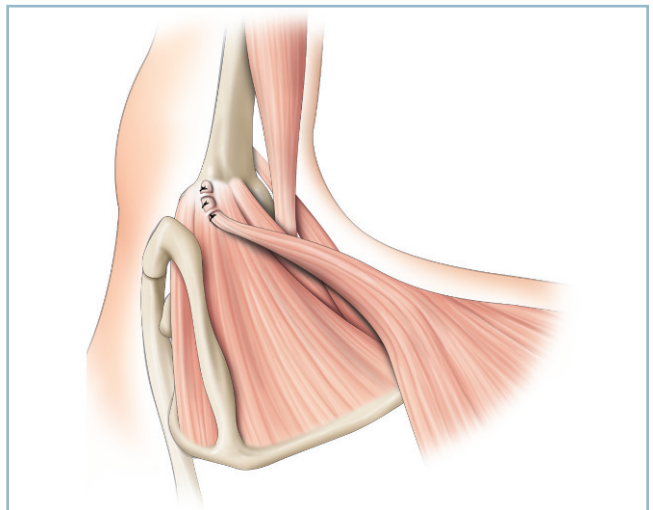
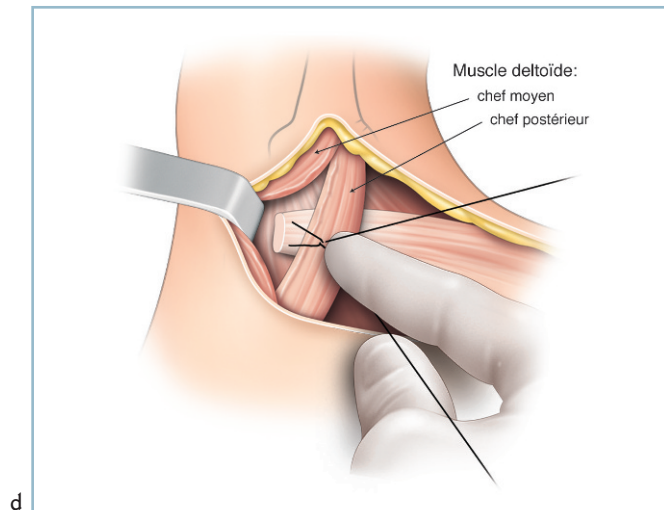
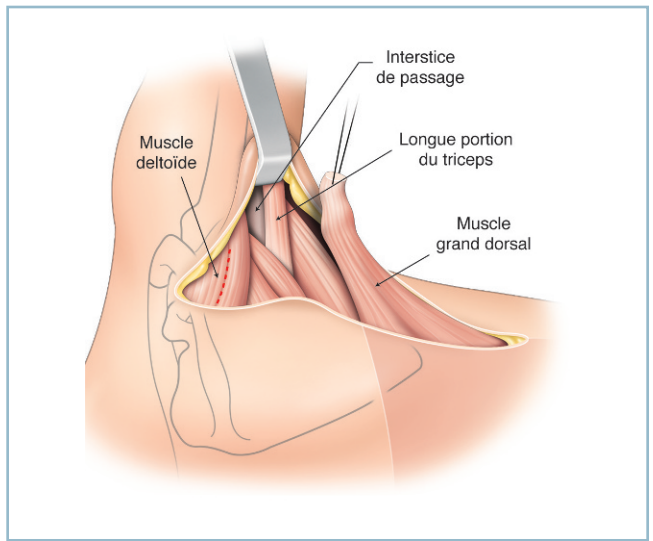
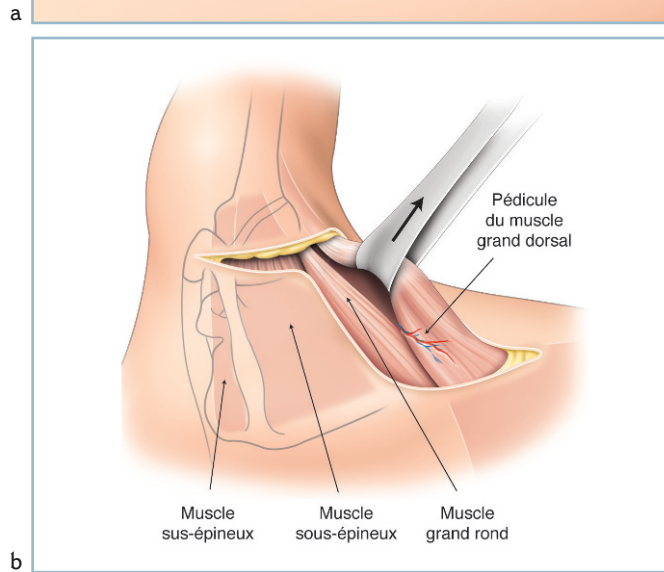
À l'ablation de la coquille, la *rééducation* débute avec un travail actif en rotation externe et abduction, de façon journalière pendant un mois puis trois fois par semaine pendant encore la même période.

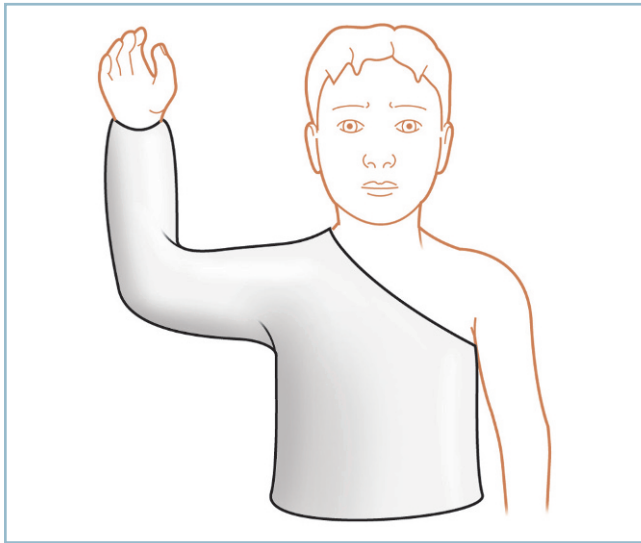
On peut résumer la situation en rappelant que l'incompatibilité des positions d'immobilisation ne permet pas d'effectuer la libération du muscle sous-scapulaire et le transfert du grand dorsal dans le même temps opératoire.

Chez des jeunes enfants qui ont conservé une tête humérale ronde, les résultats de la libération du muscle sous-



9.6 Dissection de tout le corps musculaire du muscle grand dorsal, depuis sa partie moyenne jusqu'au niveau de la pointe de la scapula (a). Son tendon terminal est disséqué, ainsi que le pédicule, qui est situé en avant (b). Il est ensuite réalisé la dissection du chef postérieur du deltoïde, passant dans l'interstice entre le chef postérieur du deltoïde et la longue portion du triceps (c), puis le tendon du grand dorsal est faufilé sous le chef postérieur du deltoïde (d), pour être fixé sur la coiffe des rotateurs (e).





9.7 Immobilisation post-opératoire en position 90° d'abduction, et 90° de rotation externe.

scapulaire sont excellents mais la pérennité du résultat dépend de la valeur du muscle grand dorsal. C'est donc l'évaluation pré-opératoire de la force du muscle grand dorsal qui sera un facteur déterminant pour le résultat à long terme.

Pièges à éviter

La rotation interne de l'épaule a deux composantes :
 – la rotation interne scapulo-humérale, mesurée coude au corps ;
 – la rotation interne scapulo-thoracique, impossible à mesurer isolément mais s'ajoutant à la rotation interne scapulo-humérale en abduction d'épaule.

Degrés de liberté de l'épaule : le transfert du muscle grand dorsal ne doit pas être effectué s'il n'y a pas un secteur de mobilité passive en rotation externe coude au corps d'au moins 30°.

Astuces

- *Preuve par 10 d'une libération complète du muscle sous-scapulaire :* introduire un doigt après la désinsertion des fibres musculaires rouges et blanches, dans la fosse sous-scapulaire, en rotation externe, coude au corps : le doigt ne doit pas être pincé par les fibres restantes du muscle sous-scapulaire.
- *Cotation du muscle grand dorsal :* l'examen pré-opératoire du muscle grand dorsal est essentiel. L'évaluation, difficile chez le jeune enfant, peut être effectuée par la visualisation et la palpation du muscle grand dorsal lorsqu'on soulève un jeune enfant, qui est en décubitus latéral opposé au membre examiné, en le saisissant par le bras. Quant à l'enfant plus grand, il accepte facilement de faire une adduction de l'épaule contre résistance, l'examineur mettant sa main sous le coude en extension de l'enfant.
- *Astuce anatomique :* le pédicule du muscle grand dorsal pénètre dans le corps musculaire par sa face antérieure à un travers de main (de l'enfant) du pli axillaire.

Bibliographie

- [1] Carlioz H, Brahimi L. La place de la désinsertion interne du sous-scapulaire dans le traitement de la paralysie obstétricale du membre supérieur chez l'enfant. *Ann Chir Infant* 1971 ; 12 : 159-68.
- [2] L'Episcopo JB. Tendon transplantation in obstetrical paralysis. *Am J Surg* 1934 ; 25 : 122-52.
- [3] Sever JW. The results of a new operation for obstetrical paralysis. *Am J Orthop Surg* 1918 ; 16 : 248-57.
- [4] Hoffer MM, Wickenden R, Roper B. Brachial plexus birth palsies. Results of tendon transfers to the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 1978 ; 60 : 691-5.

Arthrolyse arthroscopique des raideurs de l'épaule plexique

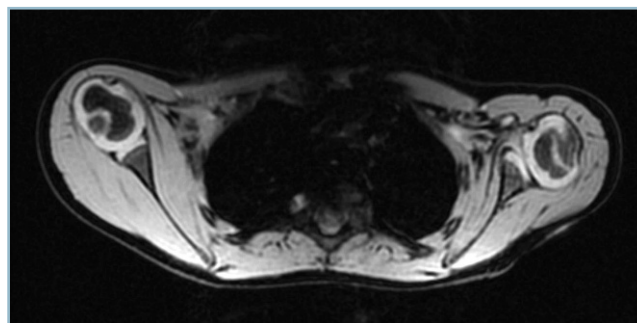
E. MAURICE, D. MOLÉ,
G. DAUTEL

Dans les suites d'une paralysie plexique obstétricale, les raideurs et attitudes vicieuses ostéo-articulaires sont malheureusement une séquelle habituelle, notamment au niveau de l'épaule. L'attitude vicieuse la plus fréquente est la raideur en rotation interne de l'épaule, en raison des déséquilibres musculaires. Cette raideur est invalidante et entraîne surtout à terme des déformations articulaires au cours de la croissance. La chirurgie de libération articulaire est ainsi nécessaire si la rééducation n'est pas efficace, afin d'éviter la survenue de ces déformations osseuses et articulaires. Pearl, en 2003, a proposé une technique inédite de libération précoce de la rotation externe par ténotomie du tendon sub-scapulaire sous arthroscopie. C'est une technique simple et peu invasive dont les premiers résultats sont encourageants. En effet il constate une récupération de la rotation externe passive mais aussi active avec ou sans transfert musculaire associé. Par ailleurs, les examens d'imagerie constatent une correction progressive de la dysplasie gléno-humérale.

INDICATION OPÉRATOIRE

L'indication opératoire est posée lorsque le déficit de rotation externe de l'épaule est évolutif dans le temps, malgré une prise en charge en rééducation bien conduite. Un bilan d'imagerie doit toujours être réalisé (IRM surtout ou éventuellement scanner) avant l'intervention afin de déterminer quel type de déformation de l'articulation gléno-humérale est associé à la raideur. Ces examens sont une référence préopératoire afin de surveiller les corrections des déformations squelettiques après la restitution de la rotation externe (figure 10.1).

Dans notre expérience le geste a volontairement toujours été simplement libérateur et aucune réanimation de la rotation externe par transfert musculaire n'a été réalisée dans le même temps opératoire. En effet nous avons constaté la réapparition d'une rotation externe active dans 61 % des cas à la faveur du seul geste arthroscopique. Nous considérons que la raideur est un obstacle à la tonification des muscles rotateurs externes qui ont pu éventuellement récupérer. Nous leur laissons donc la possibilité d'une réanimation spontanée, et réservons le transfert musculaire aux absences de récupération de la rotation externe active au cours des mois qui suivent la libération.

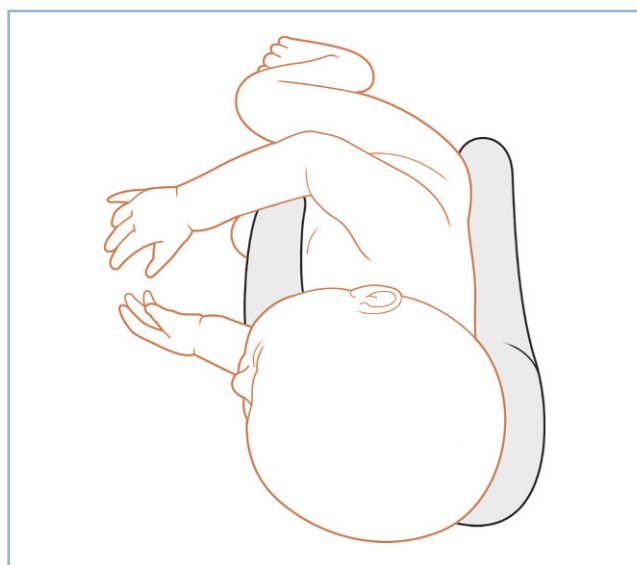


10.1 IRM des deux épaules permettant de visualiser à droite la parfaite congruence entre la cavité glénoïde et la tête humérale, et du côté gauche, l'aspect de subluxation postérieure de l'épaule, ainsi que le caractère convexe de la glène.

TECHNIQUE OPÉRATOIRE

L'arthroscopie est réalisée lors d'une hospitalisation de quelques jours, sous anesthésie générale. En raison de la petite taille de l'articulation puisque l'intervention est pratiquée chez l'enfant entre 1 et 3 ans, l'arthroscopie de l'épaule doit être confiée à un opérateur possédant une très grande expérience et rompu aux techniques de l'arthroscopie d'épaule chez l'adulte.

Notre technique opératoire est similaire à celle décrite par Pearl. L'enfant sous anesthésie générale est installé en décubitus latéral à l'aide de cales comme chez l'adulte pour les plus âgés (poids supérieur à 30 kg) ou à l'aide d'un matelas coquille ce qui permet de parfaitement caler l'enfant et éviter ainsi qu'il ne bouge lors des manœuvres de décoaptation articulaire (figure 10.2).



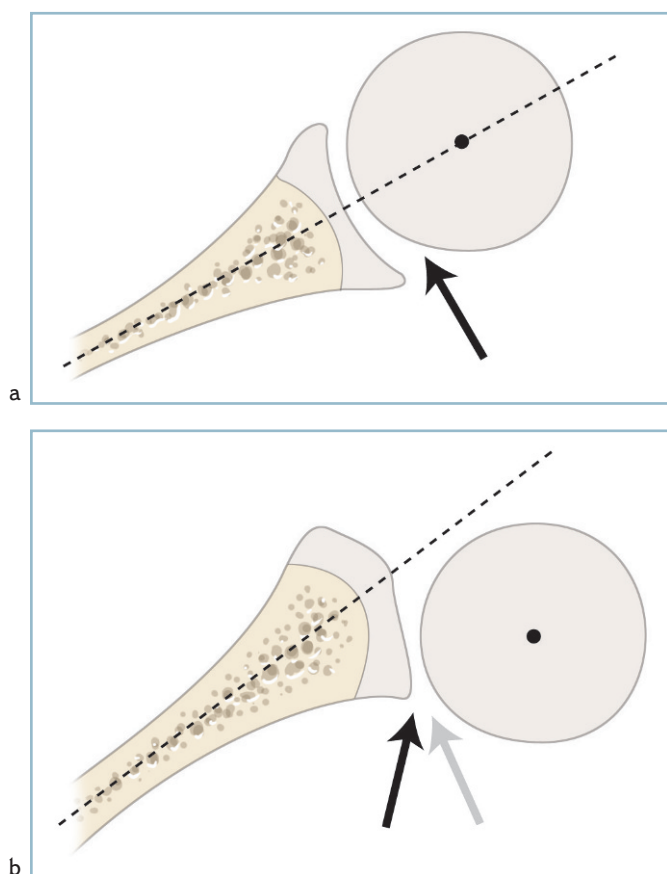
10.2 Installation de l'enfant en décubitus latéral, idéalement calé à l'aide d'un matelas coquille.

La mise en place des champs opératoires doit parfaitement bien dégager le moignon de l'épaule. Le couteau synovial taille mini (Storz®) et le crochet thermo-coagulant de 3,5 mm réglé sur 60 (crochet VAPR Depuy Mitek®) sont installés de façon systématique.

Avant l'incision la rotation externe de l'épaule, coude au corps (RE1) est mesurée une dernière fois et servira de valeur préopératoire.

Le point d'entrée de la voie postérieure est trouvé après repérage à la palpation de l'interligne articulaire postérieur. Le repère classique ou *soft point* se situe à 2 cm en dessous et 1 cm médialement par rapport à l'angle postéro-latéral de l'acromion chez l'adulte. Du fait de la subluxation postérieure de la tête, celle-ci est généralement facilement perçue à la palpation, mais il est nécessaire de décaler le point d'entrée médialement (figure 10.3).

Étant donné l'âge des patients et la taille réduite de l'articulation par rapport à une épaule adulte, l'optique utilisée est un arthroscope de 2,7 mm habituellement utilisé dans

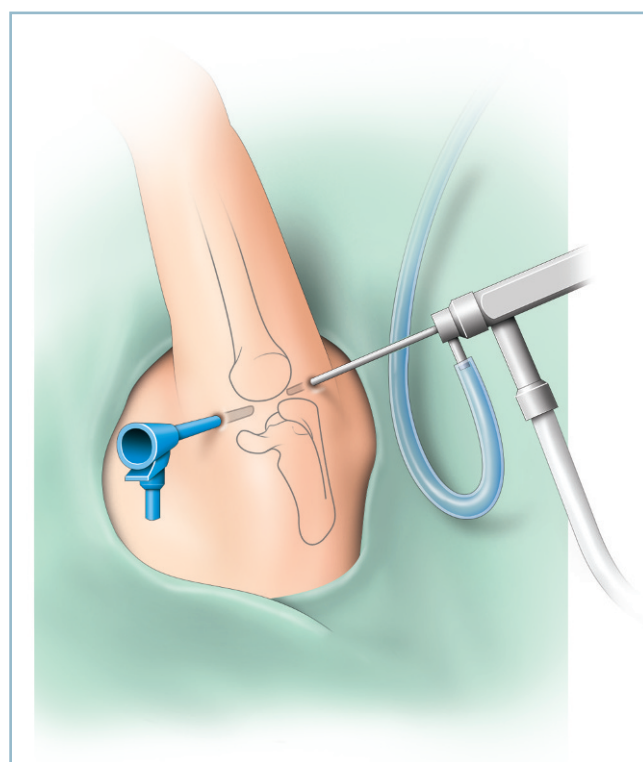


10.3 a. Épaule en position normale, avec la tête humérale centrée dans la glène. Le point d'introduction de l'arthroscope est situé en regard de l'interligne articulaire, en région postérieure. b. Lors de la subluxation postérieure de la tête humérale, celle-ci masque en partie l'interligne articulaire, de sorte que le point d'entrée doit être décalé médialement par rapport au point théorique.

l'arthroscopie de poignet et associé à des instruments d'arthroscopie adaptés. Une arthropompe est utilisée, avec un débit de 600 ml/min, et une pression de 100 mmHg.

Après une rapide phase d'exploration, souvent difficile lorsque l'épaule est contracturée, le tendon du long biceps et la portion intra-articulaire du tendon du sub-scapulaire sont repérés, définissant avec le rebord de la glène les limites du foramen de Weitbrecht au niveau duquel se situera la voie instrumentale. Le trajet de la voie instrumentale est repéré à l'aide d'une aiguille noire de 22 gauges introduite latéralement par rapport à l'apophyse coracoïde. Une canule de 4,5 mm (Smith & Nephew® réf. 4615) est mise en place (figure 10.4). L'évacuation de l'arthropompe est branchée sur la canule. La canule doit pénétrer la capsule juste au-dessus du tendon du sub-scapulaire et sous le tendon du long biceps à quelques millimètres du rebord antérieur de la glène (figure 10.5a, b et c).

L'aide opératoire positionne le bras en rotation nulle, antépulsion nulle et 20° d'abduction environ. Le coude est fléchi. Lors de la libération, il décoapte l'interligne gléno-huméral à l'aide d'une main positionnée dans le creux axillaire empoignant la métaphyse humérale et la tractant délicatement vers le haut. De l'autre main, il saisit le coude et imprime un mouvement de rotation externe passive maximale à l'épaule, mouvement qu'il maintient pendant toute la durée de l'intervention. En maintenant une rotation externe passive maximale, il met en tension les struc-

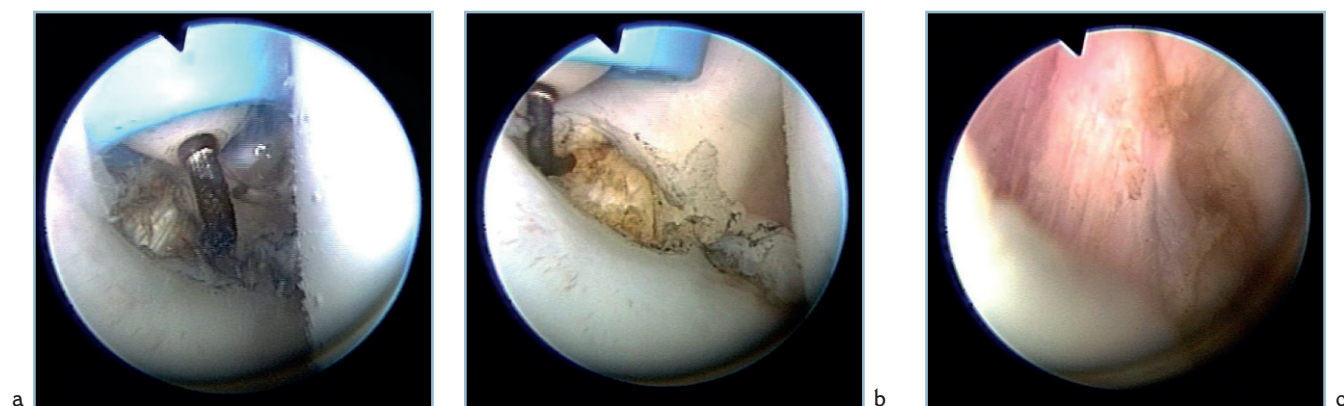
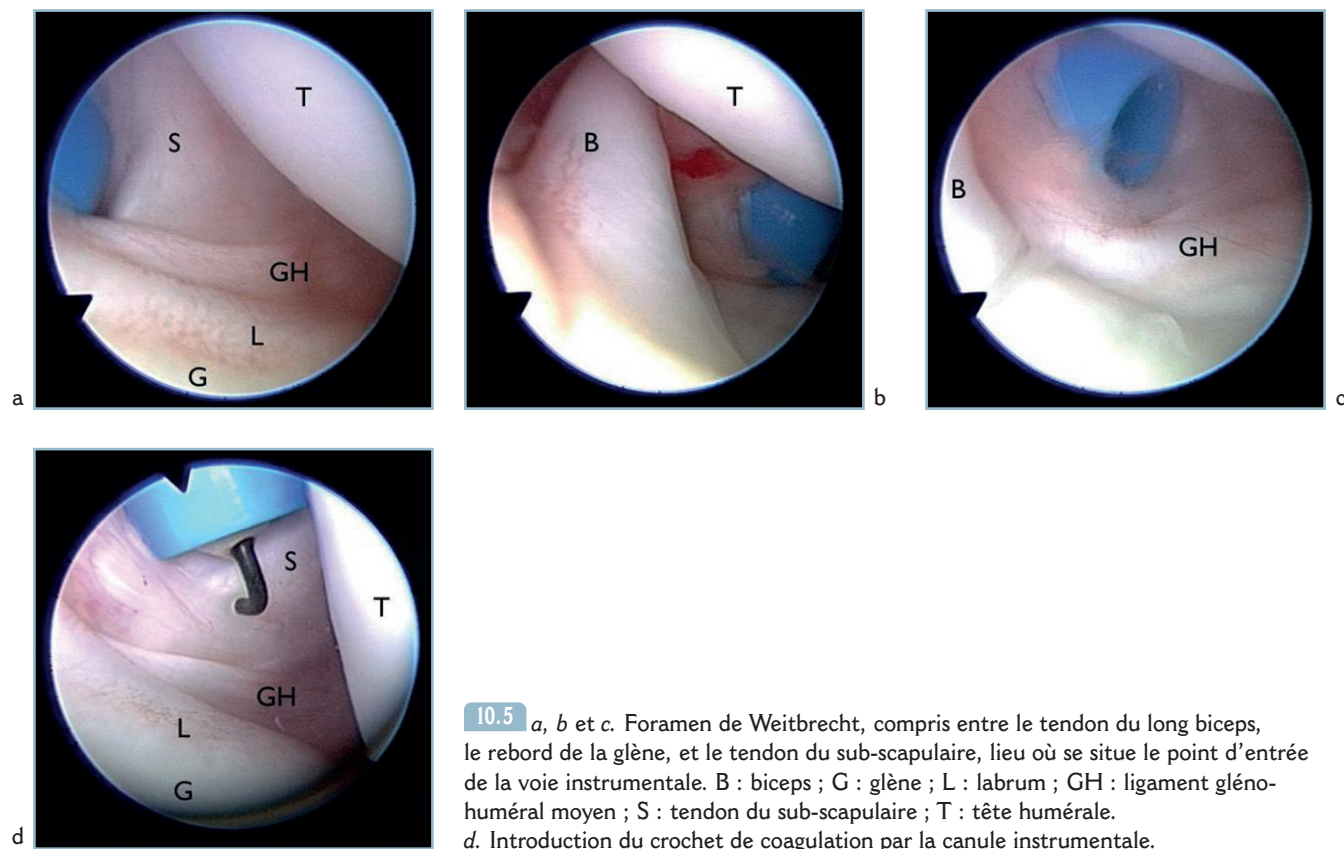


10.4 Vue extérieure de la voie postérieure d'introduction de l'optique, et antérieure, pour l'instrumentation.

tures péri-articulaires antérieures de l'épaule ce qui permet sous arthroscopie de mieux déterminer les éléments responsables de la raideur. Il informe l'opérateur en temps réel du gain effectif de rotation externe passive. Enfin, il est le mieux placé pour surveiller d'éventuelles contractions musculaires dans le territoire du nerf axillaire.

La libération commence systématiquement par la capsulotomie et la section du ligament gléno-huméral moyen en

regard de la portion intra-articulaire du tendon sub-scapulaire. Elle se fait au crochet VAPR une fois l'arthropompe activée afin d'éviter toute brûlure des structures articulaires (*figure 10.5d*). Les fibres tendineuses du tendon sont exposées puis sectionnées en hauteur et en profondeur jusqu'à voir apparaître les fibres musculaires. La mise en rotation externe permet d'exposer progressivement les structures (*figure 10.6*).



10.6 Début de la libération (*a*) : capsulotomie et section du ligament gléno-huméral moyen. Puis on réalise la section de la portion intra-articulaire du tendon du sub-scapulaire (*b*). Une fois la libération achevée, les fibres musculaires du muscle sub-scapulaire apparaissent et se tendent lors de la mise en rotation externe maximale (*c*).

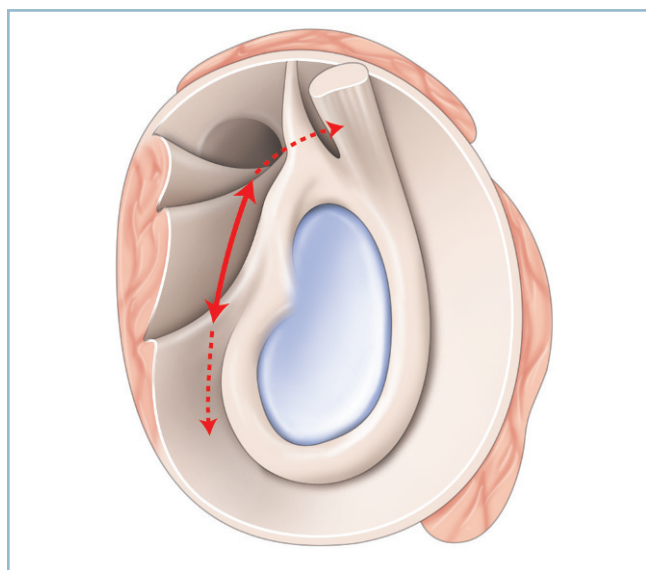
Les études réalisées chez l'adulte ont montré que la portion intra-articulaire ne représente que le tiers supérieur du tendon du sub-scapulaire et que la grande partie du tendon était cachée derrière les ligaments gléno-huméraux moyens et inférieurs. Ainsi, si la section de la portion intra-articulaire du tendon du sub-scapulaire ne suffit pas pour récupérer la rotation externe supérieure à 45°, la libération peut s'étendre (*figure 10.7*) :

- vers la partie proximale de l'articulation, jusqu'à l'apophyse coracoïde et l'intervalle des rotateurs sectionnant la capsule, le ligament gléno-huméral supérieur et le ligament coraco-huméral ;

- distalement vers le ligament gléno-huméral inférieur.

Une fois la libération terminée, l'interligne est exploré afin de contrôler l'aspect de la glène et de la tête.

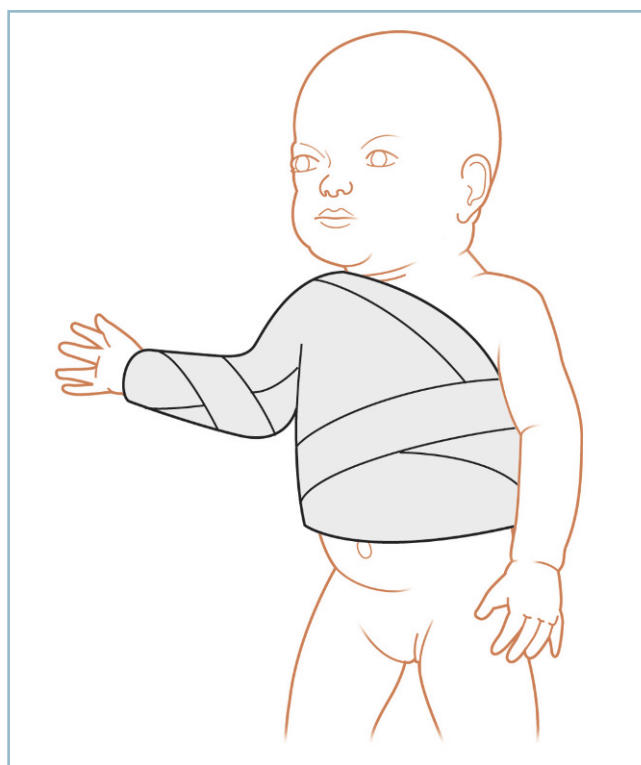
Pour certains patients un ressaut de « réduction » peut être constaté après l'arthrolyse, signant le passage de la tête humérale de la facette postérieure « dysplasique » de la glène vers la facette antérieure lors de la mise en rotation externe. Le terme de réduction est erroné puisque l'articulation n'est à aucun moment totalement luxée. Nous préférons donc parler de ressaut de recentrage. Il est bien sûr nécessaire de positionner dans ces cas-là la tête humérale en position recentrée lors de la réalisation de l'immobilisation plâtrée post-opératoire. En cas d'incertitude de positionnement, il est parfois nécessaire de réaliser une IRM post-opératoire pour s'en assurer.



10.7 Schématisation de la libération antérieure à réaliser de façon systématique (capsule, ligament gléno-huméral moyen, tendon du subscapulaire), dont le tracé est en trait plein. En pointillés, les éventuelles extensions de la libération vers la portion proximale de l'articulation (capsule, ligament gléno-huméral supérieur et ligament coraco-huméral) et distalement (capsule, ligament gléno-huméral inférieur) en fonction du gain de rotation externe obtenu durant l'intervention.

SOINS POST-OPÉRATOIRES

Les voies d'abords sont fermées par un point de suture résorbable. L'enfant est remis en décubitus dorsal et la rotation externe passive coude au corps (RE2) finale est mesurée et constitue la valeur post-opératoire. L'enfant est immobilisé avant le réveil dans un plâtre thoraco-brachio-antébrachial, le plus souvent en résine, dans une position RE2 maximale avec quelques degrés d'abduction (*figure 10.8*). Cette immobilisation sera portée pendant six semaines puis la rééducation est reprise selon le protocole habituel.



10.8 Immobilisation plâtrée post-opératoire, en rotation externe maximale de l'épaule.

Pièges à éviter

- Ne pas retarder le moment de l'intervention, pour éviter les déformations ostéo-articulaires.
- Intervention à effectuer avec un chirurgien adulte ayant une grande habitude de l'arthroscopie d'épaule.

Astuces

- Bien repérer le point d'introduction postérieur, en tenant compte de la subluxation de la tête.
- Parfaitement caler l'enfant pour pouvoir réaliser une décoaptation manuelle de l'articulation.
- Savoir étendre la libération à la demande selon le gain de rotation externe obtenu.

Bibliographie

- [1] Abid A, Kany J, Cahuzac JP. Arthrolyse sous arthroscopie dans les séquelles de paralysie obstétricale du plexus brachial. *Maîtrise Orthopédique* 2006 ; (158) : 6.
- [2] Gilbert A. Obstetrical brachial plexus palsy. In Tubiana R et al., *The Hand*. Philadelphia, 1993 : 575-601.
- [3] Kozin SH. Correlation between external rotation of the glenohumeral joint and deformity after brachial plexus birth palsy. *J Pediatr Orthop* 2004 ; 24(2): 189-93.
- [4] Maurice E. *Traitement arthroscopique précoce des raideurs de la rotation externe de l'épaule dans les séquelles des lésions obstétricales du plexus brachial*. Thèse de doctorat en médecine, Université Henri Poincaré Nancy I, 2007.
- [5] Pearl ML. Arthroscopic release of shoulder contracture secondary to birth palsy : an early report on findings and surgical technique. *Arthroscopy* 2003 ; 19(6): 577-82.
- [6] Pearl ML, Edgerton BW. Glenoid deformity secondary to brachial plexus birth palsy. *J Bone Joint Surg Am* 1998 ; 80(5): 659-67.
- [7] Pearl ML, Edgerton BW, Kazimiroff PA et al. Arthroscopic release and latissimus dorsi transfer for shoulder internal rotation contractures and glenohumeral deformity secondary to brachial plexus birth palsy. *J Bone Joint Surg Am* 2006 ; 88(3): 564-74.
- [8] Pearl ML, Edgerton BW, Kon DS et al. Comparison of arthroscopic findings with magnetic resonance imaging and arthrography in children with glenohumeral deformities secondary to brachial plexus birth palsy. *J Bone Joint Surg Am* 2003 ; 85-A(5): 890-8.
- [9] Pedowitz DI, Gibson B, Williams GR, Kozin SH. Arthroscopic treatment of posterior glenohumeral joint subluxation resulting from brachial plexus birth palsy. *J Shoulder Elbow Surg* 2007 ; 16(1): 6-13.
- [10] Zancolli EA, Zancolli ER Jr. Palliative surgical procedures in sequelae of obstetric palsy. In Tubiana R et al., *The Hand*. Philadelphia, 1993 : 602-23.

Ostéotomie de dérotation humérale pour séquelle de paralysie obstétricale du plexus brachial

Dans les atteintes proximales du plexus brachial, il se produit très fréquemment un déséquilibre des muscles rotateurs de l'épaule avec faiblesse des rotateurs latéraux et rétraction des rotateurs médiaux. En l'absence de récupération précoce ou de réanimation chirurgicale des rotateurs latéraux, le secteur de rotation latérale de l'épaule diminue progressivement jusqu'à disparaître. Il apparaît alors une déformation de la tête humérale et de la glène, aboutissant à une subluxation postérieure de l'articulation scapulo-humérale. La conséquence fonctionnelle est une limitation de l'abduction globale et de la rotation latérale de l'épaule ainsi qu'une difficulté pour porter la main à la bouche qui se manifeste par le signe du clairon, c'est-à-dire la compensation de la rotation latérale par une abduction. La déformation définitive des surfaces articulaires rend aléatoire toute tentative tardive de réanimation de la rotation latérale active par un transfert musculaire, ou simplement une arthrolyse, quelle qu'en soit la technique. La seule possibilité pour redonner un secteur de rotation latérale est alors l'ostéotomie humérale de dérotation, qui tend à équilibrer le secteur de mobilité existant.

INDICATION

Cette ostéotomie est indiquée lorsqu'il n'y a plus de rotation latérale ni active ni passive, et que l'épiphysse humérale est déformée : cela est en général le cas après l'âge de 4 ou 5 ans et peut-être vérifié par imagerie en résonance magnétique. Il persiste en revanche un important secteur de mobilité en rotation médiale, qu'il convient d'apprécier en période pré-opératoire.

OBJECTIF

L'ostéotomie de dérotation se propose de déplacer latéralement le secteur de rotation de l'épaule, en diminuant d'autant l'amplitude de rotation médiale. Cela peut diminuer le signe du clairon mais ne crée pas de rotation latérale active : il s'agit d'un geste palliatif qui ne remplace pas la réanimation de la rotation latérale active par trans-

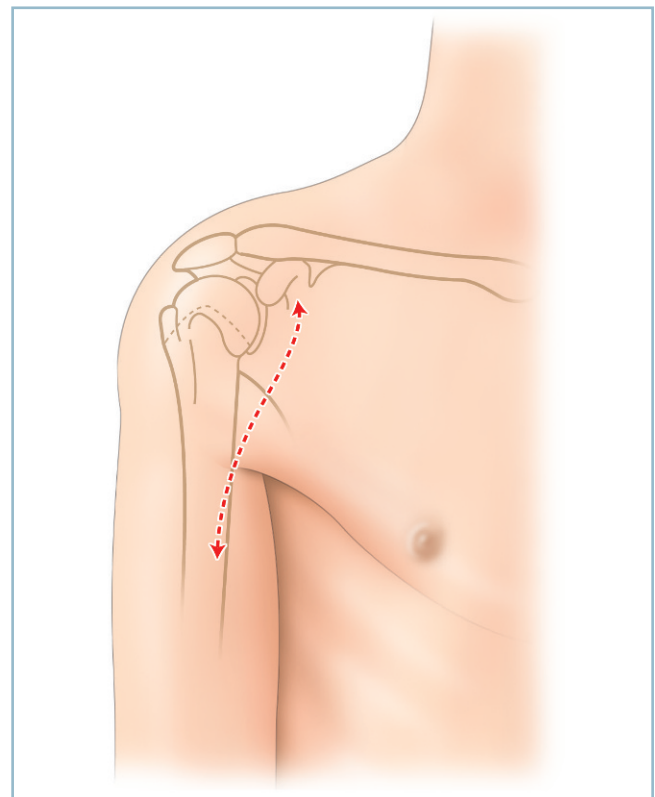
fert musculaire, possible seulement avant la déformation de l'épiphysse. Cette intervention permet d'améliorer le positionnement de la main à la bouche ainsi que l'abduction globale.

TECHNIQUE

L'enfant est installé en décubitus dorsal, le membre supérieur reposant sur une table à bras, sans garrot. L'installation est parfois malaisée, en raison de l'absence de rotation latérale de l'épaule.

Le matériel utilisé comprend une scie oscillante, et une plaque d'ostéosynthèse à quatre ou cinq trous, dont la taille est adaptée à celle de l'os.

Voie d'abord : l'incision longitudinale commence au tiers distal du sillon delto-pectoral (*figures 11.1 et 11.2*). Le deltoïde est écarté latéralement et le coraco-biceps en médial, puis on réalise une incision en Z du tendon du muscle grand pectoral afin d'obtenir un effet d'allongement (*figure 11.3*). L'abord de l'humérus est sous-périosté, après incision longitudinale antérieure du périoste, entre le bord médial de l'insertion du deltoïde et le bord latéral de l'in-



11.1 Voie d'abord delto-pectorale, légèrement décalée distalement, de manière à pouvoir visualiser le tendon terminal du muscle grand pectoral.

sersion du brachial. Deux écarteurs contre-coudés strictement sous-périostés protègent le nerf radial qui se trouve juste en arrière de l'os. La plaque d'ostéosynthèse, choisie en fonction de la taille de l'humérus, est positionnée en avant, le plus haut possible mais sans atteindre le niveau du cartilage de croissance proximal. Elle est fixée dans la région proximale par deux vis bicorticales.

Une broche repère de rotation est mise en place, à l'extrémité distale de la plaque, perpendiculaire au plan de celle-ci, et une deuxième à la partie proximale de l'os, juste sous le cartilage de croissance.

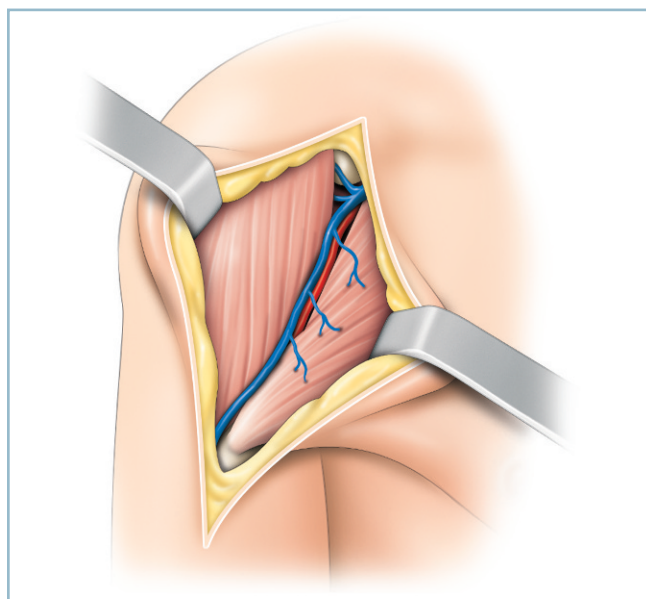
La plaque est provisoirement retirée après repérage du niveau de l'ostéotomie, qui se trouve proximale par rapport à l'insertion du deltoïde.

L'ostéotomie est réalisée à la scie oscillante, strictement perpendiculaire à la diaphyse, sous la protection des écarteurs, mais de manière incomplète, de manière à ne perdre aucun critère. On conserve ainsi une partie osseuse intacte, sur sa partie latérale (*figure 11.4*).

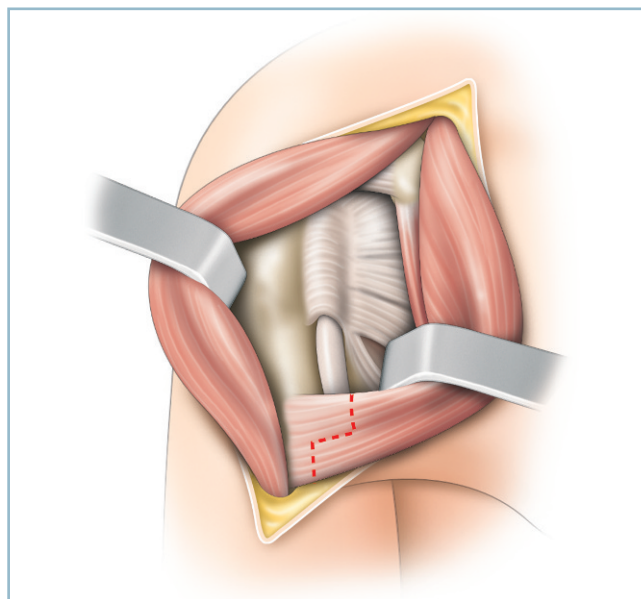
La plaque peut alors être refixée sur la portion proximale de l'os, puis l'ostéotomie est complétée avant d'appliquer au bras une rotation latérale de 20 à 45°, fixée temporairement par un davier solidarissant la partie distale de la plaque à la diaphyse (*figure 11.5*). L'orientation de la broche distale permet de mesurer l'angulation, mais c'est surtout la mobilisation du membre qui permet d'évaluer les nouvelles amplitudes de rotation latérale et médiale, d'abduction et les possibilités d'amener la main à la bouche. Il est indispensable de conserver un secteur de rotation médiale qui permette d'amener la main sur l'ombilic.

Une fois la dérotation effectuée de la valeur angulaire souhaitée, la fixation des deux vis distales est réalisée (*figure 11.6*).

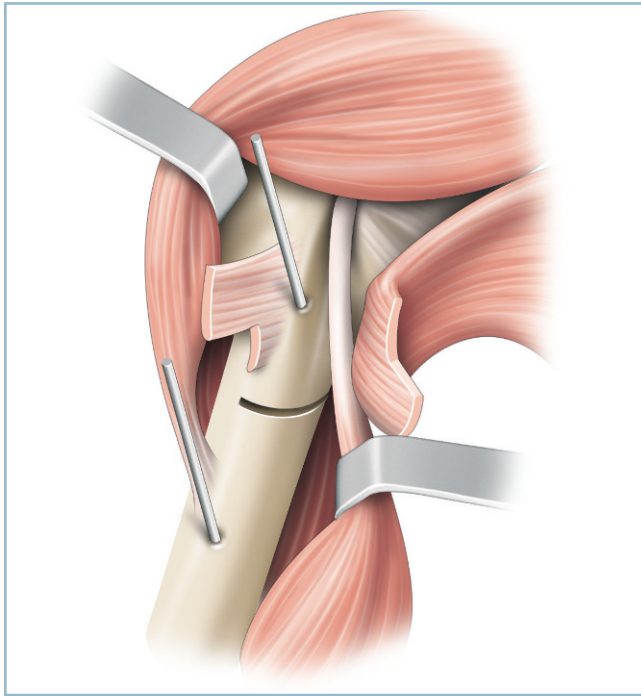
La fin de l'intervention consiste en la suture du tendon du grand pectoral, avec un effet d'allongement grâce à la plastie en Z, rendu nécessaire par la dérotation (*figure 11.7*). Le périoste est ensuite suturé, puis la fermeture s'effectue plan par plan avec ou sans drainage selon les habitudes.



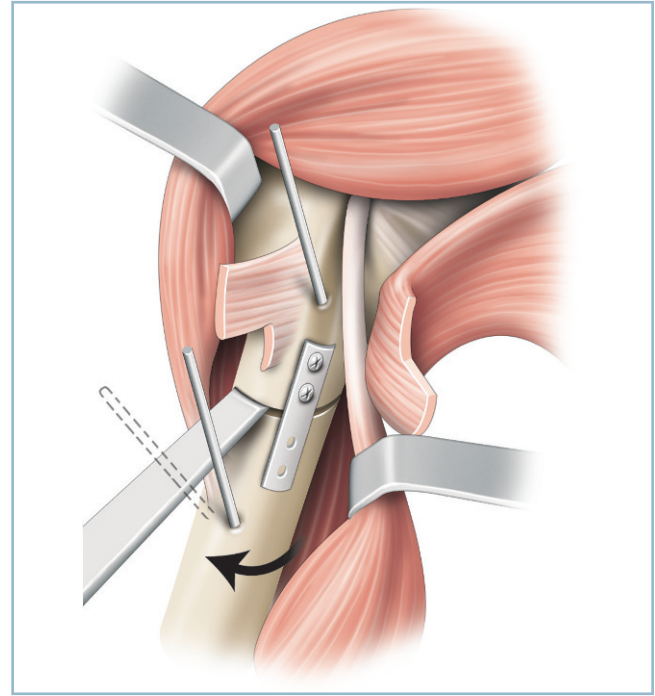
11.2 L'incision part de la pointe de l'apophyse coracoïde, et descend obliquement distalement et latéralement, en suivant l'interstice entre les muscles deltoïde et grand pectoral. La veine céphalique et l'artère acromio-thoracique sont réclinées médialement.



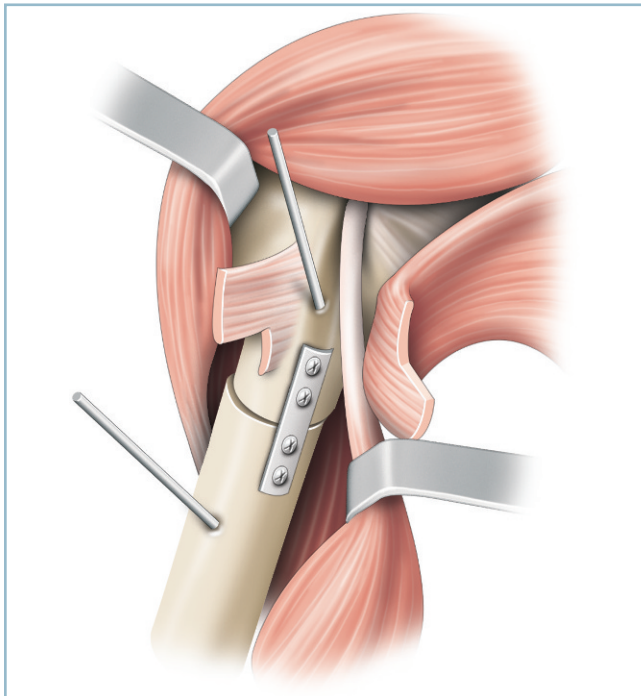
11.3 Le tendon du muscle grand pectoral est incisé en Z, de manière à obtenir un effet d'allongement une fois la dérotation réalisée.



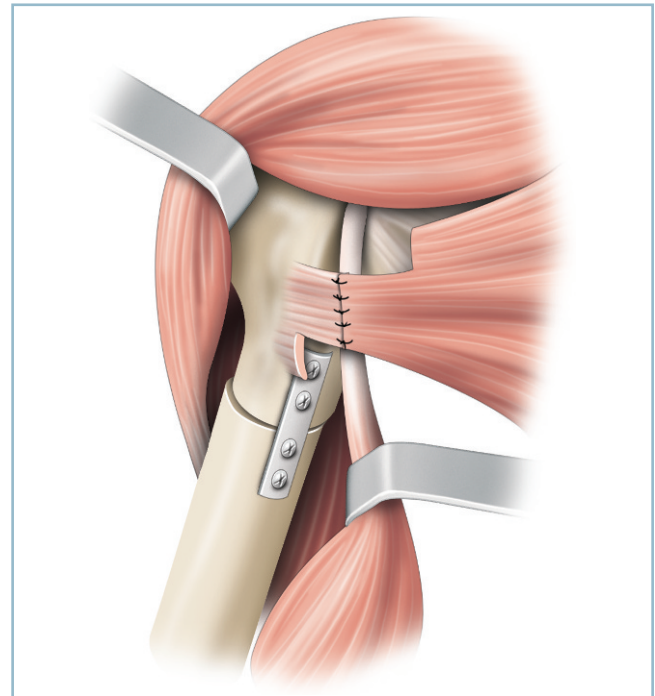
11.4 Le tendon du muscle grand pectoral ayant été allongé en Z, cela donne l'accès à la diaphyse humérale, en réclinant médialement le tendon de la longue portion du biceps. Après avoir mis en place deux repères de rotation, sous forme de deux broches de part et d'autre de la zone d'ostéotomie, celle-ci est réalisée, perpendiculairement à l'axe de la diaphyse, mais de manière incomplète.



11.5 Une plaque d'ostéosynthèse est tout d'abord fixée sur la portion proximale de l'humérus, puis l'ostéotomie est complétée. On peut ainsi pratiquer la dérotation externe de la valeur angulaire nécessaire. Il est indispensable de conserver quelques degrés de rotation interne (la main doit pouvoir atteindre l'ombilic au maximum de la rotation interne).



11.6 L'ostéosynthèse sur la partie distale de l'humérus est finalisée, lorsque les valeurs de rotation sont satisfaisantes.



11.7 Le tendon du muscle grand pectoral est ensuite suturé, en pratiquant un effet d'allongement, grâce à son incision initiale en Z.

SUITES OPÉRATOIRES

Il est souhaitable de faire une contention par bandage coude au corps pour trois semaines, ou au minimum de soulager le membre supérieur par une écharpe.

Le début de la rééducation se fait à J21, avec des exercices de rotation latérale passive puis active, coude au corps et en abduction ainsi que des mouvements main-bouche avec le coude aussi proche du corps que possible.

L'ablation du matériel est facultative.

Remarques

- La voie d'abord peut être antérieure au tiers proximal de la diaphyse telle que nous l'avons décrite ou latérale au tiers moyen.
- La voie latérale médio-diaphysaire est plus simple car l'ostéotomie est distale par rapport à l'insertion du deltoïde, mais elle pose le problème du risque de lésion du nerf radial à sa partie distale, et la rançon cicatricielle est plus nette.
- La voie d'abord strictement médiale a été décrite, mais présente deux inconvénients majeurs par rapport à son bénéfice esthétique : la proximité des vaisseaux et des éléments nerveux rend l'abord plus délicat, mais surtout elle peut être parfois impossible à réaliser du fait de l'absence même de rotation latérale pré-opératoire. Certains auteurs ajoutent à la rotation une varisation pour limiter la bascule de la scapula en adduction : outre la complication technique que cela apporte, la correction obtenue risque de n'être que transitoire du fait du remodelage rapide de l'humérus à cet âge.

Astuces

- L'effet d'allongement du tendon du grand pectoral par son incision rend la dérotation plus aisée.
- Il est fondamental de mesurer les rotations latérales et médiales, coude au corps, en pré-opératoire immédiat, dans la position de l'intervention, afin d'avoir une appréciation aussi précise que possible de la dérotation.
- En cas d'incertitude de réglage, il est possible d'utiliser un ECMES comme ostéosynthèse, car il a l'avantage de pouvoir modifier la rotation en post-opératoire. En revanche, son utilisation impose l'emploi d'un plâtre thoraco-brachial afin de maintenir la correction.

Bibliographie

- [1] Metaizeau JP. Les paralysies obstétricales du plexus brachial. *Cahiers d'enseignement de la Sofcot. Conférence d'enseignement* 1993 :109-24.
- [2] Waters PM, Bae DS. The effect of derotational humeral osteotomy on global shoulder function in brachial plexus birth palsy. *J Bone Joint Surg Am* 2006 ; 88 : 1035-42.
- [3] Zancolli EA, Zancolli ER. Reconstructive surgery in brachial plexus sequelae. In Gupta A, Kay S, Scheker L. *The Growing Hand*. Mosby, 2000 : 805-23.

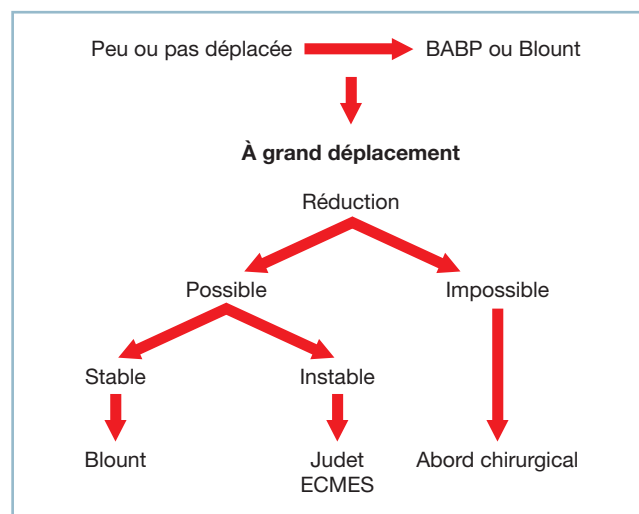
Fractures supra-condyliennes

Les fractures supra-condyliennes (FSC) de l'humérus représentent plus de la moitié des fractures du coude chez l'enfant et sont à traiter en urgence. Elles inquiètent souvent de manière excessive, l'orthopédiste non spécialisé en pédiatrie. Leur traitement découle de la compréhension du mécanisme de la fracture et de sa physiopathologie. Elles peuvent être prises en charge de manière raisonnée et souvent sans abord chirurgical. Comme dans toute fracture, la première étape consiste à obtenir une réduction la plus anatomique possible. De la stabilité dépend la méthode de contention (tableau 12.1).

PHYSIOPATHOLOGIE

Les circonstances de l'accident sont essentielles à préciser, car elles orientent vers un type de fracture. Lorsque l'enfant tombe sur son poignet, coude en extension, la fracture se fait avec une extension du fragment distal par rapport au fragment proximal (90 % des FSC) ; le déplacement est alors postérieur. Lors d'un choc direct, le coude étant en flexion, le fragment distal se déplace en avant par rapport au fragment proximal ; la fracture est dite en flexion (*figure 12.1*). Les conséquences thérapeutiques dépendent

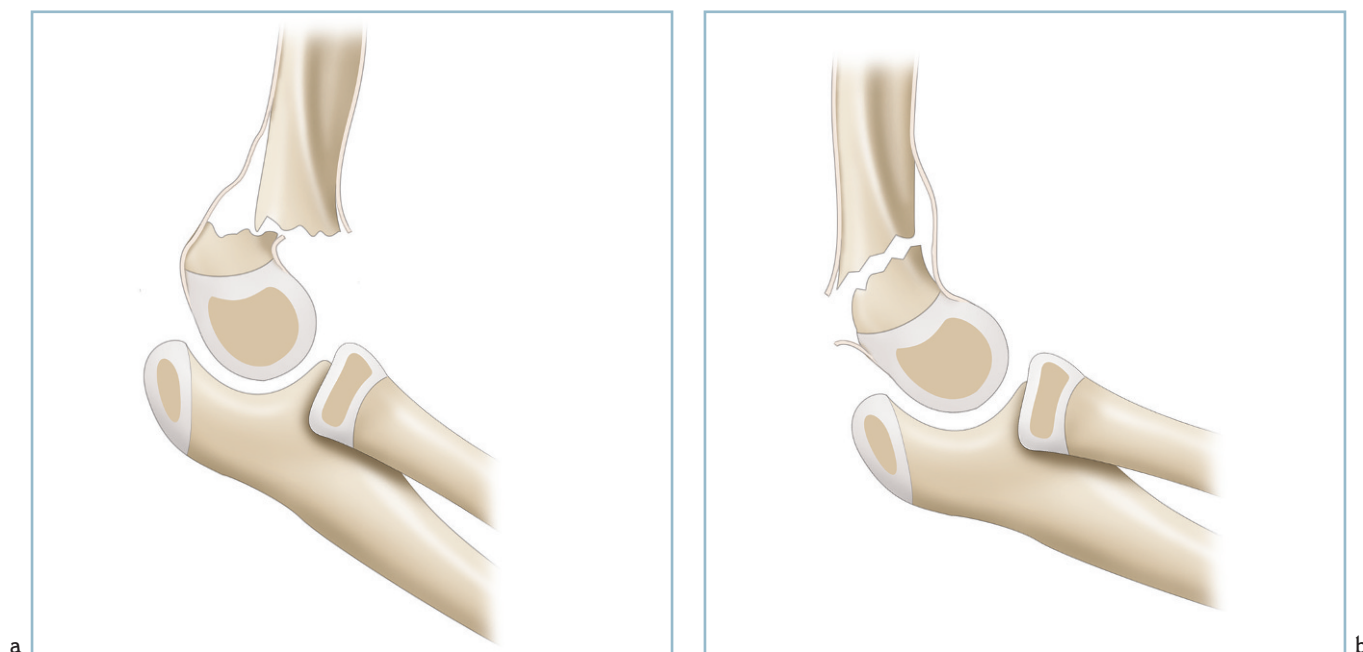
Tableau 12.1 Indications dans les FSC en extension.



du sens du déplacement, en raison de la rupture ou non du périoste.

La classification la plus utilisée en France est celle de Lagrange et Rigault qui tient compte de l'importance du déplacement. Elle n'a pour nous que peu d'intérêt sur le plan thérapeutique. L'essentiel est de reconnaître le sens du déplacement. Lorsqu'une composante rotatoire existe, il faut pouvoir reproduire le mouvement inverse lors de la manœuvre de réduction et avoir une estimation des lésions périostées pour la stabilisation de la fracture.

Nous allons prendre comme modèle de description les fractures supra-condyliennes en extension.



12.1 Fracture en extension, avec conservation du périoste postérieur qui sert d'attelle lorsqu'il reste intact (a), et fracture en flexion avec rupture du périoste postérieur (b).

Lorsque le déplacement est faible (par exemple, bascule postérieure, avec un contact osseux persistant et sans déplacement en rotation), le périoste antérieur est rompu mais le périoste postérieur reste intact. Lors des grands déplacements, le périoste postérieur peut également être intact, représentant l'équivalent d'un « dégantage » de l'extrémité distale de l'humérus. Lorsque se produit également un mouvement de rotation du fragment distal en association au déplacement postérieur, le risque de rupture partielle du périoste est réel, et il est fondamental de parfaitement analyser cet effet rotatoire afin d'adapter la manœuvre de réduction. En effet, si cette manœuvre est inadaptée, il est possible de rompre complètement le reliquat périosté, rendant alors la fracture totalement instable. C'est sur le cliché de profil que ce déplacement va pouvoir être analysé (*figure 12.2*) :

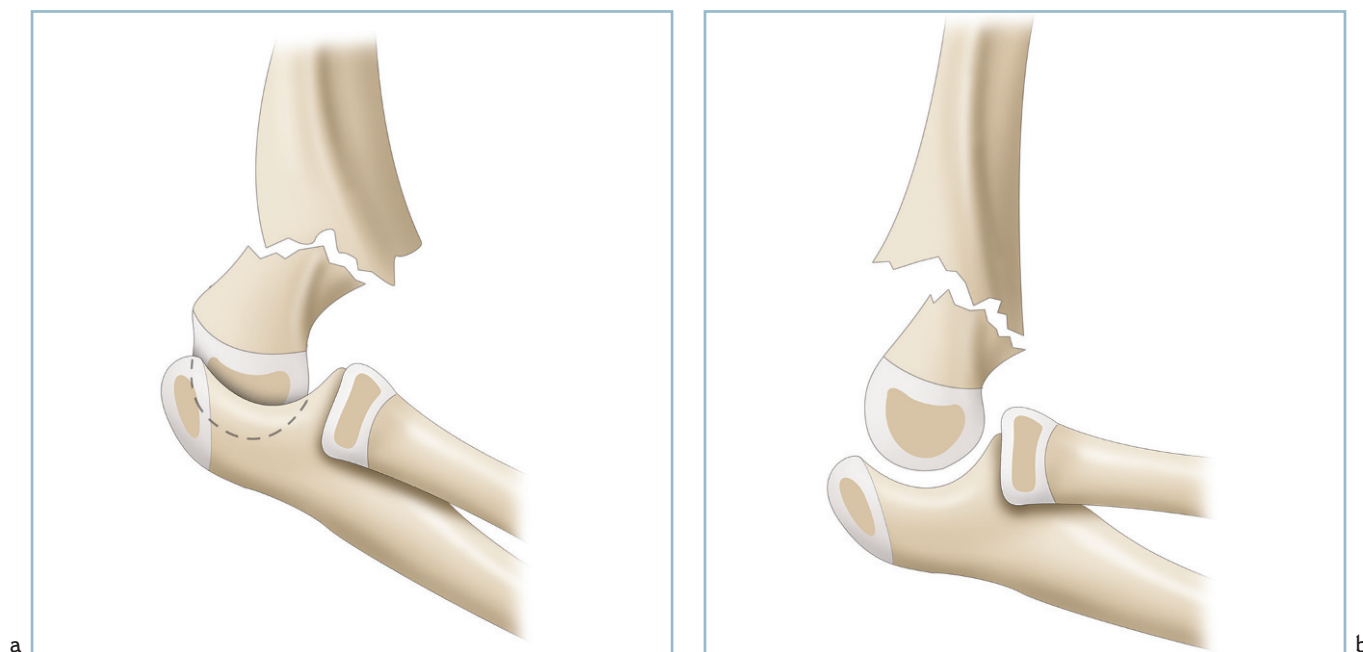
- le fragment distal est vu de profil, et le fragment proximal est vu de trois quarts externe ; le bord antérieur est concave (colonne médiale) et le bord postérieur est convexe (colonne latérale) ; l'épiphyse est donc en rotation interne par rapport au reste de l'os ; le risque que le périoste latéral soit rompu est très élevé ;
- le fragment distal est vu de profil, et le fragment proximal de trois quarts interne ; le bord antérieur (colonne latérale) et le bord postérieur (colonne médiale) sont tous deux concaves ; l'épiphyse est donc en rotation externe par rapport au reste de l'os ; le périoste médial est probablement rompu.

RÉDUCTION ORTHOPÉDIQUE

Elle est faite au bloc opératoire, sous anesthésie locorégionale ou générale, sous contrôle radioscopique ou radiographique. L'utilisation de deux amplificateurs de brillance évite toute manipulation intempestive du foyer, et visualise en même temps le foyer fracturaire de face et de profil.

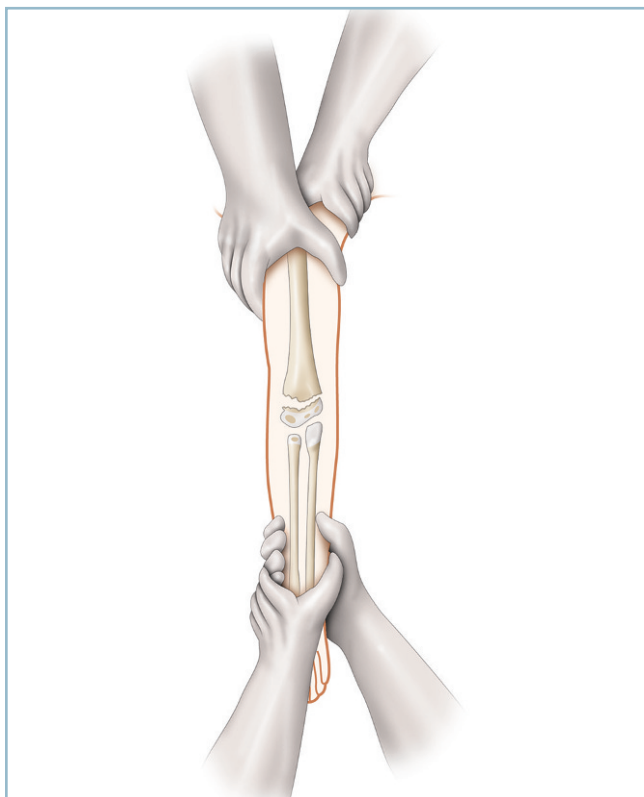
Première étape

On débute par un abaissement du fragment distal. Il est indispensable de commencer par cette étape, et tant que l'épiphyse n'est pas correctement descendue, aucune autre manœuvre ne doit être faite, car elle risquerait de rompre le périoste encore intact. Cet abaissement se fait en très légère hyperextension du coude, en supination quand le déplacement est en rotation interne (ce qui est le cas le plus fréquent), en pronation quand le déplacement est en rotation externe (*figure 12.3*). Parfois, plusieurs minutes de traction douce et continue sont nécessaires. L'aide exerce un contre-appui au niveau de l'épaule. Un contrôle à l'amplificateur est fait. Si le fragment distal est descendu de manière excessive, il est alors probable que le périoste postérieur est rompu. Il n'y aura alors pas de possibilité de stabilisation par celui-ci.

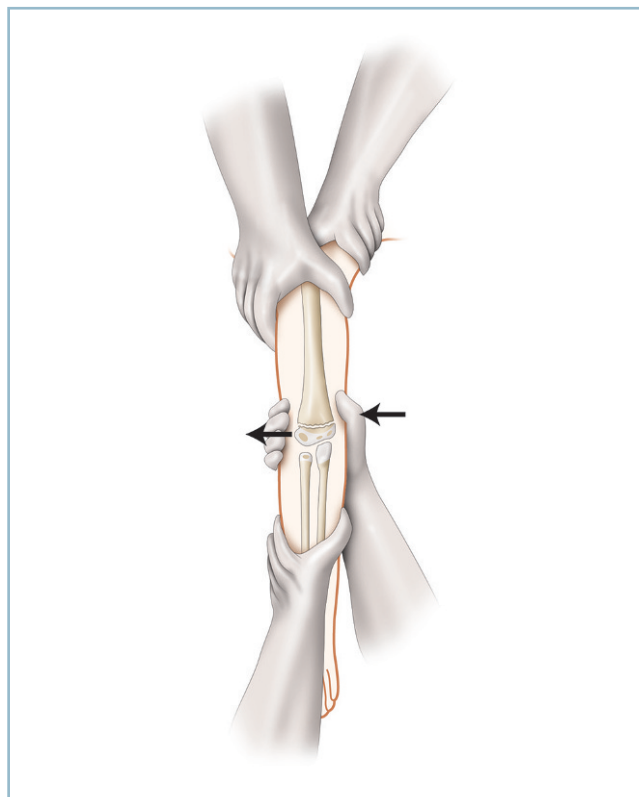


12.2 Coude de profil.

- a. Le fragment proximal vu de trois quarts externe (la partie postérieure est convexe et la partie antérieure est concave). Le déplacement du fragment distal s'est fait en rotation interne.
- b. Le fragment proximal vu de trois quarts interne (les parties antérieure et postérieure sont toutes deux concaves). Le déplacement du fragment distal s'est fait en rotation externe



12.3 Premier temps de la réduction : abaissement du fragment distal par traction dans l'axe.



12.4 La correction de la translation s'effectue à l'aide d'une main positionnée en regard de l'épiphyse, tout en maintenant la traction de l'autre main.

Deuxième étape

La correction de la translation se fait par mobilisation dans le plan frontal de l'avant-bras par rapport à l'humérus, tout en poursuivant la traction (*figure 12.4*).

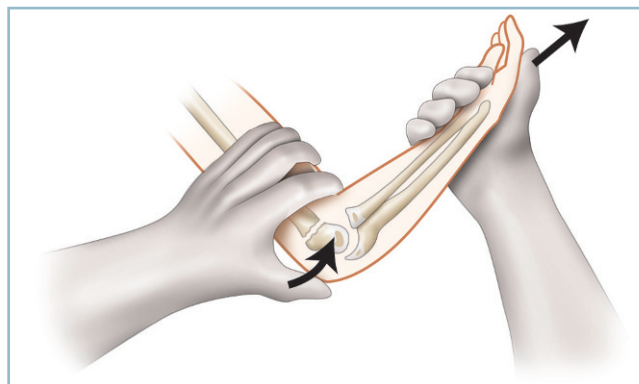
Troisième étape

La correction du décalage en rotation se fait par la mise en pronation ou en supination. Si le fragment distal est en rotation interne, la mise en supination de l'avant-bras va aider à la correction. La mise en pronation va corriger l'excès de rotation externe de l'épiphyse.

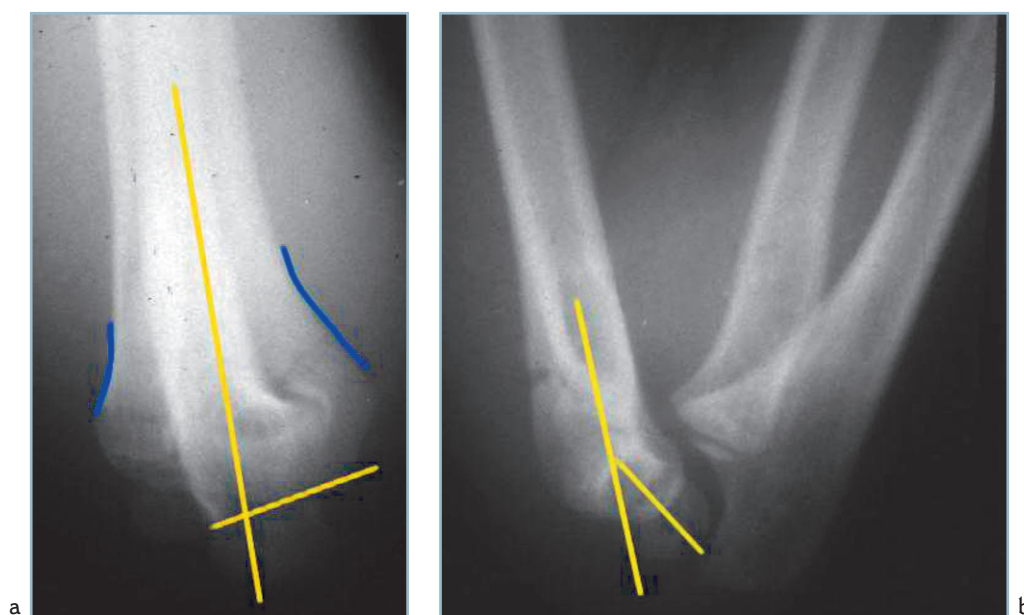
Quatrième étape

La correction de la bascule postérieure est réalisée par la mise en flexion du coude. Les pouces de l'opérateur appuient sur l'olécrâne, et les autres doigts font contre appui sur la face antérieure de la diaphyse humérale (*figure 12.5*). Lorsque le périoste postérieur est intact, on sent une résistance en fin de flexion. Si cette résistance se fait sentir plus précocement lors de la flexion, cela signifie une insuffisance de réduction du fragment distal, ou l'incarcération d'un fragment de partie molle dans la partie

antérieure du foyer fracturaire. Un contrôle radiologique ou scopique apprécie la qualité de la réduction (*figure 12.6*). Les critères de réduction sont la restitution de la continuité des deux colonnes de face. En cas de mauvaise visibilité, on peut s'aider des incidences de trois quarts qui permettent de visualiser au mieux chaque colonne. De profil, il faut s'assurer de retrouver l'aspect en sablier de l'extrémité inférieure de l'humérus, ainsi que l'antéposition normale



12.5 Mise en flexion du coude en appuyant sur l'olécrâne avec le pouce de manière à rechausser et faire basculer en avant le fragment distal.



12.6 Le contrôle scopique s'effectue tant de face que de profil sur un coude maintenu en flexion, et apprécie de face (a), l'alignement des deux colonnes et la normalité de l'angle de Baumann, et de profil (b), la restitution du sablier radiologique et l'antéversion de la palette humérale.

de l'épiphyse. Une hyperflexion de l'épiphyse signe la rupture du périoste postérieur.

CONTENTION

La méthode de Blount repose sur la continuité du périoste postérieur et sa mise en tension à 110° de flexion. Elle n'est utilisable que sous deux conditions :

- si la vascularisation de la main se fait de manière satisfaisante dans cette position. Cela s'apprécie par le temps de recoloration sous-unguéale. On peut s'aider du saturomètre. Il faut savoir être patient car cela peut prendre plusieurs minutes. Si une ischémie persiste, il faut renoncer à cette méthode et relâcher le coude à 90° de flexion. Si la vascularisation se rétablit dans cette position, il faudra alors avoir recours à une autre méthode de stabilisation (ostéosynthèse à foyer fermé si la réduction est de bonne qualité) ;

- si la fracture est stable. L'appréciation de la stabilité se fait en vérifiant que des mouvements latéraux ne déplacent pas l'épiphyse. Il est également utile de vérifier que lorsque la flexion diminue, il ne se produit pas de déplacement. En réalité, la meilleure preuve de stabilité est le caractère anatomique de la réduction.

La contention elle-même se fait selon plusieurs modalités. L'essentiel est que le coude soit fléchi à 110°. Le bandage utilisé est solide et ne doit comprimer ni le cou, ni la main. Certains utilisent un gantelet plâtré pour protéger le

poignet, d'autres une simple bande de mousse inextensible (*figure 12.7*). Dans ce cas, il faut veiller à ne pas mettre les colliers de serrage à des niveaux d'appui en raison du risque de lésion cutanée.

Les antalgiques et les anti-inflammatoires non stéroïdiens sont nécessaires durant quelques jours. L'enfant ne quitte le service qu'après s'être assuré de l'absence de compression par l'appareillage, et la persistance d'une bonne vas-



12.7 Immobilisation selon la technique de Blount.

cularisation de la main. Un contrôle clinique et une radiographie de face et de profil dans le bandage de Blount sont faits vers le huitième jour. La durée d'immobilisation est de trois à quatre semaines selon l'âge.

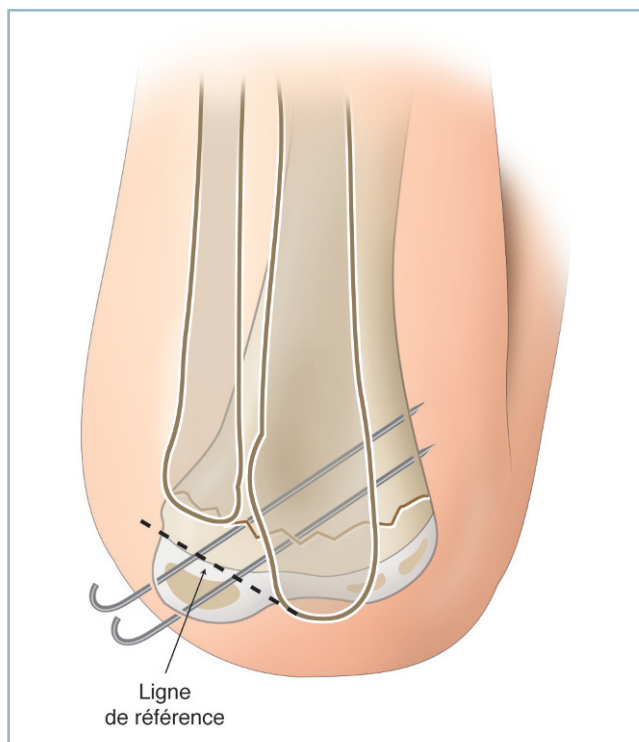
Lorsque la réduction en flexion du coude est possible, mais que les deux conditions indispensables pour utiliser la méthode de Blount ne sont pas réunies, il faut alors stabiliser différemment, par une ostéosynthèse à foyer fermé. Le brochage parallèle condylien latéral, l'embrochage centromédullaire descendant ou le brochage en croix sont les trois techniques utilisées.

BROCHAGE PERCUTANÉ CONDYLIEN LATÉRAL

La méthode originale décrite en 1947 par Judet a été améliorée au fil du temps, et c'est son application actuelle que nous décrivons.

La contention provisoire en flexion du coude est assurée par un garrot élastique. Le coude est désinfecté et un champ laissant apparaître le coude est mis en place. Le membre est positionné en dehors de la table, coude posé sur le récepteur de l'amplificateur de brillance ou sur une table à bras.

Les points d'entrée des broches se situent un peu en arrière de la ligne reliant l'épicondyle latéral et l'olécrane (*figure 12.8*). Nous utilisons des broches de 15 ou de 18 centièmes de millimètre, insérées au moteur à vitesse lente. Le point d'entrée de la première broche est le plus médial possible, proche de l'olécrane de manière à avoir le maximum d'écart entre les deux broches, ce qui améliore la stabilité du montage. La direction doit tenir compte de l'antéversion de la palette humérale, en visant en dedans selon un angle environ de 30°. Le caractère spongieux de l'os à ce niveau fait que la résistance est très minime lors de la pénétration dans le condyle, un peu plus dur lorsque l'on arrive au niveau de la métaphyse. La broche est poussée jusqu'à rencontrer une véritable résistance qui correspond à l'os cortical de la diaphyse humérale. Cette corticale est franchie. Lorsqu'on ne ressent pas cette sensation de butée contre une corticale, deux raisons sont possibles : soit la broche est sortie trop précocement, en zone métaphysaire ou dans le trait de fracture, soit elle est en train de monter dans le canal médullaire. Il faut alors modifier la direction, jusqu'à avoir une broche en bonne position. La deuxième broche est introduite en étant strictement parallèle dans les deux plans, condition indispensable pour avoir un montage stable. La bonne position des broches est vérifiée à l'aide de l'amplificateur de brillance, ainsi que la stabilité du montage une fois le coude ramené à 90° de flexion. Les broches sont sectionnées et enfouies. On complète l'immobilisation par un plâtre brachio-antébrachio-palmar, et un bandage coude au corps pour éviter



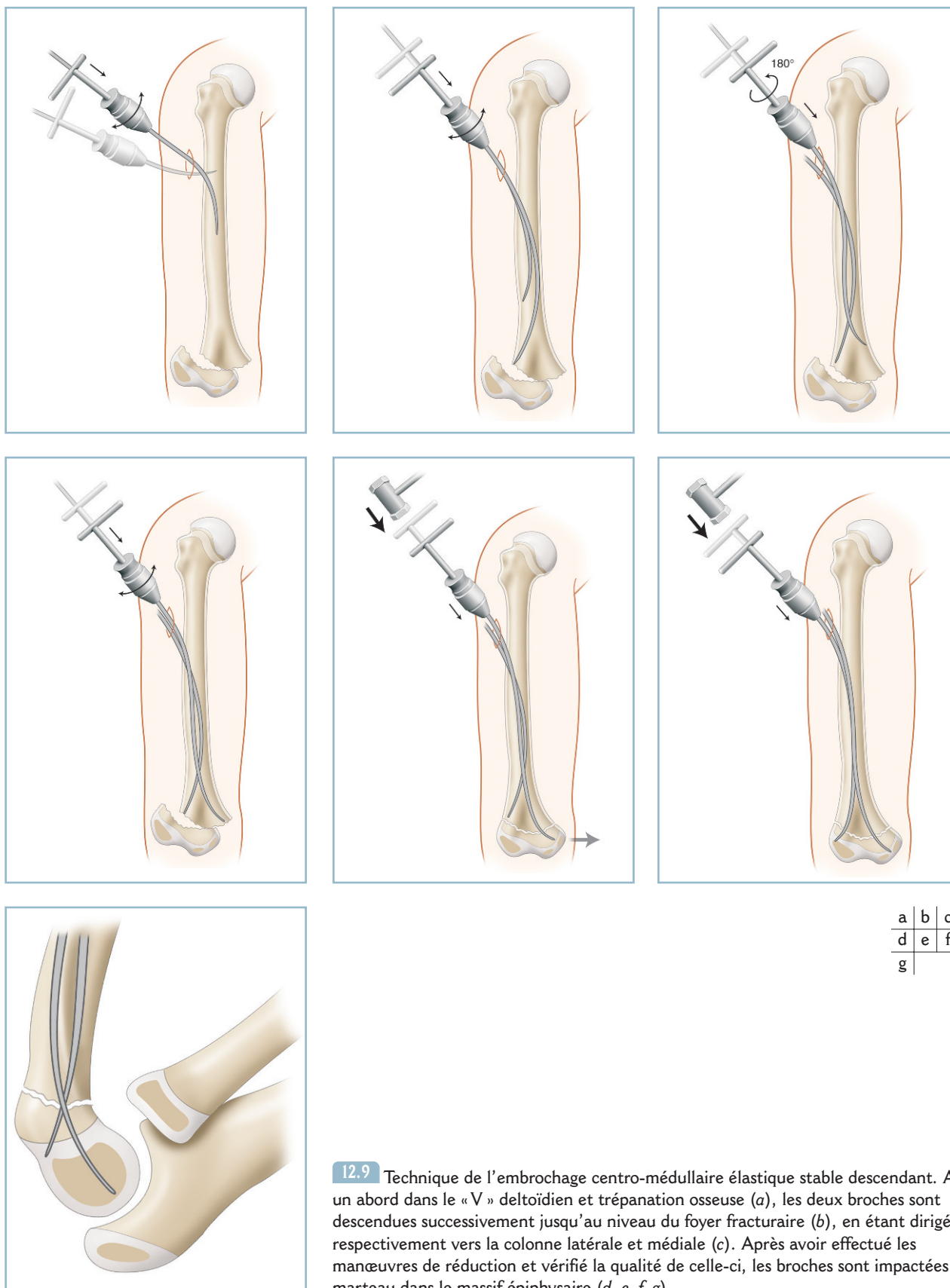
12.8 Repères anatomiques pour le brochage condylien latéral.

Le point d'entrée des broches est situé en arrière de la ligne unissant l'épicondyle latéral et l'olécrane, lorsque le coude est en flexion. Les broches sont parallèles et traversent la cortical opposée.

tout mouvement de rotation externe de l'épaule. L'immobilisation et les broches sont ôtées entre la quatrième et la sixième semaine post-opératoire, et l'enfant est ensuite laissé en auto-rééducation.

EMBROCHAGE CENTROMÉDULLAIRE ÉLASTIQUE STABLE DESCENDANT

Cette technique permet d'obtenir un montage très stable sans abord du foyer de fracture, et sans traverser de zone de croissance. Elle se fait sous anesthésie générale, en décubitus dorsal, le membre atteint reposant sur une table à bras radiotransparente. Les promoteurs préconisent l'utilisation de deux amplificateurs de brillance si possible. L'utilisation de cette méthode ne se conçoit que si la réduction est possible, ce qu'il faut bien évidemment vérifier auparavant. Le membre atteint est entièrement inclus dans le champ opératoire. Les broches de Kirschner, non épointées afin de pénétrer aisément l'os spongieux dense, sont de diamètre 20/100 dans la majorité des cas. Elles sont cintrées et légèrement béquillées à l'extrémité. Elles sont introduites à la face latérale de l'humérus, au niveau du V



12.9 Technique de l'embrochage centro-médullaire élastique stable descendant. Après un abord dans le « V » deltoïdien et trépanation osseuse (a), les deux broches sont descendues successivement jusqu'au niveau du foyer fracturaire (b), en étant dirigées respectivement vers la colonne latérale et médiale (c). Après avoir effectué les manœuvres de réduction et vérifié la qualité de celle-ci, les broches sont impactées au marteau dans le massif épiphysaire (d, e, f, g).

deltoïdien. Après avoir incisé la peau, des ciseaux mousse sont introduits jusqu'à obtenir un contact osseux, en repérant la face antérieure et postérieure de l'humérus. La première broche est descendue jusqu'au foyer de fracture et se dirige vers la colonne latérale. La deuxième broche est également descendue jusqu'au foyer de fracture et est dirigée vers la colonne médiale, grâce à une rotation de 180° imprimée à la broche. La réduction est alors faite, les broches sont impactées fortement au marteau dans le fragment distal dès que la réduction est réalisée et obtenue. L'excellente stabilité du montage fait qu'il n'est pas nécessaire d'immobiliser le membre supérieur, qui est simplement mis en écharpe, afin d'éviter les mouvements excessifs, cela pendant une durée de trois semaines (*figure 12.9*).

ABORD CHIRURGICAL

Les indications de l'abord chirurgical découlent, pour les fractures en extension, de l'impossibilité de réduire la fracture (interposition dans le foyer), ou d'absence de stabilisation possible en raison de la rupture du périoste postérieur. Pour ce qui est des fractures en flexion, il est parfois possible de réaliser un brochage condylien latéral en portant le coude en extension, si une position de stabilité temporaire est trouvée, mais dans la très grande majorité des cas, l'abord chirurgical est indispensable.

Deux voies d'abord sont préférentiellement utilisées : médiale ou postérieure. Pour notre part, nous préférons la voie postérieure qui permet d'avoir un contrôle visuel des deux colonnes.

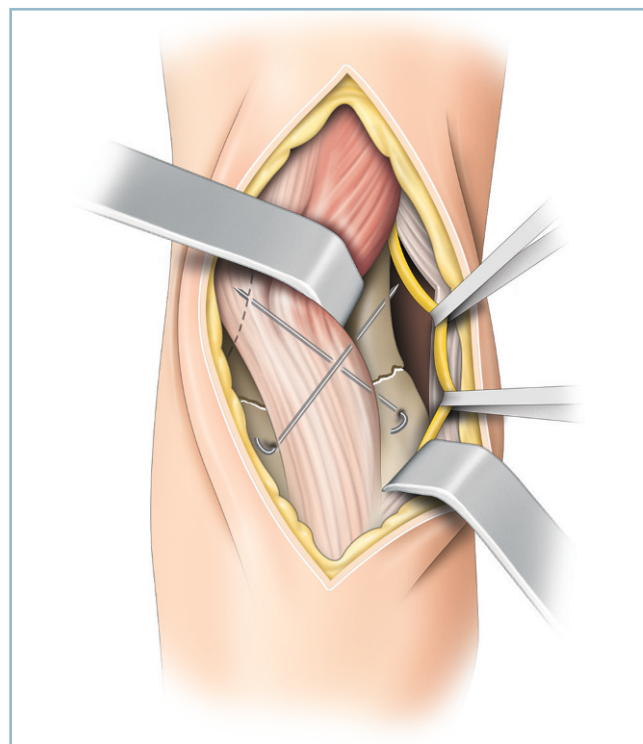
L'enfant est installé en décubitus latéral, la face antérieure du coude posée sur un appui à arthrodèse, l'avant-bras dans le vide. Le garrot pneumatique n'est pas indispensable, surtout chez les enfants très jeunes où son utilisation diminue les possibilités de mobilisation peropératoire du triceps brachial.

L'incision suit le milieu de la face postérieure de la partie distale du bras et descend de quelques centimètres sur l'olécrane. On dégage le bord latéral du triceps, puis on procède de même sur son bord médial après avoir repéré et mis sur lac le nerf ulnaire. Il est utile de le dégager sur plusieurs centimètres de manière à pouvoir le mobiliser lors de la mise en place de la broche médiale. Une fois le dégagement du triceps réalisé, on peut mobiliser le muscle grâce à la mise en place d'un lac en tissu (*figure 12.10*). Les deux colonnes sont alternativement visualisées. On peut alors faire le point sur les lésions du périoste. Le foyer de fracture est nettoyé et cureté précautionneusement. À l'aide d'un davier de type Muller (davier à pointes), la réduction est pratiquée et maintenue, en s'aidant au besoin de la mobilisation du coude par des manœuvres externes. Il ne faut pas s'attendre à pouvoir s'aider des petites indenta-

tions comme on en retrouve lors des fractures diaphysaires. Le caractère spongieux de l'os à ce niveau, la faible épaisseur de la corticale, la comminution souvent observée sont responsables de l'absence de critères fiables de réduction. Une fois la réduction obtenue, la broche latérale est mise en place, puis la broche médiale, en faisant très attention à ne pas léser le nerf ulnaire. Pour pouvoir maintenir la réduction et brocher en même temps, un aide opératoire est indispensable. Si ce n'est pas le cas, on peut s'aider de la manœuvre suivante : après avoir trouvé la position de réduction, on relâche celle-ci. On positionne dans le fragment distal les deux broches, en les amenant jusqu'au niveau du trait de fracture, en vérifiant que leur direction va permettre de prendre chaque colonne. On peut alors réduire une colonne d'une main et pousser la broche de l'autre. La deuxième broche est introduite dans le fragment proximal en maintenant la réduction grâce à la première qu'on tient comme un guidon de vélo.

Le contrôle radiographique de face et de profil permet de visualiser la qualité de la réduction, le bon positionnement des broches ainsi que l'adaptation de leur longueur.

Le montage en croix, avec une broche dans chaque colonne est stable, et il faut éviter que les broches ne se croisent au niveau du trait de fracture. Ce type de brochage à foyer fermé est déconseillé en raison du risque potentiel de lésion du nerf ulnaire.



12.10 Abord postérieur, de part et d'autre du triceps, avec la réalisation d'un brochage en croix après réduction de la fracture. Il faut songer à repérer et à protéger le nerf ulnaire.

Astuces

- La stabilité de la fracture réduite est maximale en rotation latérale de l'épaule : savoir utiliser cette position pour la réalisation des contrôles radiographiques de profil.
- Dans le brochage condylien latéral ou le brochage en croix, les broches doivent impérativement passer la corticale opposée pour assurer un maximum de stabilité.
- Dans l'embrochage descendant, les broches doivent être pointues pour pénétrer l'os spongieux.

La fermeture se fait en deux plans sur un drain de redon aspiratif. On complète l'immobilisation par un plâtre brachio-antébrachio-palmaire pour 5 à 6 semaines.

SUITES POST-OPÉRATOIRES

Quelle que soit la technique utilisée, une fois la consolidation obtenue, il n'est pas utile, voire nocif, de prescrire une rééducation. Les activités sportives sont reprises au troisième mois post-opératoire. Il faut néanmoins bien expliquer que la récupération de la mobilité utile quotidiennement va être rapide, mais que la récupération des amplitudes maximales sera beaucoup plus laborieuse.

Pièges à éviter

- Ne pas tenter d'ostéosynthèse à foyer fermé tant que la réduction n'est pas parfaitement visualisée.
- Ne pas utiliser de bandage de Blount en cas de lésions cutanées ou de troubles vasculo-nerveux.

Bibliographie

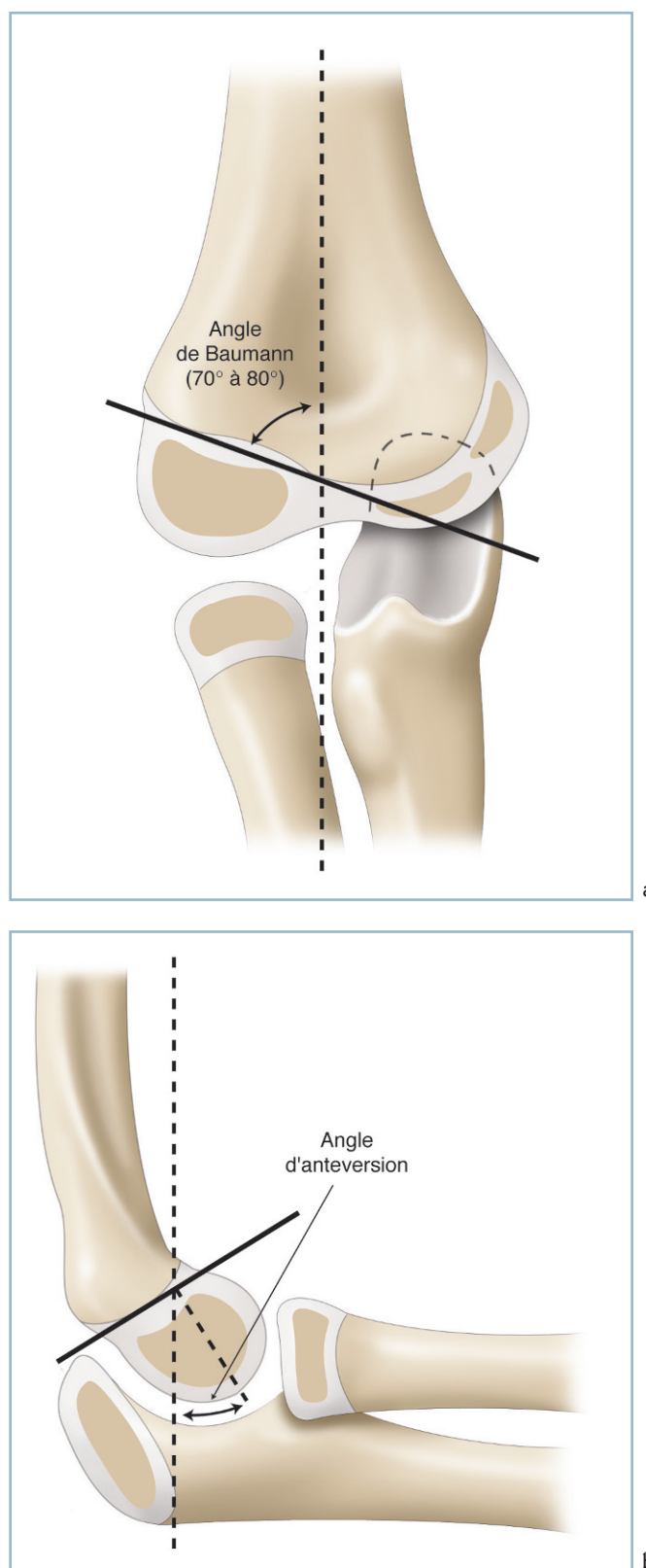
- [1] Chambers HG, Wilkins KE. Fracture and dislocation of the elbow region. In Rockwood CA, Wilkins KE, King RE (editors). *Fractures in children. Volume 3*. 4^e éd. Philadelphia, Lippincott-Raven, 1996 : 653-904.
- [2] Damsin JP, Bahurel J, De Billy B. Fractures supra-condyliennes. In Damsin JP, Langlais J. *Traumatologie de coude de l'enfant. Cahier d'enseignement de la SOFCOT*, Paris, Elsevier, 2000 ; 72 : 34-58.
- [3] Journeau P, Annocaro F. Fracture supra-condylienne de l'humérus. In Lascombes P et al. *Embrochage centromédulaire élastique*. Paris, Masson, 2006.
- [4] Lagrange J, Rigault P. Fractures supra-condyliennes. *Rev Chir Orthop* 1962 ; 48 : 337-414.

Ostéotomies supra-condyliennes de varisation et valgisation

Les déformations post-traumatiques du coude sont des séquelles redoutées des fractures supra-condyliennes de l'humérus chez l'enfant. Leurs causes sont multiples. Il peut s'agir d'un défaut de la réduction initiale. Compte tenu de la faible épaisseur de la palette humérale, les cals vicieux sont rarement unidirectionnels. Au déplacement frontal sont habituellement associés une bascule postérieure de la palette humérale et surtout un décalage en rotation qui est facilement mesuré lors de l'examen clinique. Or, cette fracture supra-condylienne ne tolère pas la moindre imperfection de réduction dans la mesure où les possibilités de remodelage de l'humérus distal sont très faibles. La physe distale de l'humérus n'assure que 20 % de la croissance de cet os. La mobilité du coude, avec un seul degré de liberté en flexion-extension, ne permet pratiquement aucune possibilité de correction progressive d'une déviation en valgus ou en varus. Une autre cause est la survenue d'une nécrose épiphysaire secondaire à l'agression vasculaire osseuse qui date du traumatisme initial. Dans ce cas, une déformation pure, le plus souvent en varus par nécrose de la trochlée est possible.

L'examen clinique apprécie l'axe de l'avant-bras, coude en extension. L'axe frontal physiologique de l'avant-bras est en valgus par rapport au bras, de 5° au plus chez le garçon, de 5 à 15° chez la fille. Les amplitudes articulaires du coude prouvent la bascule postérieure de la palette humérale lorsqu'un recurvatum dépasse 5° et lorsque la flexion est limitée à 120° voire en-deça. La rotation se mesure en demandant à l'enfant de coller ses coudes au corps, et d'assurer une rotation latérale des épaules. Activement, mais aussi passivement, le déficit de rotation latérale devient gênant et disgracieux lorsque sa valeur atteint 30° par rapport au côté opposé. L'augmentation de la rotation médiale est évidente lorsque l'avant-bras passe en arrière du tronc et décolle facilement du dos.

Sur les clichés radiographiques de face, coude en extension, les radiographies comparatives avec le côté opposé permettent de calculer le varus. Rappelons la valeur normale de l'angle de Baumann qui mesure entre 70 et 80° (figure 13.1a). Une autre façon de mesurer la désaxation du coude consiste à calculer l'angle huméro-ulnaire (carrying angle) en le comparant avec le côté sain. La proéminence latérale peut aussi être évaluée. Son index est déterminé



13.1 a. Angle de Baumann physiologique, qui est construit à partir de la tangente au bord supérieur du capitulum rapporté à l'axe de la diaphyse humérale.
b. Angle normal de l'anteversion de la palette humérale.

comme étant la différence entre les largeurs médiale et latérale de la palette humérale par rapport à la ligne axiale diaphysaire rapportée à la largeur globale. Ce pourcentage a l'avantage d'être indépendant de l'âge et des erreurs liées aux agrandissements des clichés radiographiques. De profil, la palette humérale est normalement orientée vers le bas et projetée vers l'avant d'une valeur de 30 à 40° (*figure 13.1b*). Quant au défaut rotatoire, il ne peut être mesuré sur les radiographies et sa détermination par tomodensitométrie n'est pas très fiable. En effet, le calcul de la rétroversion physiologique du col huméral nécessite des repères anatomiques insuffisamment précis chez l'enfant. Toutefois, ce trouble rotatoire est presque constamment présent dans les défauts d'axe frontal, mais est souvent sous-estimé, voire méconnu.

CUBITUS VARUS DE 30° ET DÉCALAGE MÉDIAL DE 30°

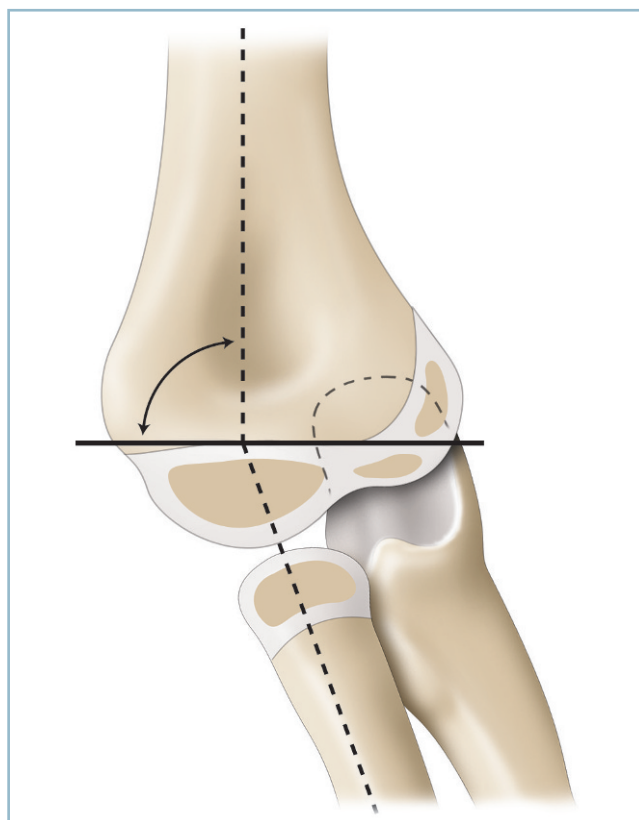
(*figure 13.2*)

Cette séquelle est particulièrement disgracieuse car, en position spontanée, bras le long du corps, le coude est écarté du tronc et paraît être en flessum du fait de l'attitude en rotation médiale. Lorsque l'enfant tourne son épaule en dehors de façon à orienter le pli du coude vers l'avant, la déformation de l'avant-bras en varus est très inesthétique. Le plus souvent, les amplitudes articulaires en flexion-extension sont bien conservées, au prix d'un fréquent recurvatum. La pronosupination est normale.

L'objectif de l'intervention chirurgicale est donc de corriger l'ensemble de la déformation. Si le déficit de rotation latérale n'est pas pris en compte, le résultat sera décevant, car l'enfant gardera toujours l'attitude disgracieuse de son membre supérieur, en rotation médiale avec une saillie du coude vers le dehors. De plus, il est primordial de ne pas translater le massif épiphysaire huméral en dehors par rapport à l'axe de la diaphyse. En effet, le relief proéminent de l'épicondyle latéral contribuerait à perpétuer l'aspect anormal.

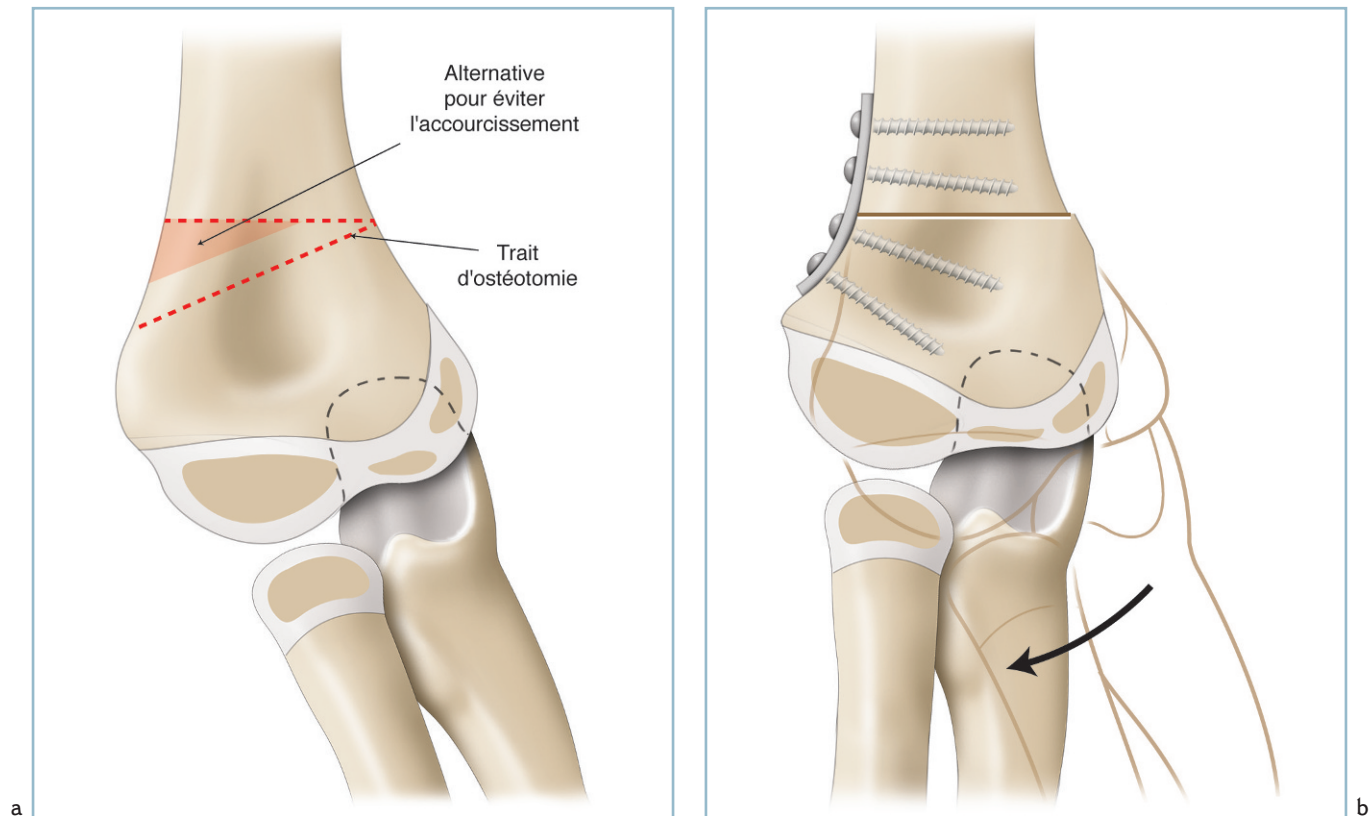
L'ostéotomie distale de l'humérus doit donc répondre au cahier des charges suivant (*figure 13.3*) :

- être située le plus près possible du foyer de fracture tout en permettant une ostéosynthèse qui reste à distance de la physe humérale distale ;



13.2 Cubitus varus de 25° (angle huméro-radial 20° + 5° physiologiques) chez un garçon. Angle de Baumann 92°. (La valeur variable de l'angle de Baumann impose de réaliser une radiographie controlatérale pour déterminer la valeur de référence propre à l'enfant.)

- être complète pour pouvoir assurer la correction axiale ;
 - permettre de corriger le varus et un éventuel recurvatum par, dans ce cas, la possibilité d'une résection d'un coin osseux à base antéro-latérale selon une ostéotomie de soustraction ;
 - et assurer la translation médiale du fragment distal pour conserver son alignement avec la diaphyse humérale.
- Une ostéosynthèse stable est préférable. Une plaque vissée quatre trous dite à petit fragment offre plus de stabilité et d'efficacité qu'un double embrochage parallèle ou en croix.



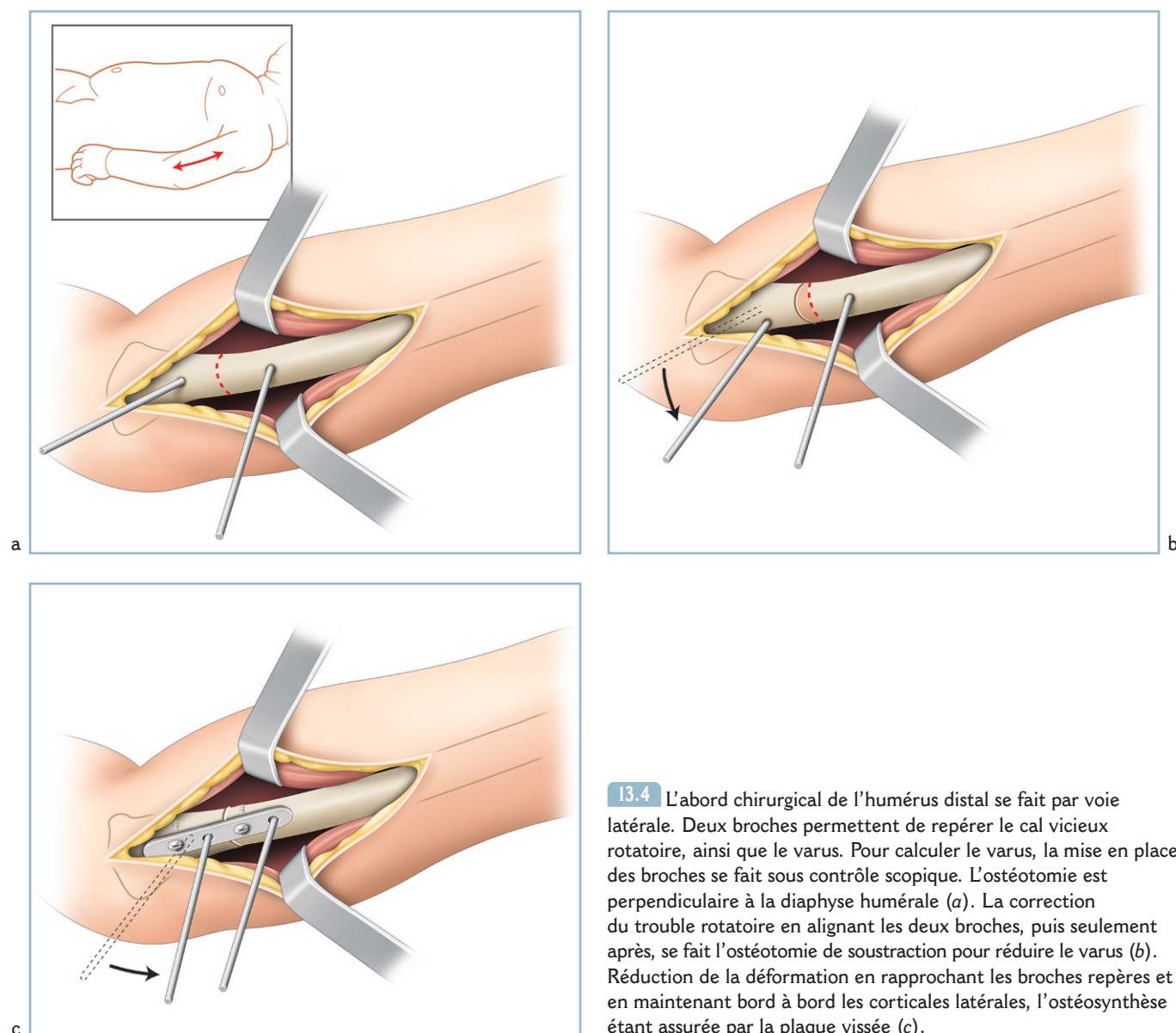
13.3 Trait d'ostéotomie de soustraction et de valgisation de 25°. La correction de la rotation est possible. De façon à limiter l'accourcissement de l'humérus le coin osseux de soustraction peut être uniquement sur la moitié latérale de l'humérus (a). Il est nécessaire de réaliser une médialisation du fragment distal en alignant les corticales latérales afin d'éviter le débord latéral. L'ostéosynthèse est assurée par une plaque vissée (b).

Technique opératoire (figure 13.4)

Sous anesthésie générale, le membre supérieur préparé stérilement est installé sur une table à bras radiotransparente. Un garrot pneumatique stérile permet d'avoir le champ opératoire le plus large possible.

L'incision cutanée est située sur la face latérale de la partie distale du bras, au-dessus de l'épicondyle latéral, en regard du bord latéral de l'humérus. Une erreur fréquente consiste à la positionner trop en avant et à risquer alors un conflit avec le nerf radial dans la gouttière bicipitale latérale. L'incision mesure environ 7 à 8 cm de longueur. Le fascia superficiel est incisé verticalement et la face ou le bord latéral de l'humérus distal est abordé en laissant en arrière le muscle triceps brachial. Le périoste est incisé verticalement puis ruginé largement en avant et en arrière de l'humérus de façon à pouvoir placer deux écarteurs contrecoudés sur le bord médial de cet os. Sous le contrôle de l'amplificateur de brillance, il est vérifié la possibilité d'insérer 2 des vis de la plaque vissée au-dessous de l'ostéotomie tout en restant au-dessus de la physe. Deux broches sont alors implantées de part et d'autre du foyer d'ostéo-

tomie : l'une distale pénètre le bord latéral de la palette humérale, celui-ci étant bien marqué, et se dirige parallèlement à l'interligne articulaire du coude ; l'autre proximale fait un angle horizontal égal à l'angle de la correction souhaitée du cal vicieux rotatoire. L'idéal est que les broches soient situées de façon à pouvoir correspondre à des trous de la future plaque d'ostéosynthèse. Une première ostéotomie à la scie oscillante est faite à distance adéquate de la physe, perpendiculairement à l'axe de la diaphyse humérale. La correction du trouble rotatoire est faite en tournant le fragment distal en rotation latérale et en alignant les deux broches. Une deuxième ostéotomie, distale, faite après la correction rotatoire, permet l'ablation d'un coin osseux à base latérale. L'angle de ce coin correspond à celui de la correction du cubitus varus, et ce trait est volontiers parallèle à la physe du capitulum. De façon à diminuer l'accourcissement de l'humérus, il est possible de réséquer ce coin osseux sur la seule moitié latérale de l'humérus. La palette humérale est alors réduite en valgus à l'aide des deux broches, la plaque d'ostéosynthèse est placée sur le bord latéral de l'humérus, si possible au travers des broches qui restent alignés dans le plan horizontal, ce qui facilite la



13.4 L'abord chirurgical de l'humérus distal se fait par voie latérale. Deux broches permettent de repérer le cal vicieux rotatoire, ainsi que le varus. Pour calculer le varus, la mise en place des broches se fait sous contrôle scopique. L'ostéotomie est perpendiculaire à la diaphyse humérale (a). La correction du trouble rotatoire en alignant les deux broches, puis seulement après, se fait l'ostéotomie de soustraction pour réduire le varus (b). Réduction de la déformation en rapprochant les broches repères et en maintenant bord à bord les corticales latérales, l'ostéosynthèse étant assurée par la plaque vissée (c).

suite de l'intervention lorsque des vis canulées sont utilisées. La plaque vissée doit être cintrée pour épouser la forme prise par le bord latéral de l'humérus distal. Il convient de veiller à maintenir les deux cortex latéraux bord à bord. Ainsi, le fragment latéral n'est pas latéralisé, mais médialisé et parfaitement aligné par rapport à la diaphyse humérale. Les vis auto-taraudeuses sont placées de façon habituelle et le foyer d'ostéotomie peut être mis en compression. Un drainage est laissé en place, le fascia est suturé, puis le plan sous-cutané. La peau est fermée par un surjet intradermique. Un pansement compressif provisoire sera remplacé par un plâtre brachio-antibrachio-palmaire pour une durée de 5 à 6 semaines. Après l'ablation du plâtre, la rééducation n'est habituellement pas nécessaire.

CUBITUS VARUS SANS TROUBLE ROTATOIRE

La gêne occasionnée par le cubitus varus isolé n'est pas uniquement fonctionnelle. Elle est également d'ordre esthétique en raison de la saillie disgracieuse de l'épicondyle latéral. L'absence de défaut rotatoire permet la correction par une ostéotomie monoplan dont l'objectif est double : d'une part corriger le cubitus varus et d'autre part obtenir un excellent alignement entre le condyle articulaire et la diaphyse humérale. L'ostéotomie supra-condylienne en dôme, décrite par Tien [7] répond à ces deux exigences.

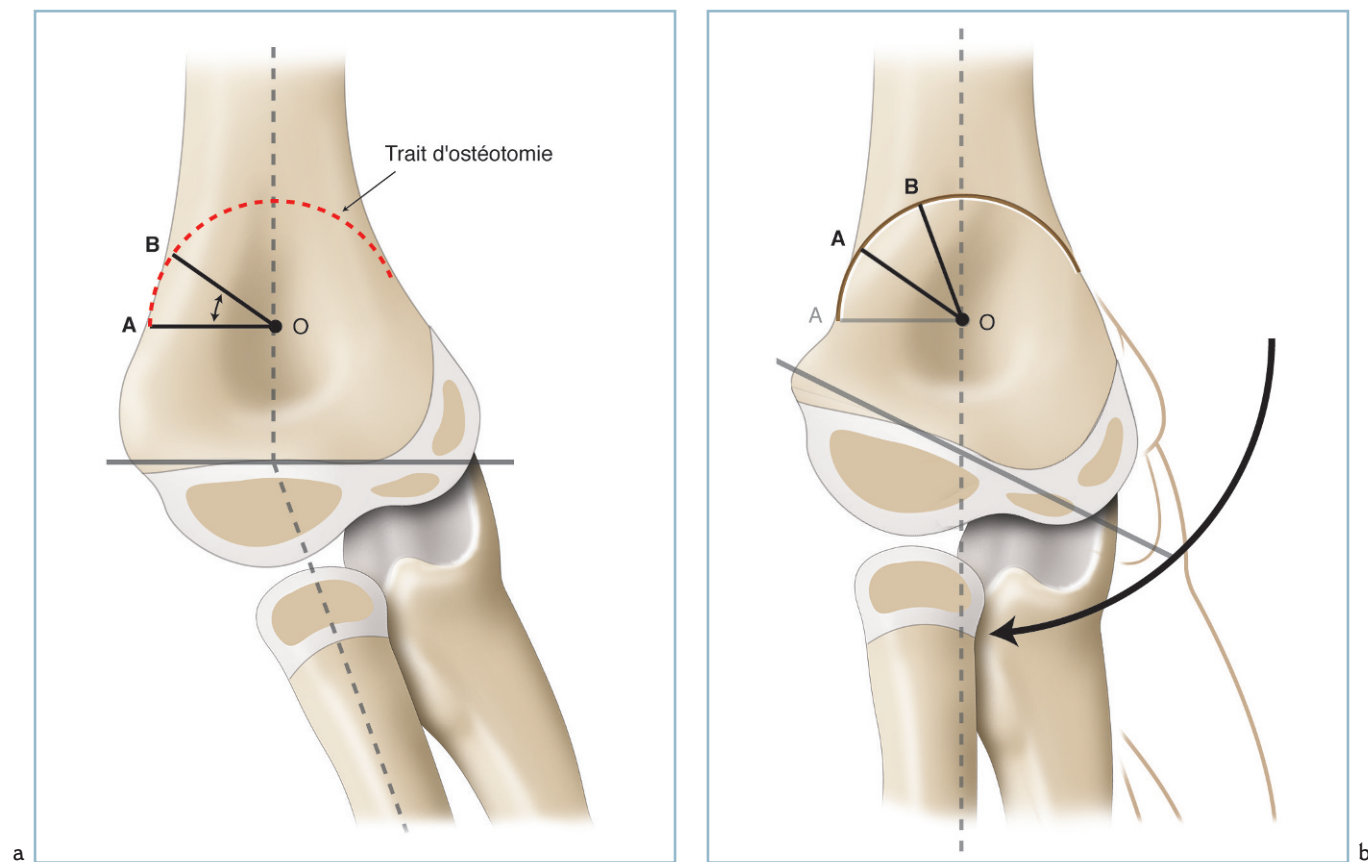
Technique opératoire [5]

L'extrémité distale de l'humérus est exposée par voie postérieure. Il est possible d'inciser le long du bord médial du tendon tricipital et de le récliner en dehors. Plus classiquement, le tendon est sectionné en V pour être réparé en fin d'intervention. Le périoste huméral est incisé verticalement sur la ligne médiane, il est récliné de part et d'autre, et les bords médial et latéral de l'humérus donnent un appui aux écarteurs de Hohmann. La ligne axiale médio-diaphysaire coupe le sommet de la fossette olécraniennne en un point marqué O qui est considéré comme étant le centre du dôme. Sur le bord latéral, la limite entre le périoste et le périchondre de l'épicondyle latéral correspond au point A. L'angle de correction souhaitée, AOB, permet de marquer le point B sur le bord latéral de l'humérus. Le rayon OB est le rayon du dôme qui est alors tracé. Avec une mèche de 2 à 2,5 mm, l'ostéotomie « timbre-poste » est tracée ; elle est complétée à l'aide d'un petit ostéotome tandis que le chirurgien prend garde à ne pas léser les structures vasculo-nerveuses antérieures du coude. Le segment AB est bien dépériosté et ses angles sont légèrement émoussés de façon

à faciliter le mouvement de rotation. Le fragment huméral distal est alors pivoté de façon à ce que le point distal A prenne la place du point proximal B. Le coude est alors parfaitement aligné. L'ostéotomie est fixée le plus souvent par deux broches en croix. Les suites opératoires sont comparables à la technique précédemment décrite.

CUBITUS VALGUS

La déformation en cubitus valgus est plus rare. Dans ce cas, les défauts rotatoires doivent également être parfaitement mesurés. La voie d'abord latérale peut être proposée, en sachant que l'ablation d'un coin osseux à base médiale est plus difficile. Quoi qu'il en soit, il est important de maintenir l'alignement cortical latéral et la médialisation du fragment distal de façon à éviter la saillie inesthétique de l'épicondyle latéral. La plaque d'ostéosynthèse doit être cintrée à la demande pour épouser au mieux la morphologie osseuse. Cette correction chirurgicale peut aussi être réalisée par voie médiane dont la cicatrice est plus esthétique [2].



- 13.5** a. À partir du centre du dôme, on trace un triangle, dont le sommet est le point O, et la projection du petit côté est la ligne AB, sur le bord latéral de l'humérus. La valeur de l'angle AOB correspond à la valeur qui doit être corrigée.
b. L'ostéotomie en timbre-poste est réalisée en suivant le rayon de courbure de la ligne OB, puis le fragment distal huméral tourne autour du point O, de manière à ce que le point A vienne se placer sur l'ancien emplacement du point B.

Points importants

- Bien évaluer les troubles de rotation.
- Ne pas latéraliser la palette humérale : conserver une charnière osseuse corticale médiale est contre-indiqué.
- Aligner les corticales latérales sous une plaque vissée moulée, ce qui permet de médialiser automatiquement le fragment distal.

Lorsque le cubitus valgus est isolé, sans défaut rotatoire, une ostéotomie en dôme inverse à celle qui corrige le cubitus varus est tout à fait possible. Celle-ci peut même être associée au traitement de la pseudarthrose du condyle latéral, qui est fréquemment associée à ces déformations en cubitus valgus [6].

AUTRES TECHNIQUES CHIRURGICALES

La lecture de la littérature permet de considérer de nombreuses méthodes chirurgicales qui nous font rappeler que les fractures supra-condyliennes du coude de l'enfant restent des fractures graves, car elles exposent aux séquelles dès que leur réduction initiale n'est pas anatomique. On doit à French la popularisation de l'ostéotomie latérale de soustraction qui a pour inconvénient majeur de latéraliser la palette humérale et de majorer la saillie latérale [1].

C'est pourquoi divers traitements sont proposés, dont des ostéotomies plus sophistiquées que l'ostéotomie en dôme, également par voie postérieure, de type pentagonal ou en chevron, parfois ostéosynthésées par une plaque postérieure en Y [3]. La voie d'abord médiale, avec protection des éléments vasculo-nerveux, a l'avantage d'une cicatrice plus cosmétique que l'abord latéral [2].

Quant aux méthodes d'ostéosynthèses, elles ont toutes été décrites, depuis les simples embrochages et vissages jusqu'aux fixateurs externes de type Ilizarov ou autres [4], en passant par les plaques vissées qui ont notre préférence.

Pièges à éviter

- Inciser trop haut et/ou trop en avant sur le bras et risquer d'atteindre le nerf radial.
- Se laisser tenter par une ostéotomie conservant la corticale médiale intacte, ce qui induirait une saillie de l'épicondyle latéral et ne corrigerait pas le trouble rotatoire lorsqu'il existe.

Bibliographie

- [1] French PR. Varus deformity of the elbow following supra-condylar fractures of the humerus in children. *Lancet* 1959 ; 2 : 439-41.
- [2] Hui JH, Torode IP, Chatterjee A. Medial approach for corrective osteotomy of cubitus varus. *J Pediatr Orthop* 2004 ; 24 : 477-81.
- [3] Kim HT, Lee JS, Yoo CI. Management of cubitus varus and valgus. *J Bone Joint Surg* ; 87 : 771-80.
- [4] Koch PP, Exner U. Supra-condylar medial open wedge osteotomy with external fixation for cubitus varus deformity. *J Pediatr Orthop* 2003 ; 12 : 116-22.
- [5] Pankaj A, Dua A, Malhotra R, Bhan S. Dome osteotomy for posttraumatic cubitus varus. A surgical technique to avoid lateral condylar prominence. *J Pediatr Orthop* 2006 ; 26 : 61-6.
- [6] Tien YC, Chen JC, Fu YC et al. Supra-condylar dome osteotomy for cubitus valgus deformity associated with a lateral condylar nonunion in children. Surgical technique. *J Bone Joint Surg* 2005 ; 87 : 1456-63.
- [7] Tien YC, Chih HW, Lin GT et al. Dome corrective osteotomy for cubitus varus deformity. *Clin Orthop* 2000 ; 380 : 158-66.

Allongement progressif de l'humérus

F. LAUNAY, J.-L. JOUVE,
Y. GLARD, E. VIEHWEGER,
G. EDGARD-ROSA, G. BOLLINI

Les allongements osseux du membre supérieur, et en particulier les allongements de l'humérus, sont plus rares que les allongements du membre inférieur du fait essentiellement de la plus grande tolérance fonctionnelle d'une inégalité de longueur modérée des membres supérieurs. En général, une indication d'allongement du membre supérieur n'est posée qu'en cas d'inégalité de longueur supérieure ou égale à 4 cm. L'inégalité peut être congénitale ou liée à une épiphysiodèse du cartilage de croissance huméral proximal d'origine tumorale, infectieuse, ou traumatique [5]. Cependant, il existe de plus en plus de demandes d'allongement bilatéral dans le cadre de maladies osseuses constitutionnelles responsables de nanismes [4].

Une fois l'indication posée, il faut bien faire prendre conscience à l'enfant et à son entourage que l'allongement se fera à l'aide d'un fixateur externe porté pendant plusieurs mois et qu'il faudra probablement faire face pendant cette période à diverses complications. En général, l'âge habituel pour un allongement d'humérus se situe entre 12 et 14 ans, c'est-à-dire lorsque l'inégalité définitive totale est pratiquement acquise.

Conseil

Il est important de bien avertir l'enfant et son entourage de la fréquence importante des complications, ce qui évitera des conflits ultérieurs.

En ce qui concerne le matériel utilisé pour l'allongement de l'humérus, il est possible d'utiliser des fixateurs monolatéraux ou des fixateurs circulaires. *A priori*, les fixateurs monolatéraux sont utilisés quand un simple allongement sans correction axiale doit être réalisé [5]. Les fixateurs circulaires sont plutôt utilisés lorsqu'une correction d'axe s'avère nécessaire au cours de l'allongement. Pour notre part, nous préférons utiliser un fixateur monolatéral même lorsqu'une correction d'axe est nécessaire, et ce pour les raisons suivantes :

- la mise en place d'un fixateur externe circulaire au niveau du bras est pour nous plus risquée d'un point de vue vasculaire et nerveux que la mise en place d'un fixateur monolatéral ;

- le fixateur monolatéral offre à notre sens un meilleur confort pour le patient que le fixateur circulaire ;

- lorsqu'une correction d'axe s'avère nécessaire en plus de l'allongement, il est tout à fait possible de faire cette correction extemporanément afin de débiter un allongement sur un os normo-axé.

Ainsi, nous décrirons ici notre technique opératoire d'allongement de l'humérus à l'aide d'un fixateur externe monolatéral.

TECHNIQUE OPÉRATOIRE

Installation

L'intervention se déroule sous anesthésie générale associée à une anesthésie loco-régionale. L'anesthésie loco-régionale consiste en un bloc plexique avec ou sans la mise en place d'un cathéter d'analgésie parascapulaire.

Le patient est en décubitus dorsal avec un billot sous l'épaule du côté opéré. Avant de mettre en place les champs opératoires, il est nécessaire de bien latéraliser le patient vers le bord de la table et vérifier que l'ensemble de l'humérus soit bien visible lors de l'utilisation de la scopie. Le champ opératoire inclut l'ensemble du membre supérieur opéré, y compris l'épaule (*figure 14.1*).

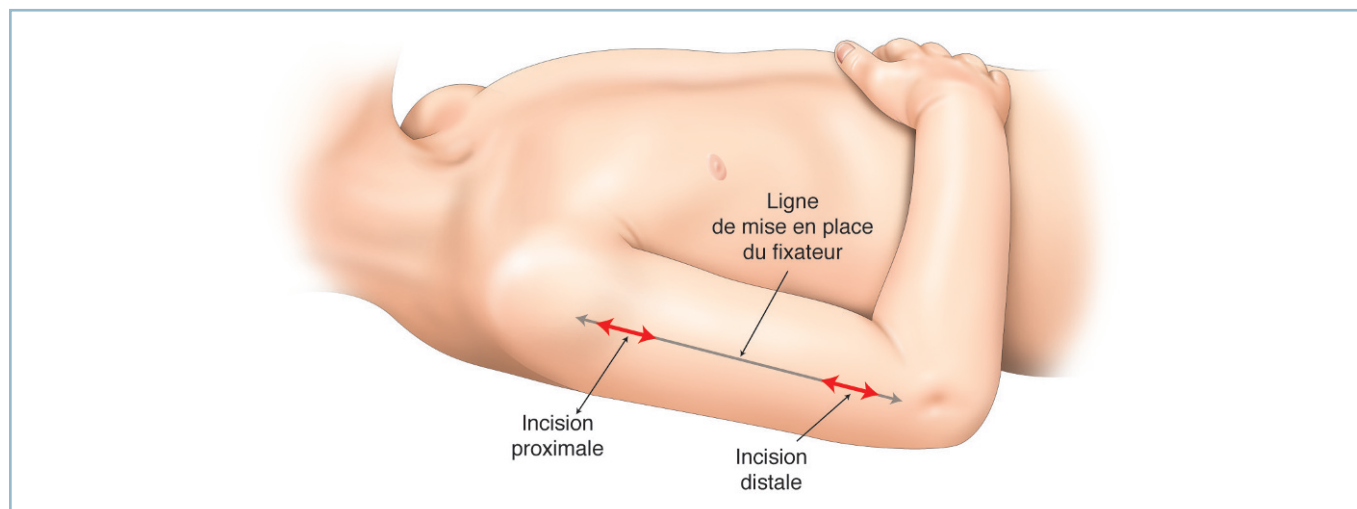
Mise en place du fixateur externe

L'allongement se fait à l'aide d'un rail d'allongement monolatéral avec quatre fiches (deux fiches de part et d'autre de l'ostéotomie) dont le filetage est recouvert d'hydroxyapatite. Si un simple allongement est souhaité, le fixateur externe sera mis en place avant de réaliser l'ostéotomie. S'il faut réaliser une correction d'axe complémentaire, il faut tout d'abord faire l'ostéotomie, corriger l'axe osseux, puis mettre en place le fixateur externe.

Afin de poser le plus correctement possible le fixateur externe, qui est situé à la face latérale du segment brachial, il faut en premier lieu mettre en place la fiche la plus proximale. Elle doit être perpendiculaire à l'os et son site d'insertion se situe juste au-dessus de l'insertion humérale du deltoïde, à l'aplomb de la pointe du V deltoïdien (*figure 14.2*). Il s'agit d'une zone sans risque car le nerf circonflexe est plus haut à environ deux travers de doigt au-dessous de l'acromion.

Risque opératoire

Pour éviter de léser le nerf circonflexe avec la fiche la plus proximale, il faut l'insérer juste au-dessus de l'insertion du deltoïde.

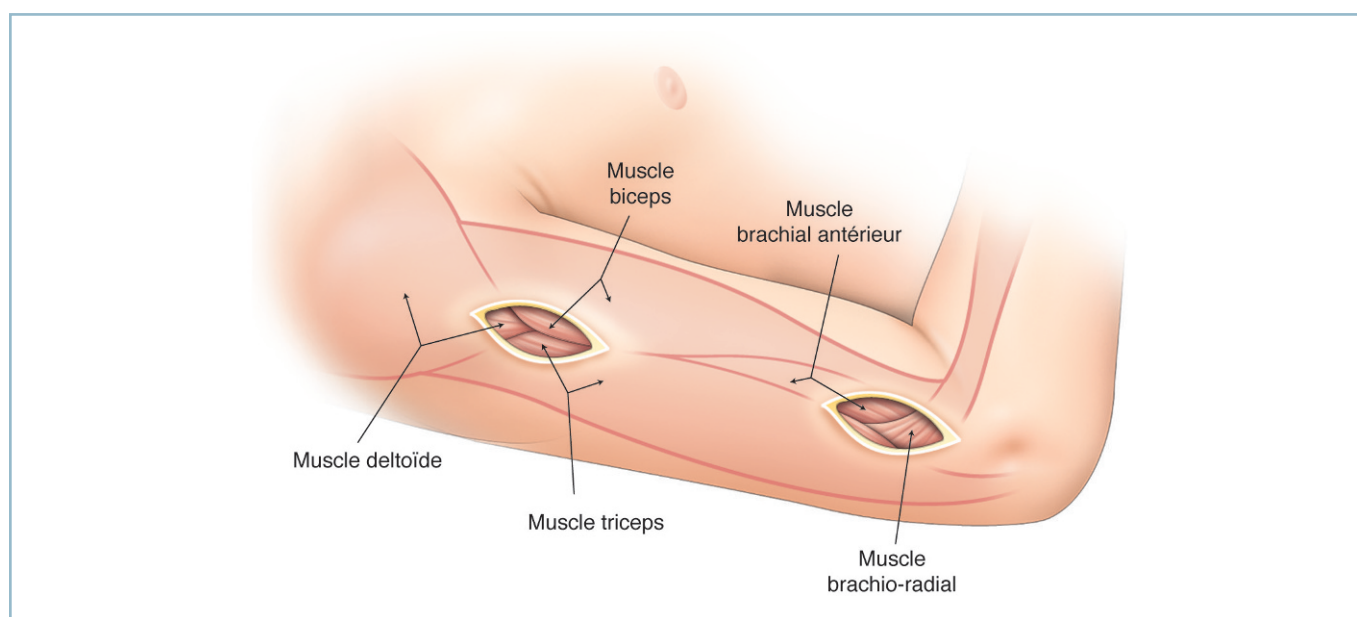


14.1 Installation du patient en décubitus dorsal, l'ensemble du membre supérieur étant inclus dans le champ opératoire, et positionné sur une table radio-transparente afin de pouvoir réaliser les contrôles scopiques. Le positionnement du fixateur monolatéral se fait selon une ligne unissant la pointe du V deltoïdien et l'épicondyle latéral.

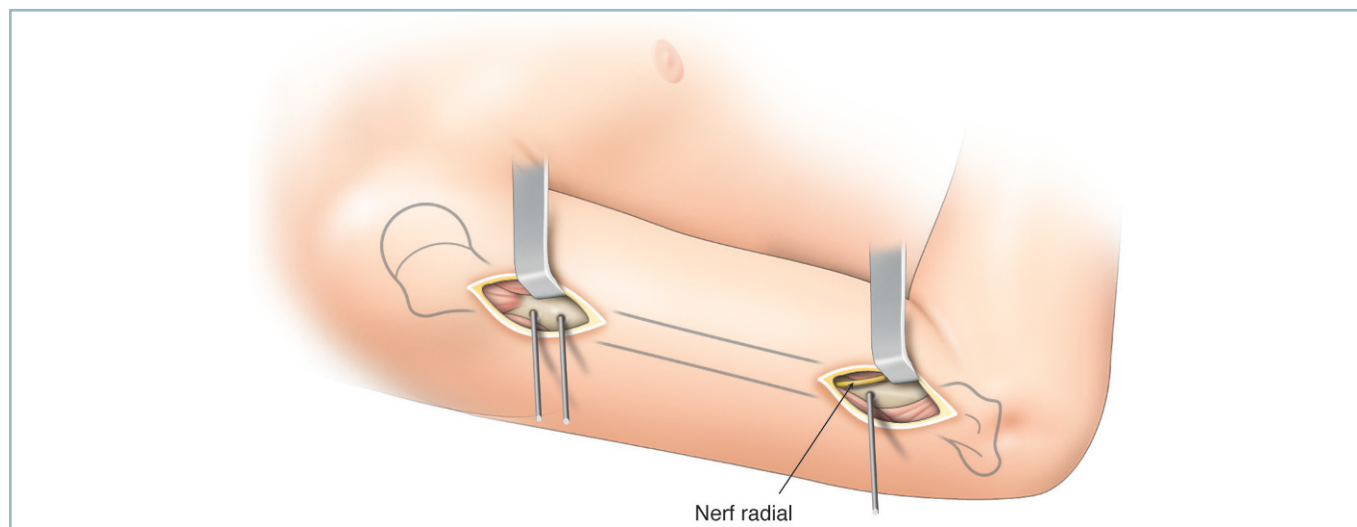
Il faut ensuite poser le rail et mettre en place la fiche la plus distale, en se servant du rail pour que les deux fiches soient strictement parallèles l'une par rapport à l'autre. Cette fiche est positionnée au niveau du tiers distal de la diaphyse en dessous du passage du nerf radial (*figure 14.3*). Pour mettre cette fiche, le coude doit être fléchi, afin de repousser en avant le nerf radial limitant ainsi les risques de lésion nerveuse. Toutefois, il est prudent, voire indis-

pensable de réaliser un mini-abord permettant de visualiser et de contrôler le nerf radial lors de la mise en place des fiches distales.

Le fait de d'abord mettre en place les fiches les plus extrêmes, au lieu de mettre en place successivement les fiches de proximal en distal ou de distal en proximal, évite ainsi d'avoir des fiches excentrées par rapport à l'os.



14.2 Incision proximale juste en regard du V deltoïdien, et distale, en avant du muscle brachio-radial.



14.3 Il est nécessaire de repérer le nerf radial au niveau de l'incision distale, de manière à positionner les fiches en aval du nerf, afin qu'il ne soit pas étiré ou comprimé par une fiche au cours de l'allongement.

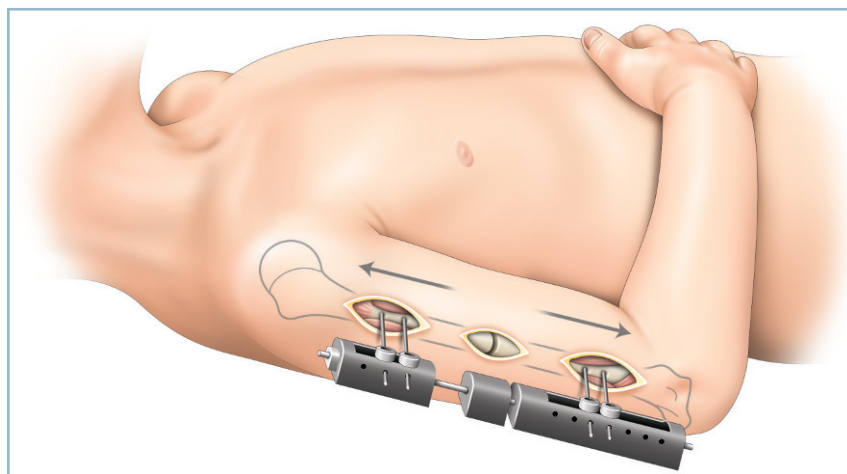
Astuce

Le fait de mettre d'abord en place les deux fiches les plus éloignées de l'ostéotomie permet d'avoir un fixateur externe parfaitement centré par rapport à l'os.

Enfin, il faudra mettre en place les deux autres fiches à travers le chariot du rail d'allongement.

Ostéotomie

Ensuite, tout en laissant le fixateur en place, il faut faire l'ostéotomie. Il est préférable de faire une ostéotomie à foyer ouvert plutôt que de façon percutanée afin d'éviter une atteinte du nerf radial [3]. L'ostéotomie peut se faire par un abord externe à la jonction du tiers supérieur et du tiers moyen de la diaphyse [4] car le nerf radial devient externe par rapport à l'humérus à la jonction tiers moyen – tiers inférieur. Après avoir dépériosté minutieusement l'humérus et protégé les parties molles à l'aide de deux écarteurs contre-coudés, l'ostéotomie se fait tout d'abord à l'aide d'une mèche permettant ainsi de fragiliser la corticale puis complétée à l'aide d'un ciseau à frapper [2,3] (*figure 14.4*). À ce stade, nous ne réalisons aucun allongement extemporané même de quelques millimètres.



14.4 Réalisation de l'ostéotomie à ciel ouvert, après la mise en place du fixateur, et en prenant soin de protéger le nerf radial à l'aide d'écarteurs contre-coudés.

Fermeture

Après avoir soigneusement refermé le périoste, la fermeture s'effectue en deux plans sans aucun drainage afin de préserver au maximum l'hématome autour de l'ostéotomie. Un pansement sec sera alors réalisé en laissant visible le corps du fixateur externe et le membre supérieur sera maintenu par une simple écharpe.

SUITES OPÉRATOIRES ET ALLONGEMENT

L'allongement sera débuté entre le cinquième et le septième jour post-opératoire au rythme de 0,5 mm matin et soir. Il ne doit pas dépasser 20 % de la longueur totale de l'humérus [5] (*figure 14.5*).

Pendant l'allongement, la kinésithérapie est essentielle pour éviter l'apparition d'un enraidissement de l'épaule ou du coude, et en particulier l'apparition d'un flessum du coude.

Pendant cette phase d'allongement, il faudra surveiller très régulièrement le patient pour dépister toute complication. Les complications liées à la phase d'allongement sont



14.5 Allongement de l'humérus en fin de croissance pour raccourcissement lié à une épiphysiodèse post-traumatique, sans dépasser 20 % de la longueur initiale de l'os.

nombreuses même si elles sont moins nombreuses que lors d'un allongement du membre inférieur. Les complications les plus importantes sont les suivantes :

- les phénomènes douloureux ;
- l'infection locale au niveau des fiches qui sera traitée par des soins locaux associés ou non à une courte antibiothérapie en fonction des résultats des prélèvements bactériologiques ;
- les raideurs articulaires [3] qui pourront amener à ralentir voire à arrêter de façon transitoire l'allongement ;
- le déficit du nerf radial qui peut être étiré [1]. En général, la récupération est spontanée et complète en quelques semaines. Elle peut toutefois amener à ralentir pendant quelques jours le programme d'allongement voire à le stopper.

Ensuite, lorsque la phase d'allongement est terminée, le patient entre dans une phase de consolidation. Pendant cette phase, non seulement les mêmes complications douloureuses et infectieuses peuvent être notées, mais de plus, on peut voir apparaître des retards de consolidation, voire des pseudarthroses [5] qui vont nécessiter une greffe osseuse secondaire. D'un autre côté, il est aussi possible de voir apparaître une consolidation osseuse précoce avant la fin de l'allongement qui obligera soit le patient à se contenter de l'allongement obtenu soit à retourner au bloc opératoire pour réaliser une ostéotomie itérative.

Finalement, même si les indications d'allongements de l'humérus sont relativement rares, une technique opératoire simple mais rigoureuse doit pouvoir permettre d'atteindre les objectifs fixés entre le chirurgien et le patient.

Bibliographie

- [1] Dal Monte A, Andrisans A, Manfrini M et al. Humeral lengthening in hypoplasia of the upper limb. *J Pediatr Orthop* 1985 ; 5 : 202-7.
- [2] De Pablos J. *Callotaxis. Cahiers d'enseignement de la SOF-COT*. Elsevier, Paris, 2003 ; 82 : 141-66.
- [3] Hosny GA. Unilateral humeral lengthening in children and adolescents. *J Pediatr Orthop part B* 2005 ; 14 : 439-43.
- [4] Kashiwagi N, Suzuki S, Seto Y et al. Bilateral humeral lengthening in achondroplasia. *Clin Orthop* 2001 ; 391 : 251-7.
- [5] Young-In Lee F, Schoeb JS, Yu J et al. Operative lengthening of the humerus. Indications, benefits, and complications. *J Pediatr Orthop* 2005 ; 25 : 613-6.

Synostoses congénitales de l'avant-bras (ostéotomie transversale, ostéotomie en roseau, fixateur externe)

S. PANNIER, Z. PEJIN,
V. TOPOUCHIAN, C. GLORION

La synostose de l'avant-bras est une affection rare caractérisée par une fusion radio-ulnaire proximale, responsable de la disparition des mouvements de pronosupination, avec un avant-bras bloqué le plus souvent en position neutre ou en hyperpronation. L'étiologie de la synostose de l'avant-bras reste inconnue, une cause génétique est suggérée devant l'existence d'histoires familiales ou son association plus fréquente à des maladies génétiques comme le syndrome d'Apert, de William ou de Klinefelter [1]. Un défaut de segmentation longitudinale survenant précocement vers la 7^e semaine de développement fœtal serait à l'origine de la malformation, responsable de la persistance d'un pont fibreux ou osseux entre le radius et l'ulna, secondaire à une anomalie du trajet de l'artère interosseuse postérieure. La synostose fixant définitivement le squelette de la partie supérieure de l'avant-bras en position neutre par rapport à la palette humérale, la différence de croissance entre l'arbre artériel et le radius dans le développement ultérieur du squelette est responsable de la pronation habituelle de l'avant-bras connue dans cette anomalie [2]. Il s'y associe des anomalies de la tête radiale qui peut être hypoplasique, luxée ou pour certains auteurs absente et qui est à l'origine de diverses classifications. Cela ne modifie pas toutefois la prise en charge de la malposition.

INDICATIONS THÉRAPEUTIQUES

La synostose de l'avant-bras est souvent bien tolérée fonctionnellement, car compensée par la mobilité des articulations sus et sous-jacentes. Son retentissement est fonction du caractère uni ou bilatéral de la malformation, de l'atteinte du côté dominant ou non, du degré de la déformation, et de l'efficacité des mouvements de compensation de l'épaule et du poignet [3]. Même en cas d'atteinte bilatérale, les deux mains peuvent être parfaitement fonctionnelles si elles sont fixées dans une position de complémentarité l'une par rapport à l'autre [4]. C'est l'importance de la gêne fonctionnelle qui doit guider l'indication thérapeutique, d'autant plus que le taux de complications de cette chirurgie est élevé, atteignant parfois jusqu'à 25 à 30 % des cas. Il s'agit essentiellement d'un risque de souffrance vasculaire ou nerveuse par étire-

ment excessif lors de la dérotation et d'un risque élevé de syndrome de loge.

En partant d'une pronosupination neutre (cotée 0°), une pronation fixée à plus de 60° est une indication chirurgicale, surtout s'il s'agit du côté non dominant. Entre 20 et 60° de pronation, l'indication est relative et à évaluer au cas par cas. En cas d'atteinte inférieure à 15-20° de pronation, la gêne fonctionnelle est minime et ne nécessite pas de correction chirurgicale, car la compensation est aisée au niveau de l'épaule.

La meilleure position de l'avant-bras après dérotation est discutée dans la littérature. On peut proposer, en cas d'atteinte bilatérale, 20 à 30° de pronation du côté dominant et 20 à 30° de supination du côté controlatéral en miroir, de façon à permettre une prise bi-manuelle simple, les deux étant ainsi en opposition. En cas d'atteinte unilatérale, la position idéale est de 0 à 20° de supination du côté non dominant et de 10 à 20° de pronation du côté dominant [5].

La plupart des auteurs s'accordent pour une chirurgie précoce vers l'âge de 3-4 ans si l'avant-bras est fixé à plus de 60° de pronation, position que l'on sait mal tolérée fonctionnellement, permettant ainsi de limiter les complications post-opératoires et de permettre une bonne adaptation fonctionnelle chez un enfant jeune [6].

TECHNIQUES OPÉRATOIRES

L'accord est quasi unanime sur l'inutilité des interventions chirurgicales visant à libérer la synostose dans l'espoir de rendre une pronosupination active. La membrane interosseuse, les rétractions musculaires, l'atrophie des muscles pronateurs et supinateurs, la tête radiale et l'articulation radio-ulnaire inférieure anormales s'y opposent [6].

Nous décrirons l'ostéotomie transversale dans la synostose et l'ostéotomie en roseau.

Dans tous les cas, l'intervention se déroule sous anesthésie générale, en décubitus dorsal avec un garrot pneumatique à la racine du membre supérieur, celui-ci étant posé sur une table à bras.

Ostéotomie transversale dans la synostose

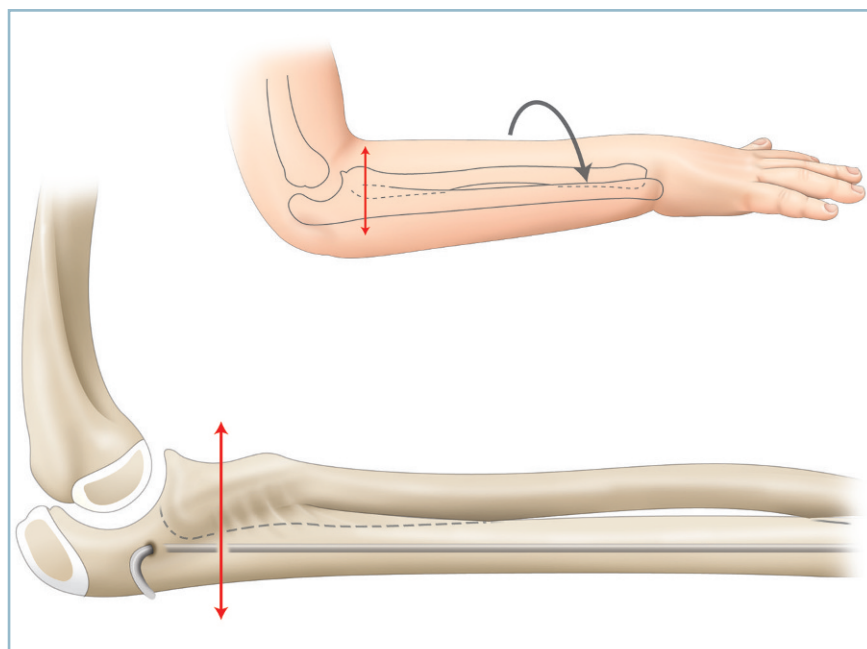
L'abord est longitudinal postérieur le long de la crête ulnaire, centré sur la synostose. Une broche de Kirschner est introduite latéralement, distalement par rapport au cartilage de croissance olécranien et poussée dans le canal médullaire selon la technique de l'embrochage centro-médullaire élastique stable [7]. Le périoste est ouvert entre l'anconé et l'extenseur ulnaire du carpe et le long de la crête ulnaire. Le périoste est décollé à la rugine pour exposer la synostose. La broche de Kirschner est reculée de manière à réaliser une ostéotomie sous-périostée à la scie

oscillante, horizontale dans la moitié proximale de la synostose et à distance de l'apophyse coronoïde (*figure 15.1*). Les parties molles sont protégées pendant la réalisation de l'ostéotomie par deux écarteurs contre-coudés placés dans le décollement du fourreau périosté. Il est prudent de faire un raccourcissement de 0,5 cm dans la synostose de façon à limiter le risque de complications vasculo-nerveuses. Une fois l'ostéotomie réalisée, la broche de Kirchner est poussée dans le canal médullaire, stabilisant le foyer d'ostéotomie, recourbée et enfouie sous la peau. Après avoir effectué la rotation désirée, une broche oblique est mise en place pontant le foyer d'ostéotomie de manière à fixer définitivement la rotation (*figure 15.2*). On vérifie la bonne vascularisation du membre supérieur après le lâcher du garrot. Le périoste est suturé et la fermeture s'effectue en deux plans avec ou sans drainage. Un plâtre de type brachio-anté-brachio palmaire est mis en place en fin d'intervention.

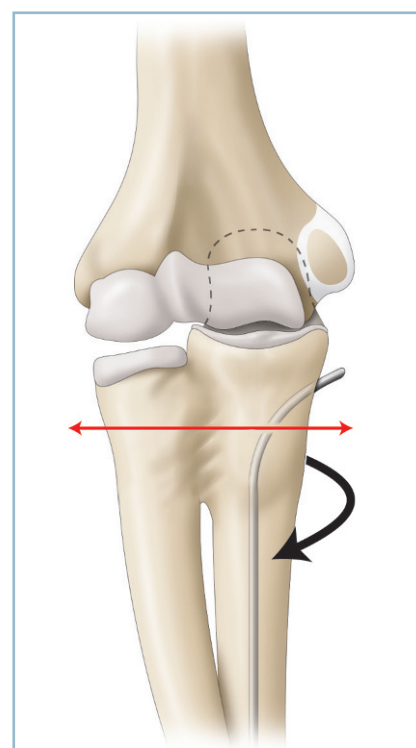
Pour certains auteurs [3, 8], le risque de syndrome de loge et de complications vasculo-nerveuses fait préférer la mise en place d'un fixateur externe sur l'ulna permettant d'éviter ainsi un plâtre circulaire et de diminuer la correction facilement en cas de complications (l'utilisation d'une

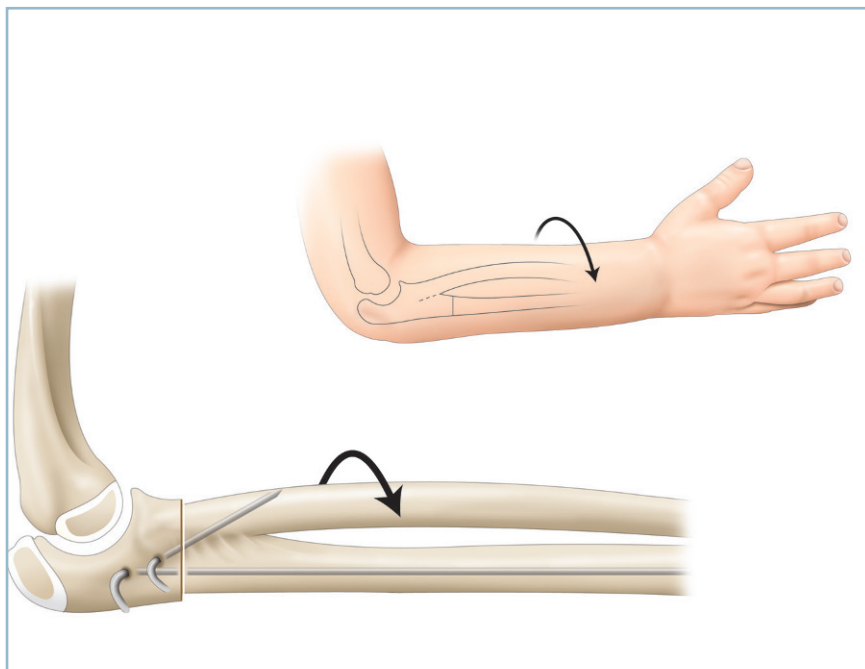
attelle plâtrée postérieure de manière transitoire, le temps de résorption de l'œdème, évite cet écueil).

La voie d'abord et l'ostéotomie sont identiques. Une broche centromédullaire est également mise en place selon les mêmes principes permettant d'éviter le déplacement des deux fragments osseux et remplissant le rôle d'axe de rotation. Avant de réaliser l'ostéotomie dans la synostose deux ou trois fiches de fixateur externe sont mises en place, perpendiculaires à l'axe de l'ulna : une fiche olécraniennne uni corticale et une ou deux fiches bi corticales sous la synostose avec une angulation égale à la correction souhaitée. L'ostéotomie est réalisée et les fiches sont solidarisées permettant de contrôler la rotation de l'avant-bras (*figure 15.3*). La vascularisation de la main est vérifiée après le lâcher du garrot. La fermeture se fait en deux plans avec ou sans drainage. Une attelle à visée antalgique peut être mise en place à la fin de l'intervention. L'utilisation d'un fixateur externe présente certains avantages comme la surveillance plus aisée du pouls radial et en cas de troubles vasculo-nerveux, la rotation peut être diminuée en desserrant simplement le fixateur externe ou en enlevant le corps pour revenir à la position d'origine [3, 8].

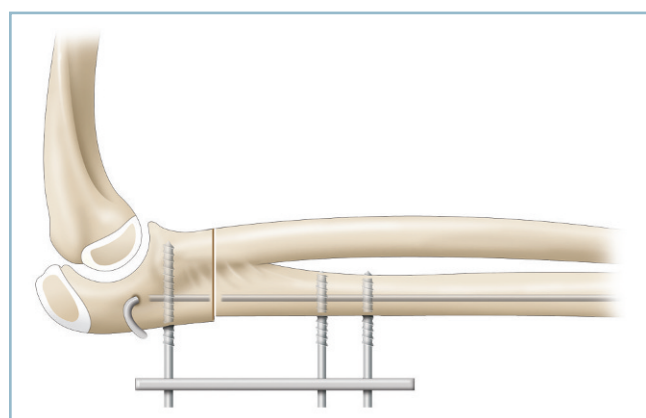
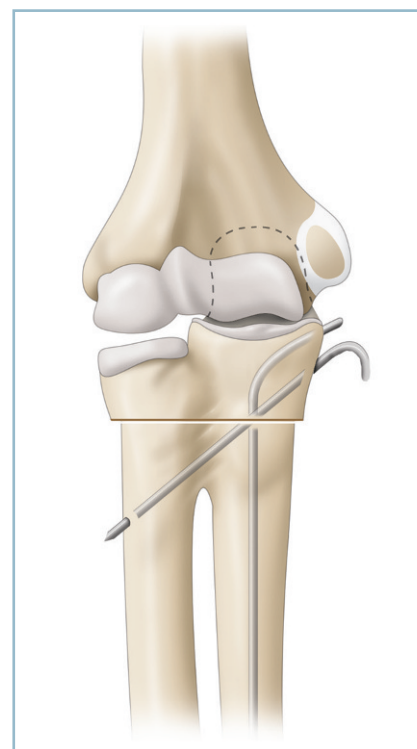


15.1 Ostéotomie transversale dans la zone de synostose. L'ostéosynthèse est assurée par une broche axiale, qui pontre le foyer d'ostéotomie, et qui permet de déroter progressivement l'avant-bras.





15.2 Fixation définitive de la correction par une broche oblique, une fois la bonne position obtenue.



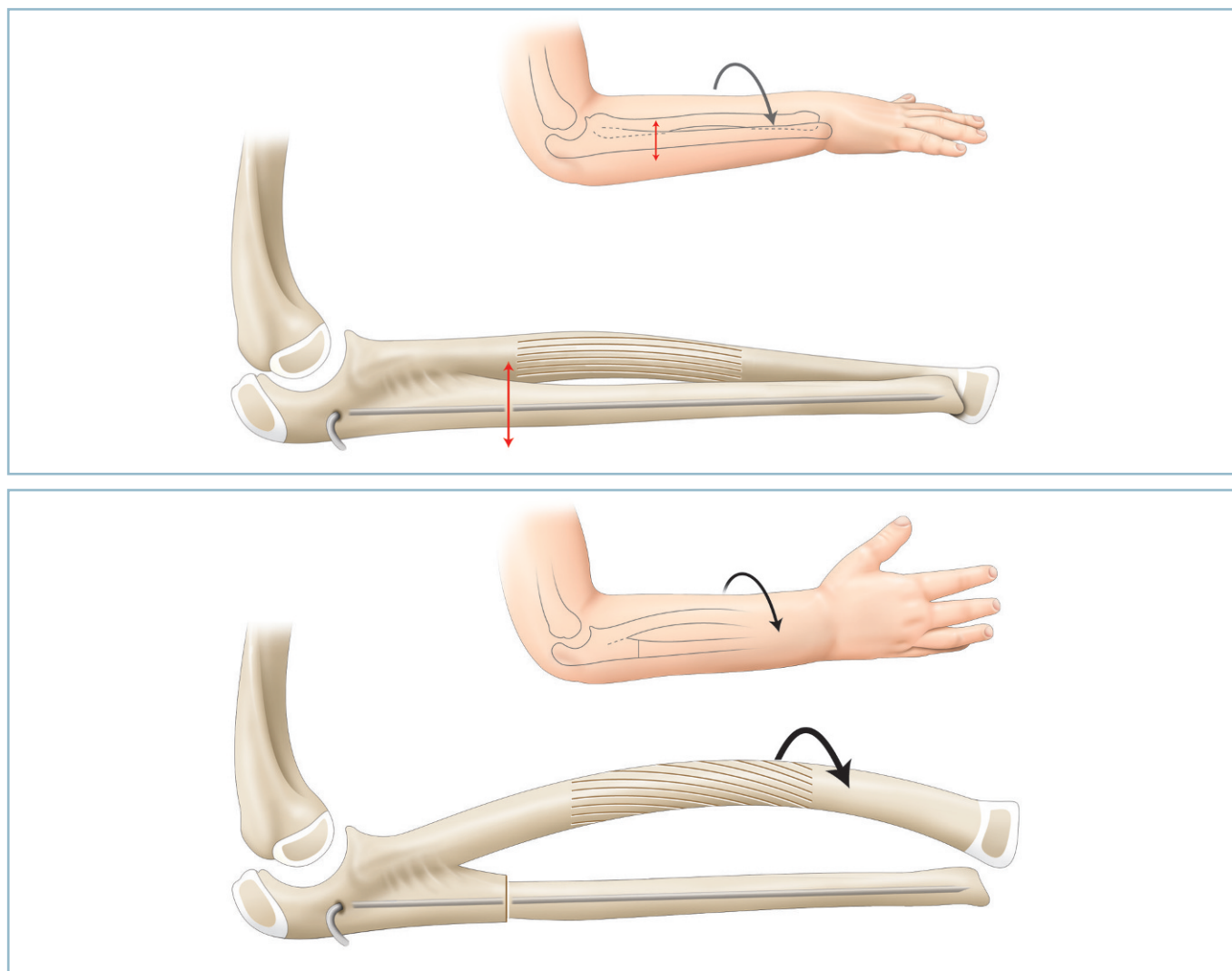
15.3 Correction et maintien à l'aide d'un fixateur externe. Celui-ci présente l'avantage de pouvoir diminuer la dérotation si une complication survient, ou au contraire, de mener celle-ci de façon progressive.

Ostéotomie en roseau

Un court abord longitudinal est réalisé dans la région métaphysaire proximale sur la crête de l'ulna, en aval de la synostose. Le périoste est ouvert en H et décollé à la rugine. Une broche de Kirchner est introduite latéralement sous le cartilage de croissance olécranien et poussée dans le canal médullaire selon la technique de l'embrochage

centromédullaire élastique stable [7]. La broche est retirée le temps de réaliser une ostéotomie transversale de l'ulna puis repoussée dans le canal médullaire stabilisant le foyer d'ostéotomie. Elle sera recourbée et enfouie sous la peau.

Un abord latéral diaphysaire est ensuite réalisé sur le radius, passant entre les muscles radiaux et le brachio-radialis et en protégeant la branche sensitive du nerf radial. Le périoste est ouvert sur toute la longueur de l'ostéotomie en H et deux écarteurs contre-coudés sont mis en place pour protéger les parties molles. Trois ou quatre traits d'ostéotomie longitudinale sont réalisés sur environ 6-8 cm à la scie oscillante, transfixiant le radius et permettant d'obtenir ainsi six ou huit ostéotomies longitudinales (figure 15.4a). On peut alors par manœuvres externes dérouter l'avant-bras avec un effet de vrillage sur le radius comme le fait un roseau que l'on tourne sur lui-même (figure 15.4b). Le garrot doit être lâché de manière à vérifier la bonne vascularisation de l'avant-bras et l'existence d'un pouls radial. Les deux incisions sont refermées en deux plans sans fermeture de l'aponévrose anté-brachiale pour prévenir un syndrome de loge. Il est d'ailleurs possible, voire recommandé de compléter l'aponévrotomie en sous-cutané. Un plâtre de type brachio-anté-brachio palmaire est mis en place en fin d'intervention dans la position de dérotation souhaitée. La dérotation peut ainsi se faire de façon progressive dans les jours suivants l'intervention, en modifiant régulièrement la position du plâtre. Un fixateur externe peut également être utilisé sur l'ulna avec deux fiches de part et d'autre de l'ostéotomie per-



15.4 Ostéotomie en roseau, le long de la diaphyse radiale, et en aval de la synostose sur l'ulna. La dérotation s'effectue ensuite de façon progressive.

mettant de fixer la dérotation dans la position souhaitée et d'assurer une meilleure surveillance vasculo-nerveuse.

SOINS POST-OPÉRATOIRES

Une surveillance attentive de la douleur, de la sensibilité et de la motricité des doigts doit être réalisée en post-opératoire de manière à dépister précocement une complication, en particulier un syndrome de loge, qui nécessiterait une reprise chirurgicale en urgence. L'apparition de

troubles vasculo-nerveux en post-opératoire impose de diminuer la dérotation, celle-ci pourra être de nouveau accrue de façon progressive grâce au fixateur externe ou par une reprise chirurgicale une semaine plus tard. La durée d'immobilisation plâtrée ou du fixateur externe est de deux à trois mois en fonction de l'âge de l'enfant, identique à une fracture diaphysaire des deux os de l'avant-bras. Toutefois, la technique de l'ostéotomie en roseau permet de raccourcir la durée d'immobilisation, car elle n'interrompt pas la continuité osseuse sur le radius, et l'ulna est synthésé par une broche.

Astuces

- Il est utile de faire un raccourcissement de 5 à 6 mm dans le foyer d'ostéotomie, de manière à limiter le risque de syndrome de loge.
- En cas de correction importante, préférer l'utilisation soit d'un fixateur externe, soit d'une simple broche axiale, sans bloquer la rotation. Le plâtre maintient seul la correction, et peut ainsi être gypsotomisé en cas de souffrance neurovasculaire, pour diminuer la rotation.

Pièges à éviter

- Ne pas corriger en un seul temps les déformations en hyperpronation.
- Ne pas hésiter à pratiquer une aponévrotomie préventive de la loge antérieure de l'avant-bras en cas de correction importante.
- Préférer dans les déformations en hyperpronation, la technique du roseau.

Bibliographie

- [1] Ramachandran M, Lau K, Jones DHA. Rotational osteotomies for congenital radio-ulnar synostosis. *J Bone Joint Surg* 2005 ; 87-B : 1406-10.
- [2] Cleary JE, Omer GE. Congenital proximal radio-ulnar synostosis. *J Bone Joint Surg* 1985 ; 67-A : 539-45.
- [3] Boireau P, Laville JM. Ostéotomie de dérotation des synostoses radio-ulnaires congénitales avec embrochage centro-médullaire et fixation externe. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2002 ; 88 : 812-5.
- [4] Poueyron Y, Caro P, Dubrana F et al. Chirurgie de la synostose radio-ulnaire congénitale. Erreur technique et stratégie thérapeutique. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1996 ; 82 : 80-4.
- [5] Green WT, Mital MA. Congenital radioulnar synostosis : surgical treatment. *J Bone Joint Surg* 1979 ; 61-A : 738-43.
- [6] Finidori G, Rigault P, Barthel F et al. Les synostoses radio-cubitales congénitales de l'enfant. *Chir pediatri* 1978 ; 19 : 211-7.
- [7] Métaizeau JP. *L'ostéosynthèse chez l'enfant par embrochage centro-médullaire élastique stable*. Montpellier, Sauramps médical, 1988.
- [8] Hernigou P, Goutallier D. Synostose congénitale radio-cubitale supérieure. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1989 ; 75 : 504-7.

Fractures récentes et anciennes de Monteggia

J. LANGLAIS,
M. L'KAISSI, B. DE BILLY¹

1. Les auteurs remercient, pour leur aide à la réalisation photographique de cet article, MM G. Bollini, J.-M. Clavert, J.-P. Padovani et J.-C. Pouliquen.

Monteggia a donné son nom à une lésion mixte atteignant l'avant-bras et le coude. Il s'agit d'une fracture de l'ulna associée à une luxation de la tête radiale. La meilleure classification est pour nous celle de Trillat, car elle est basée sur le siège de la fracture ulnaire et inclut naturellement toutes les formes de l'enfant (encadré ci-dessous). La classification de Bado est complémentaire, puisqu'elle s'intéresse au sens de la luxation de la tête radiale (encadré ci-dessous). Leur traitement oppose les fractures récentes, où il est simple et avant tout orthopédique, aux fractures anciennes, où le traitement devient difficile, chirurgical et repose sur l'ostéotomie de l'ulna. Le diagnostic radiographique de la luxation de la tête radiale repose sur la rupture de la ligne de Støren aussi bien de face que de profil (figure 16.1).

Classification de Trillat

- Groupe I : ensemble des fractures de l'ulna dont le siège est diaphysaire, quel que soit le sens de la luxation de la tête radiale (antérieure, postérieure ou latérale).
- Groupe II : ensemble des fractures de l'ulna dont le siège est métaphyso-épiphysaire quel que soit le sens de la luxation de la tête radiale (antérieure, postérieure ou latérale).
- Groupe III : ensemble des fractures de l'ulna du groupe I ou du groupe II dans lesquelles s'associe une lésion du radius ou de l'humérus (fracture complète de la tête radiale, de la diaphyse ou du poignet).

Classification de Bado

- Type I : fracture de l'ulna quel que soit le niveau, avec angulation antérieure et luxation antérieure de la tête radiale.
- Type II : fracture de l'ulna quel que soit le niveau, avec angulation postérieure et luxation postérieure ou postéro-latérale de la tête radiale.
- Type III : fracture métaphysaire de l'ulna, et luxation latérale ou antéro-latérale de la tête radiale.
- Type IV : fractures du tiers proximal du radius et de l'ulna au même niveau, associées à une luxation antérieure de la tête radiale.

FRACTURE RÉCENTE DE MONTEGGIA

Le traitement est toujours orthopédique dans un premier temps. Dans presque tous les cas, ce traitement est suffisant pour réduire de façon stable et pérenne la luxation de la tête radiale qui doit être anatomique. Il faut parfois savoir accepter un cal vicieux modéré de l'ulna pour améliorer la stabilité de cette tête radiale. Le recours à la chirurgie est rare et elle est indiquée en cas d'irréductibilité, de réduction instable ou de reluxation immédiate ou précoce de la tête radiale.

Traitement orthopédique

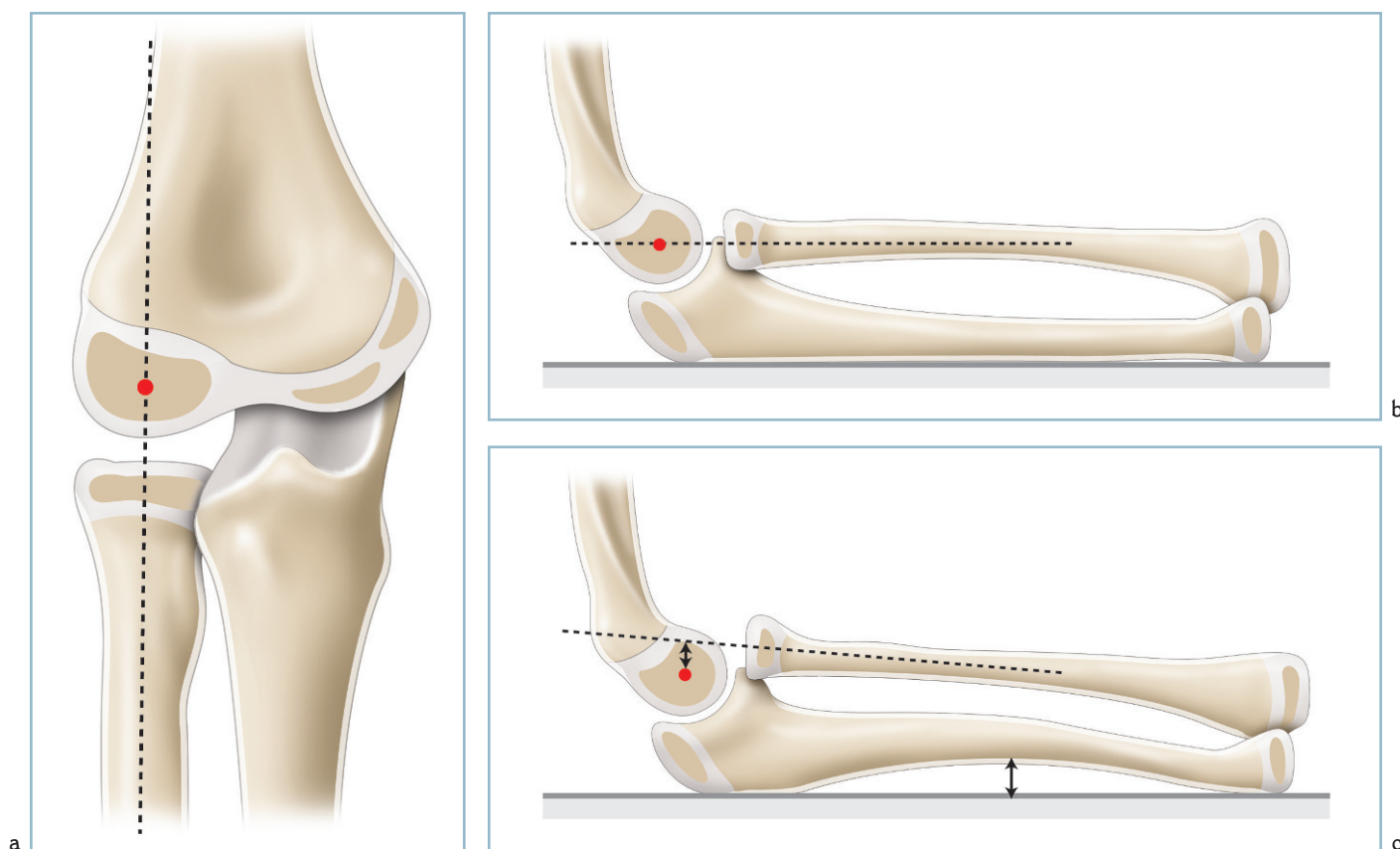
La réduction orthopédique s'effectue sous anesthésie générale avec un contrôle à l'aide d'un amplificateur de brillance.

Dans le cas le plus fréquent de luxation antérieure de la tête radiale, l'avant-bras est mis en supination, le coude étant fléchi autour de 90°. On réduit d'abord le foyer ulnaire par pression directe au sommet de la déformation (figure 16.2). La tête radiale se réduit alors spontanément, ou parfois par une manœuvre de traction longitudinale et de pression directe du pouce de l'opérateur. La réduction de la tête radiale et surtout sa stabilité sont contrôlées à l'amplificateur de brillance. L'immobilisation est alors assurée par un plâtre brachio-antébrachial, coude fléchi à 90° et avant-bras en supination. Le contrôle radiologique au 8^e et 15^e jour est indispensable pour dépister toute luxation itérative de la tête radiale. Ce plâtre est conservé 45 jours et suivi d'une auto-rééducation.

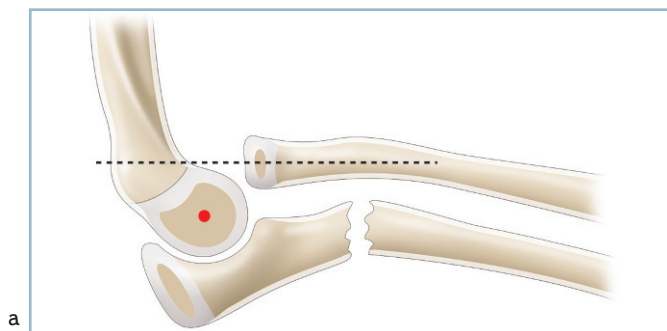
Lors d'une luxation latérale de la tête radiale, la réduction s'effectue par une mise en valgus du foyer ulnaire. Les principes d'immobilisation sont les mêmes que précédemment.

Les très rares luxations postérieures nécessitent une pression sur la convexité postérieure de l'ulna et une mise en extension du coude. L'immobilisation doit se faire théoriquement en extension.

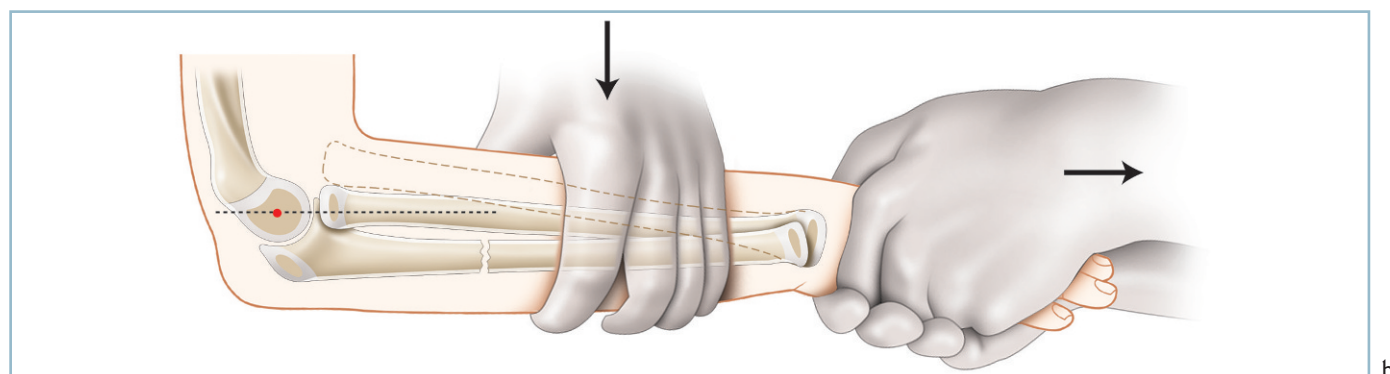
L'incurvation traumatique ou la fracture « en bois vert » de l'ulna sont souvent difficiles à réduire orthopédiquement et il peut être nécessaire d'avoir recours à une ostéotomie, voire à une ostéotomie de l'ulna pour corriger la déformation et permettre ainsi une réduction stable de la tête radiale.



16.1 Construction de la ligne de Stören de face (a) et de profil (b), qui permet d'éliminer une luxation de la tête radiale : la ligne prolongeant l'axe du radius passe par le centre du condyle latéral sur les deux incidences, quel soit le degré de flexion du coude, et l'ulna est parfaitement rectiligne. Il faut être vigilant à la perte de rectitude de l'ulna associée à une luxation de faible importance dans le cadre d'une simple déformation plastique de l'os, sans fracture visible (c).



16.2 Technique de la réduction orthopédique d'une luxation antérieure de la tête radiale (a). Une main tire l'avant-bras dans l'axe en supination, pendant que l'autre main exerce une pression antérieure sur la déformation de l'ulna afin de la réduire (b). C'est la restitution de la rectitude et de la longueur de l'ulna qui permet la réduction de la tête radiale.



Traitement chirurgical

Le recours à la chirurgie est exceptionnel. En cas de réduction instable de la tête radiale, l'ostéosynthèse de l'ulna se fait soit par un embrochage centro-médullaire élastique stable, soit par une plaque vissée (*figure 16.3*). Au cas où la tête radiale est irréductible, on peut proposer une exploration chirurgicale de l'articulation huméro-radiale qui découvre un ligament annulaire déchiré et interposé et une tête radiale incarcerated à travers la capsule. Il suffit de la repositionner après désincarcération des tissus mous et d'assurer sa stabilité par une ostéosynthèse de l'ulna. La réparation du ligament annulaire ne paraît pas utile. Lors des contrôles radiologiques à court terme, une subluxation ou une reluxation de la tête radiale impose une reprise chirurgicale comme dans les fractures anciennes.



16.3 Fracture très déplacée (a), et instable lors de la réduction. Dans ce cas, l'utilisation d'un embrochage centro-médullaire de l'ulna permet de stabiliser la fracture, et donc de réduire et de maintenir la tête radiale en place (b). La convexité de la broche s'oppose au sens de déplacement de l'ulna.

Points essentiels en urgence

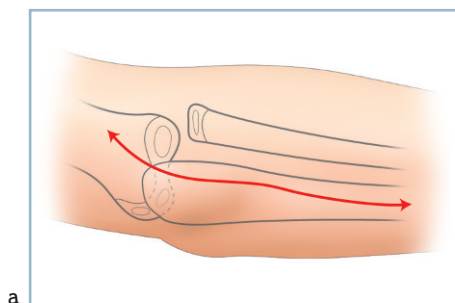
- Ne pas méconnaître une fracture-luxation de Monteggia devant une fracture apparemment isolée de l'ulna.
- Clichés radiologiques de la totalité de l'avant-bras prenant coude et poignet.
- Intérêt de la construction de Stören : le prolongement de l'axe radial passe par le milieu du condyle latéral quel que soit le degré de flexion du coude.
- Le traitement des fractures récentes est pratiquement toujours orthopédique.

FRACTURE ANCIENNE DE MONTEGGIA

L'ostéotomie axiale et d'allongement de l'ulna est reconvenue par tous comme le traitement indispensable pour obtenir une réduction stable de la tête radiale dans le cadre d'une fracture de Monteggia ancienne. Lorsque la convexité postéro-interne de l'ulna est rétablie, la membrane interosseuse attire le radius en arrière et en dedans. Cette ostéotomie pourra être faite soit plane-oblique dans un plan sagittal en zone métaphyso-diaphysaire (technique de Judet), soit transversale dans la région métaphysaire proximale (technique de Bouyala). Le principe de ces ostéotomies est d'être, le plus souvent, de flexion-allongement avec une hypercorrection dans le foyer ulnaire.

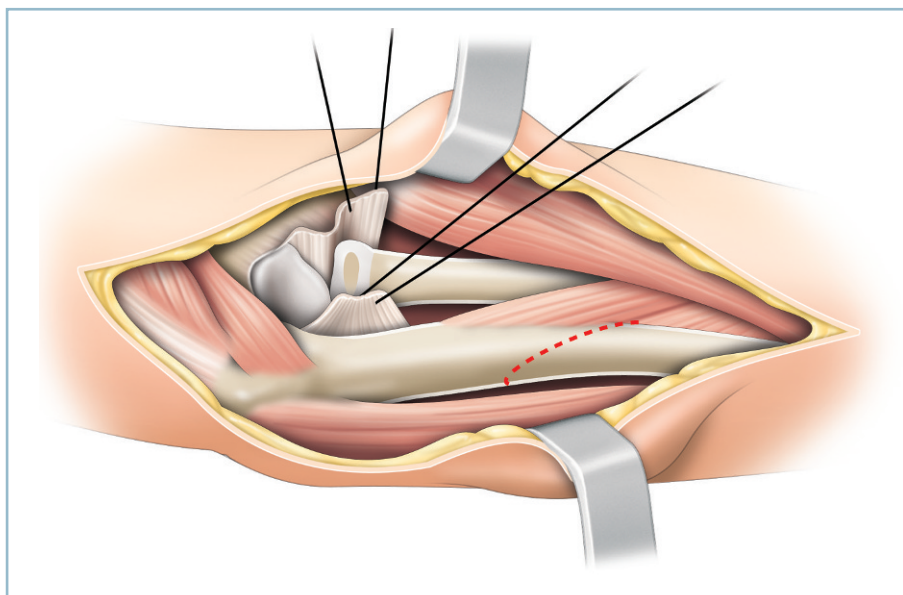
Intervention

L'intervention se déroule en décubitus dorsal, le membre supérieur étant sous garrot pneumatique. La voie d'abord est unique pour traiter les deux lésions (luxation de la tête radiale et cal vicieux de l'ulna). C'est la voie postéro-externe d'Ollier, modifiée par Cadenat puis reprise par Speed et Boyd en 1940. L'incision débute à 1,5 cm au-dessus du pôle supéro-externe de l'olécrâne, s'incline vers son bord externe et descend le long de la crête ulnaire jusqu'au tiers moyen de l'avant-bras (*figure 16.4*). Le muscle anconé est désinséré de façon extrapériostée de ses attaches ulnaires afin d'éviter les ossifications. Ce muscle est refoulé en dehors en faisant attention à son nerf qui pénètre à son bord supérieur. On poursuit alors la désinsertion en extrapériosté des muscles supinateur et extenseur ulnaires du carpe. Cela est sans risque pour le nerf ulnaire. On découvre ainsi, par le bord postérieur de l'incisure radiale et de l'ulna, les articulations huméro-radiale et radio-ulnaire. On note la présence ou non d'un épanchement séro-fibrineux, et l'aspect de la synoviale qui peut être légèrement inflam-



a

16.4 Voie d'abord postéro-externe d'Ollier (a), qui permet dans le même temps d'aborder la tête radiale afin de libérer l'articulation du tissu fibreux d'interposition, et de réaliser l'ostéotomie ulnaire, en adaptant l'importance de la correction à la qualité de la réduction de la tête radiale puisque le contrôle est visuel (b).



b

matoire. Le ligament annulaire est retrouvé généralement intact mais rétracté et invaginé avec la capsule articulaire et le ligament carré de Dénucé dans l'articulation huméro-radiale. Ces structures peuvent être calcifiées et prendre l'aspect d'un « ménisque ». La cavité articulaire est libérée de tous ces éléments afin de pouvoir faire revenir la tête radiale à sa place. Celle-ci est plus ou moins convexe, luxée en général en avant du condyle latéral et est irréductible.

Le temps suivant est une ostéotomie de l'ulna. Cette ostéotomie de flexion-allongement est effectuée en sous-périostée. Il faut une hypercorrection de la déformation, pour bénéficier d'un effet de rappel de la membrane interosseuse sur le radius. On peut faire l'ostéotomie de deux manières.

Ostéotomie plane-oblique (figure 16.5)

Cette ostéotomie ulnaire est réalisée à la scie oscillante dans un plan strictement sagittal. Elle permet une flexion-allongement de la région métaphyso-diaphysaire, lorsque le cal vicieux de l'ulna est essentiellement diaphysaire. L'ostéotomie est alors faite au sommet de la déformation. La tête radiale se réduit lors de la correction de la déformation et est parfaitement stable. Le foyer d'ostéotomie est synthésé par deux ou trois vis dans la position dans laquelle il se place spontanément lorsque la tête est réduite.

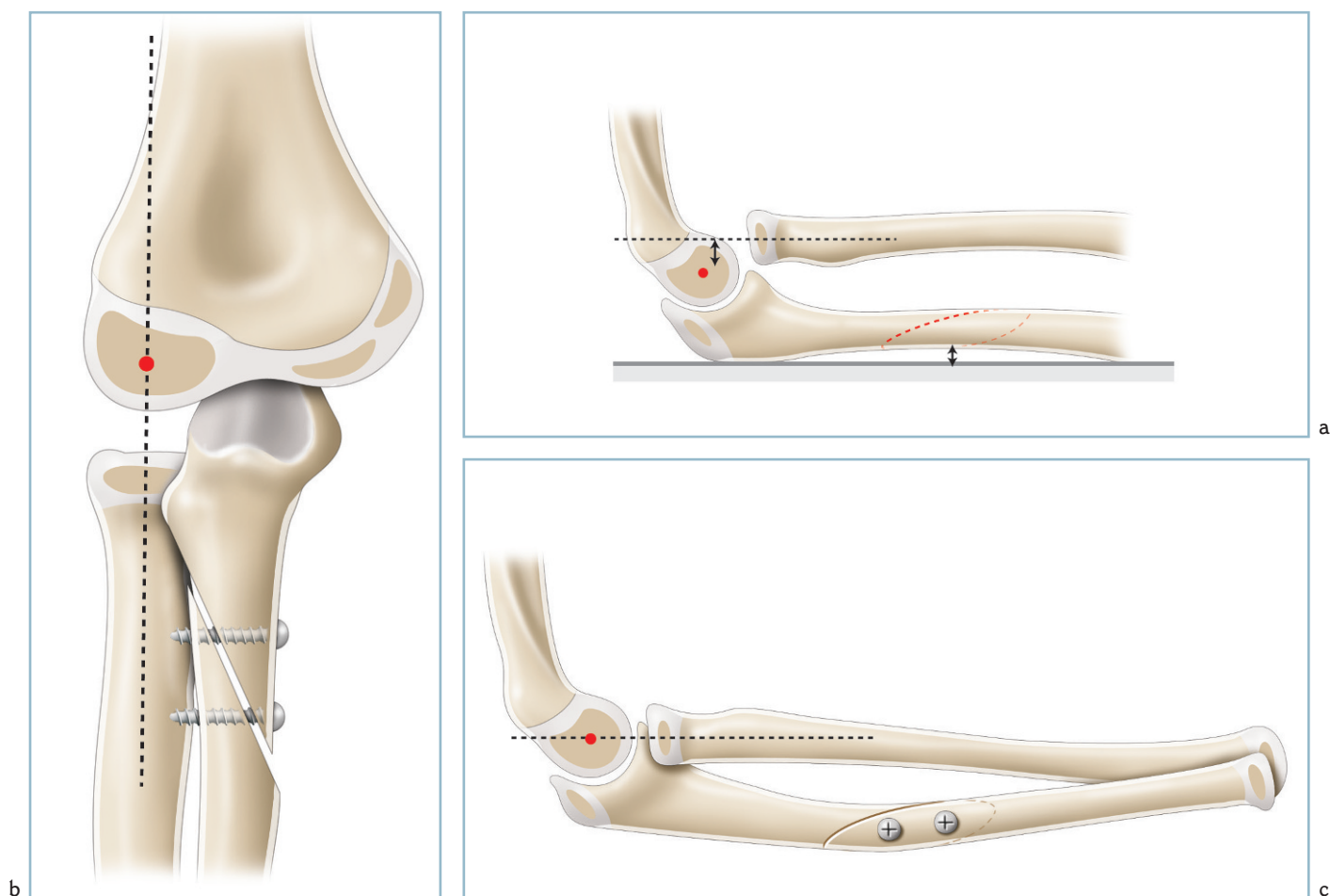
Ostéotomie transversale (figure 16.6)

Cette ostéotomie ulnaire est réalisée également à la scie oscillante mais est dans un plan transversal, et est située en région métaphysaire proximale. Elle permet également une

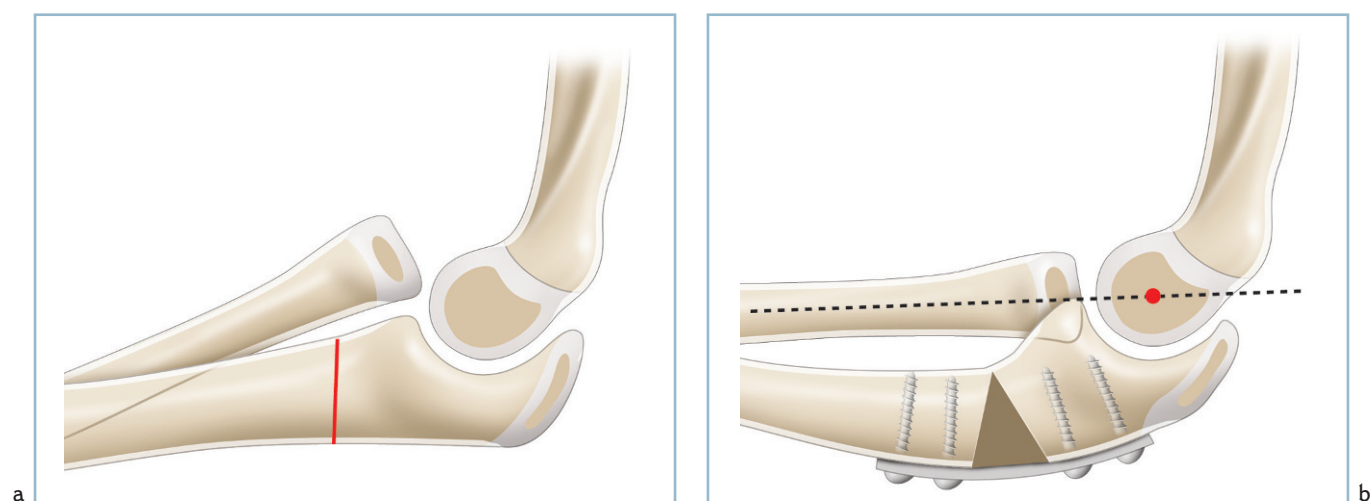
flexion-allongement de la région métaphysaire (juste au-dessous du niveau de l'apophyse coronoïde) et donne un bras de levier suffisant sur l'ulna, volontiers en cas de cal vicieux métaphysaire. La tête radiale se réduit alors parfaitement bien et est stable. L'ulna est synthésé par une plaque vissée et modelée à la demande en maintenant les fragments dans cette position. Si l'écart interfragmentaire est trop important, on peut le combler avec des greffons spongieux, voire un greffon cortico-spongieux triangulaire, prélevé aux dépens de la crête iliaque antérieure. Cette technique a de plus l'avantage de corriger toutes les situations de luxations de la tête radiale. Le plus souvent, l'ostéotomie sera à ouverture postérieure pour une luxation antérieure mais également en avant pour une luxation postérieure (figure 16.7) et en dedans pour une luxation externe.

La réparation du ligament annulaire n'est pas pour nous une nécessité mais certains auteurs comme Bouyala la propose, non pas pour l'opposer à la reluxation mais pour consolider le maintien de la tête. Si le ligament annulaire est jugé en trop mauvais état, il est remplacé par une plastie prélevée le plus souvent sur l'aponévrose antébrachiale. Elle est passée dans un tunnel ulnaire, elle cravate le col du radius avec un serrage modéré et revient se fixer à elle-même sur l'ulna (figure 16.8).

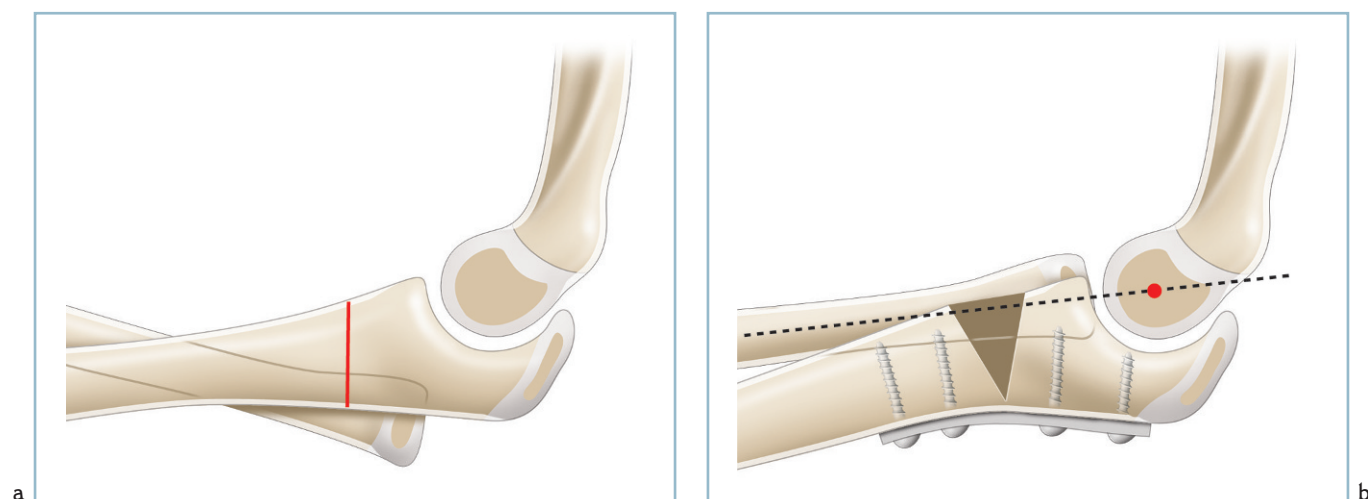
En fin d'intervention, la capsule articulaire n'est pas refermée. La plaie opératoire est refermée en deux plans sans drainage. La peau est refermée au mieux par un surjet intradermique. Un plâtre brachio-antébrachial est confectionné, coude à angle droit et en supination pour 45 jours et l'auto-rééducation est ensuite débutée.



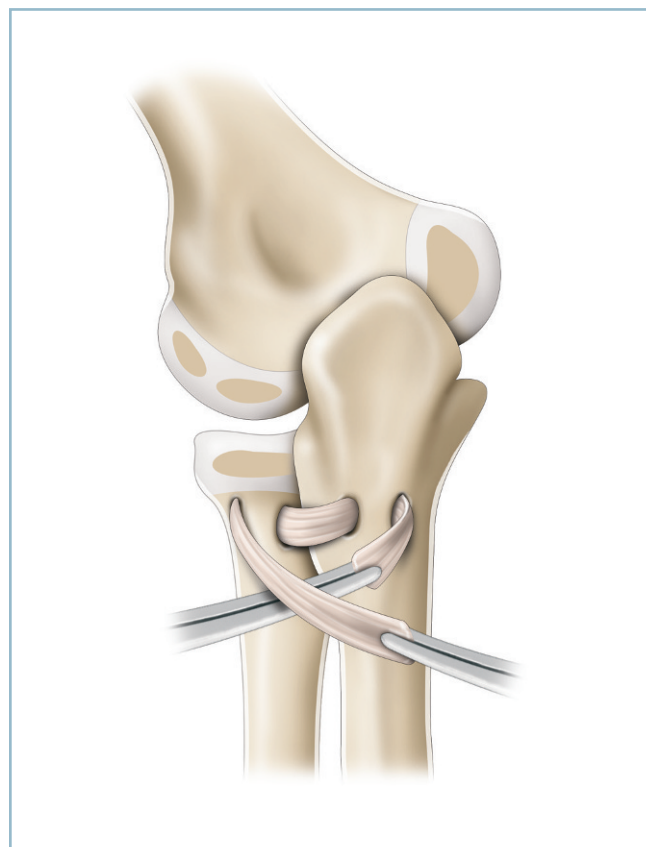
16.5 Ostéotomie plane-oblique permettant d'obtenir un effet d'allongement et de restitution de la rectitude de l'ulna, voire d'un excès de convexité. Elle est idéalement faite au sommet de la déformation (a). Elle est réalisée dans le plan sagittal (b), et synthésée par deux vis transversales une fois la réduction obtenue (c).



16.6 Ostéotomie transversale métaphysaire (a), avec un effet d'ouverture postérieure pour réduire la luxation, et synthésée par une plaque vissée moulée, au besoin avec l'adjonction d'un greffon osseux dans l'ouverture (b).



16.7 Lors d'une luxation postérieure (a), il est possible de réaliser le même type d'ostéotomie transversale, à ouverture antérieure (b).



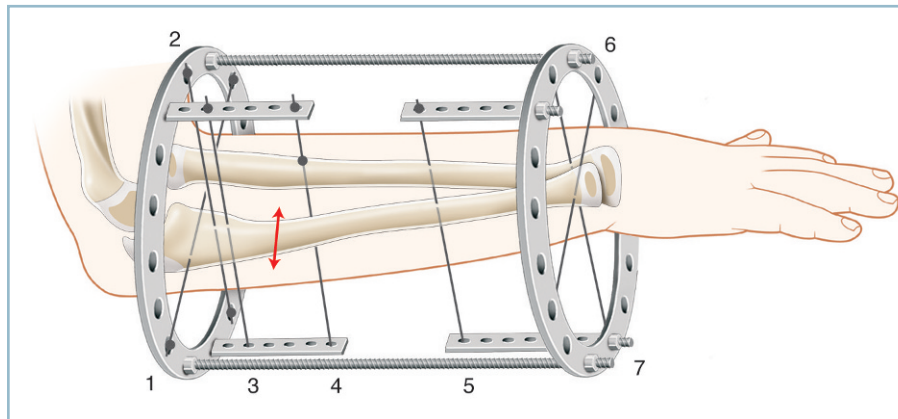
16.8 Vue postérieure, avec la réalisation d'une plastie ligamentaire à l'aide d'un fragment aponévrotique ou du tendon du petit palmaire, pour augmenter la stabilité de la tête radiale.

Points essentiels dans le cas d'une fracture ancienne

- Le traitement des fractures anciennes repose sur l'ostéotomie de l'ulna qui doit être le plus souvent de flexion-allongement avec une légère hypercorrection du foyer ulnaire.
- L'ostéotomie plane-oblique dans un plan sagittal métaphyso-diaphysaire est surtout pratiquée en cas de cal vicieux diaphysaire de l'ulna.
- L'ostéotomie transversale, à ouverture la plus souvent postérieure, dans la région métaphysaire proximale est surtout pratiquée en cas de cal vicieux métaphysaire de l'ulna.
- La réfection du ligament annulaire n'est pas, pour nous, une nécessité absolue, mais se justifie lorsque la tête radiale semble instable et permet de se passer d'une broche trans-condylo-radiale. Elle doit toujours être réalisée en évitant une trop grande tension.

Autre technique

Une technique de réduction progressive utilisant l'appareil d'Ilizarov a été décrite, permettant par un allongement pur, progressif de l'ulna, la réduction de la tête radiale à foyer fermé avec une récupération complète des amplitudes articulaires (*figure 16.9*). Le montage comporte tout



16.9 Schéma du montage par l'appareil d'Ilizarov.

- 1 et 2. Broches ulnaires divergentes mises sur un anneau proximal.
3. Broche ulnaire mise sur un drapeau proximal.
4. Broche radiale à olive, fixée sur un anneau, pour réduire la tête radiale
5. Broche radio-ulnaire divergente mises sur un drapeau.
- 6 et 7. Broches radio-ulnaire mise sur un anneau distal.

d'abord un anneau proximal avec deux broches ulnaires divergentes. Cet anneau est rigidifié à l'aide d'un drapeau supportant une troisième broche ulnaire. L'anneau distal est ensuite placé, avec une broche radiale et une broche ulnaire divergentes solidarisées à un drapeau comprenant une broche radio-ulnaire pour éviter une éventuelle luxation radio-ulnaire distale lors de l'allongement. L'ostéotomie sous-périostée de l'ulna proximal est alors pratiquée par une courte voie d'abord postérieure. Enfin, une broche « à olive » est mise dans la partie proximale du radius, fixé sur l'anneau proximal. Sa direction doit être calculée de façon à réintégrer la tête radiale à sa place lors de l'allongement de l'ulna.

L'allongement ulnaire est débuté au 5^e jour post-opératoire au rythme d'un millimètre par jour. Lorsque la tête radiale peut redescendre à sa place, c'est-à-dire lorsque l'allongement ulnaire est jugé suffisant, on parfait la réduction de celle-ci par traction sur la broche « à olive ».

Le fixateur est laissé en place de 3 à 4 mois surtout selon la qualité du régénérat osseux ulnaire puis un plâtre de protection de 2 à 3 semaines est mis en place. L'auto-rééducation est largement préconisée.

Cette technique a le mérite d'être pratiquement per-cutanée, mais nécessite un apprentissage du matériel d'Ilizarov.

CONCLUSION

Le véritable problème est la méconnaissance de la lésion de Monteggia devant une fracture apparemment isolée de l'ulna. Il faut donc réaliser des clichés radiographiques de tout l'avant-bras prenant le coude et le poignet lors d'un traumatisme du coude ou de l'avant-bras chez l'enfant.

Pièges à éviter

- Ne pas construire la ligne de Stören devant toute fracture isolée de l'ulna.
- Vouloir réduire la tête radiale sans restituer la rectitude et la longueur de l'ulna, que la lésion soit récente ou ancienne.

Bibliographie

- [1] Bado JL. The Monteggia lesion. *Clin Orthop* 1967 ; 50 : 71.
- [2] Bouyala JM, Bollini G, Jacquemier M et al. Le traitement des luxations anciennes de la tête radiale chez l'enfant par l'ostéotomie haute du cubitus. *Rev Chir Orthop* 1988 ; 74 : 173-82.
- [3] Clavert JM, Métaizeau JP. Les fractures des membres chez l'enfant. Montpellier, Sauramps, 1990.
- [4] Comtet JJ, Bouyala JM, Chrestian P et al. Les fractures de Monteggia. Table ronde des journées franco-vénitiennes. *Rev Chir Orthop* 1979 ; 65 : 57-65.
- [5] Damsin JP, Langlais J. *Traumatologie du coude de l'enfant*. Paris, Elsevier, 2000.
- [6] Gicquel P, de Billy B, Karger C et al. Traitement de la fracture de Monteggia négligée par allongement de l'ulna avec la technique d'Ilizarov. *Rev Chir Orthop* 2000 ; 86 : 844-7.
- [7] Pouliquen JC. Fractures du coude de l'enfant. Symposium. *Rev Chir Orthop* 1987 ; 73 : 417-90.
- [8] Stören G. Traumatic dislocation of the radial head as an isolated lesion in children. *Acta Chir Scandinav* 1959 ; 116 : 144-7.
- [9] Trillat A, Marsan C, Lapeyre B. Classifications et traitement des fractures de Monteggia. *Rev Chir Orthop* 1969 ; 55 : 639-58.

Fractures des deux os de l'avant-bras

Traitement orthopédique

J.-L. JOUVE, Y. GLARD, F. LAUNAY, E. VIEHWEGER, G. BOLLINI

Les fractures diaphysaires des deux os de l'avant-bras représentent 5 % des fractures de l'enfant. Il convient de séparer ces lésions en trois groupes [1, 2] :

- les déformations plastiques dans lesquelles l'os est déformé de manière plastique sans qu'il n'y ait aucun trait de fracture visible à la radiographie. C'est l'un des pièges habituels de l'orthopédie pédiatrique, en particulier lorsque la déformation est mineure (*figure 17.1*) ;
- les fractures en bois vert dans lesquelles une corticale est rompue et l'autre, bien que courbée, reste néanmoins en continuité (*figure 17.2*) ;
- les fractures complètes qui ressemblent aux fractures de l'adulte (*figure 17.3*). Plusieurs types de traits de fractures peuvent se rencontrer (transverse, oblique, spiroïde...). Ils posent en pratique les mêmes problèmes que l'adulte.

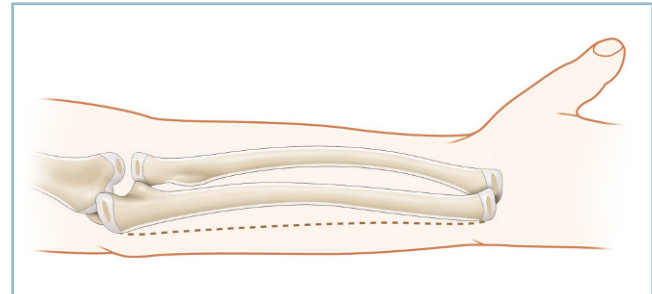
Il faut garder à l'esprit que même dans les fractures complètes, les fragments osseux peuvent être en continuité grâce au périoste qui n'a pas été obligatoirement rompu lors du traumatisme.

INDICATIONS THÉRAPEUTIQUES

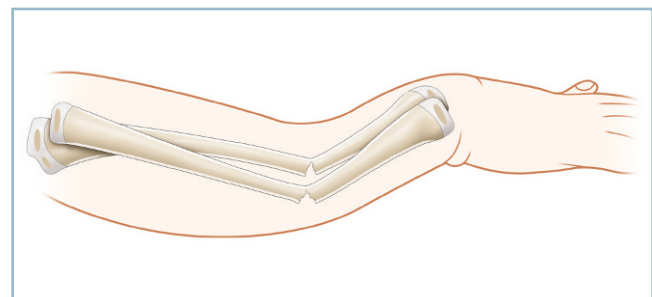
Le traitement orthopédique doit être tenté chaque fois que possible. Il faut réserver le traitement chirurgical aux échecs du traitement orthopédique. Certains cas particuliers tels que les enfants présentant un polytraumatisme, des troubles vasculo-nerveux au niveau du site fracturaire, ou porteurs d'une pathologie neurologique centrale peuvent justifier d'une option chirurgicale d'emblée.

TECHNIQUE

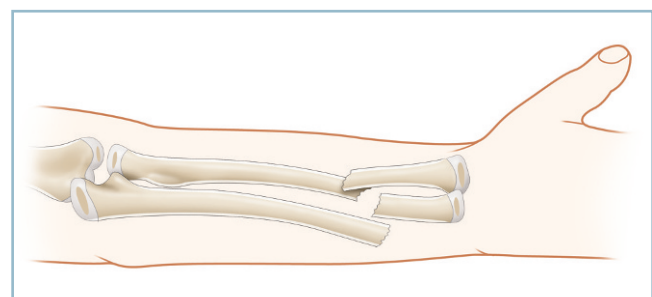
Nous recommandons une réduction au bloc opératoire et sous anesthésie générale. Le symposium de la SOFCOT de 2004 a clairement démontré qu'à ce jour la réduction en service d'urgence donnait un taux de déplacement secondaire bien supérieur à la réduction sous anesthésie générale au bloc opératoire [3].



17.1 Déformation plastique des deux os de l'avant-bras.



17.2 Fracture en bois vert avec déplacement postérieur.



17.3 Fracture complète à grand déplacement.

Installation

Elle se fait en décubitus dorsal, et sous contrôle radioscopique. Il est pratique de recouvrir l'amplificateur de brillance d'une alèse de protection, et d'utiliser l'appareil comme d'une table à bras. Il faut différencier deux étapes : la réduction de la fracture, puis sa contention.

Réduction

Déformations plastiques

Elles sont paradoxalement difficiles à réduire et surtout à stabiliser. La manœuvre consiste à réaliser une hypercorrection, et l'on perçoit parfois un craquement de la corticale, témoignant de la qualité de la réduction. Celui-ci n'est cependant pas systématiquement perçu. Elles ont une forte tendance à la récurrence de la déformation. La réduction doit être parfaite et la contention également. En cas de récurrence sous plâtre il ne faut pas hésiter à envisager une ostéosynthèse élastique stable, plutôt qu'avoir à assumer un cal vicieux.

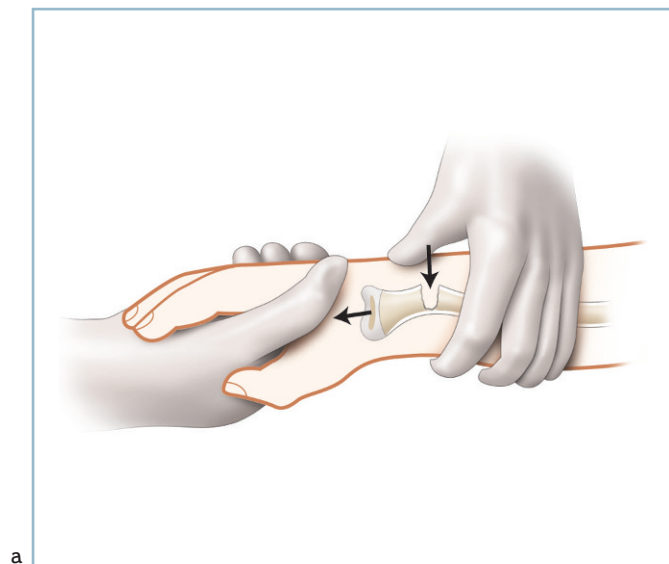
Fractures en bois vert

Elles doivent être transformées en fractures complètes afin d'éviter le risque de survenue d'un déplacement secondaire (récurrence du déplacement initial malgré la réduction et la contention). Cela s'obtient en réalisant une hypercorrection « douce » jusqu'à entendre un craquement qui témoigne de la rupture de la seconde corticale, permettant

ainsi l'obtention d'une réduction de qualité, avec un risque de déplacement secondaire moindre (*figure 17.4*).

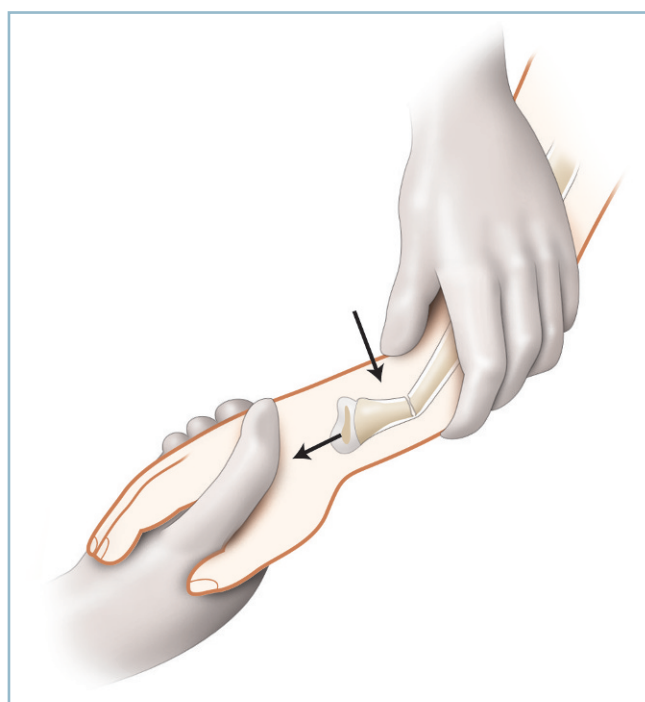
Fractures complètes

La manœuvre de réduction doit corriger le déplacement de la fracture. Une bonne compréhension de la fracture est indispensable. Il faut faire faire le parcours inverse à chacun des fragments osseux (*figure 17.5*). Cela est simple lorsque le déplacement se produit dans le plan frontal ou le plan sagittal. Cela est un peu plus complexe lorsqu'il s'y associe un déplacement dans le plan horizontal. Les formes les plus difficiles à réduire sont celles pour lesquelles les deux traits de fractures ne se situent pas au même niveau pour chaque os. Il s'agit en fait d'un équivalent de fracture spiraloïde. Il faut alors reproduire le mouvement de pronation ou de supination inverse à celui qui a eu lieu lors de l'accident. Les circonstances du traumatisme peuvent constituer une bonne indication. Certains utilisent le repère de la tubérosité bicipitale pour connaître la position de l'avant-bras dans sa partie proximale et positionner le fragment distal en conséquence [4]. En pratique il n'est pas toujours facile d'obtenir une réduction simultanée du radius et de l'ulna. Pour réduire le chevauchement des fragments, il est parfois utile d'exercer une traction dans l'axe du membre supérieur pendant plusieurs minutes (le faire en supination facilitant éventuellement bien la réduction). On est parfois amené, comme dans les fractures du quart inférieur des deux os de l'avant-bras, à réaliser un geste d'aggravation du déplacement initial afin de « rehausser » le fragment distal sur le fragment proximal (*figure 17.6*). Avant de pas-

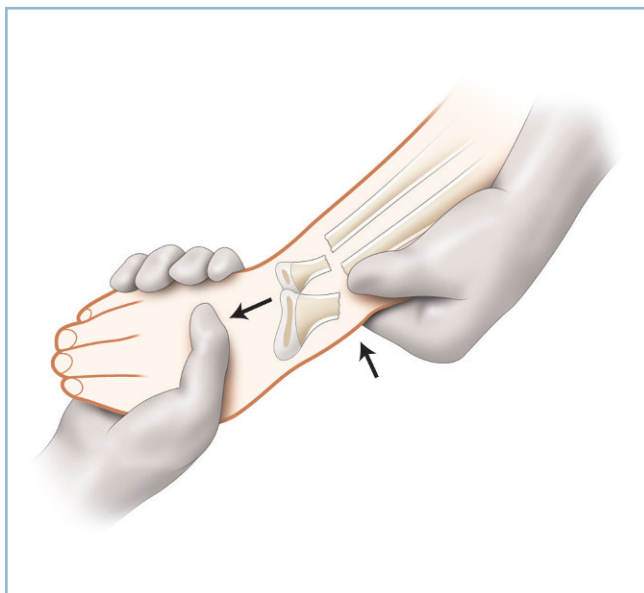


a

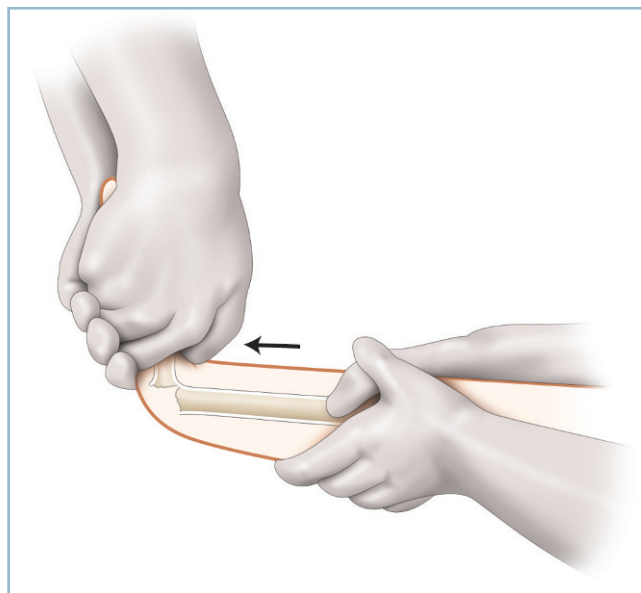
17.4 Réduction d'une fracture en bois vert. Il convient de progressivement forcer sur la correction (a), jusqu'à entendre le craquement annonçant la rupture de la corticale intacte, permettant la correction de la déformation (b).



b



17.5 Réduction d'une fracture complète. On doit chercher à reproduire le chemin inverse effectué par le déplacement initial.



17.6 En cas de chevauchement, il faut parfois majorer la déformation afin d'obtenir l'accrochage des deux fragments.

ser à l'étape de contention, il est impératif de contrôler la qualité de la réduction par un contrôle radioscopique [5]. Après réduction, la fracture doit remplir trois conditions indispensables : les corticales doivent avoir un « accrochage minimum », les deux os de l'avant-bras ne doivent pas se rapprocher l'un de l'autre et l'espace interosseux ne doit pas être réduit. Pour obtenir ces critères, il peut être nécessaire de faire varier la position de prono-supination, afin de trouver la situation idéale de réduction. Si ces trois conditions ne sont pas remplies, il faut recommencer les manœuvres de réduction. Si l'opérateur n'arrive pas à remplir ces conditions malgré plusieurs tentatives, il s'agit d'une indication de traitement chirurgical.

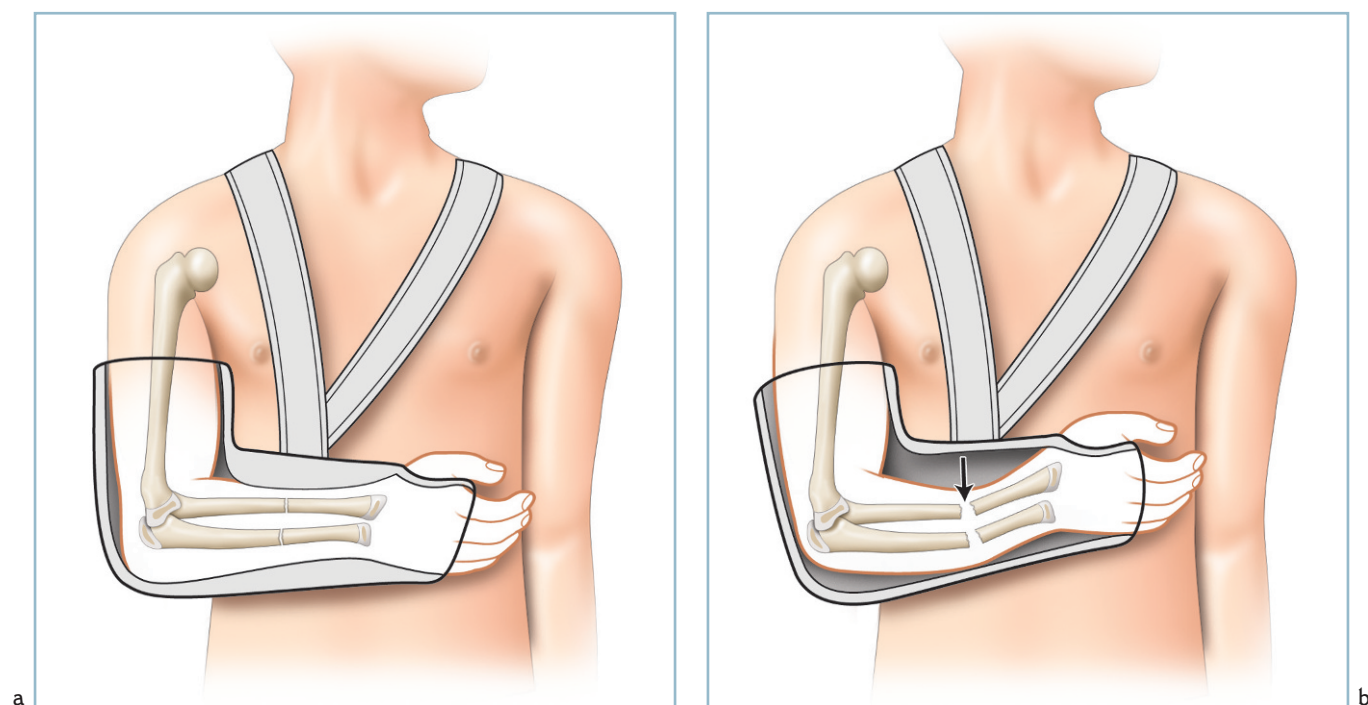
Contention

C'est l'une des étapes clef de la réussite du traitement orthopédique. Le but est d'immobiliser le membre supérieur dans un plâtre brachio-antébrachio-palmaire. Il existe plusieurs méthodes de confection d'un appareil d'immobilisation. Nous décrivons la méthode que nous utilisons quotidiennement. Le membre supérieur est recouvert à l'aide de deux épaisseurs de jersey. Nous n'utilisons pas de matériau supplémentaire au-dessus des jerseys. Il convient d'éviter les plis. Une gouttière plâtrée brachio-antébrachio-palmaire est réalisée. Celle-ci est appliquée en dorsal si le déplacement initial était dorsal, en palmaire si le déplacement initial était palmaire. Une couche de bande Velpeau recouvre le plâtre. La confection de plâtres circulaires est

régulièrement réalisée dans la plupart des équipes. Elle a l'avantage de mouler parfaitement la fracture sous réserve de ménager une chambre antérieure et éviter toute chambre postérieure (*figure 17.7*). Pour certains, le plâtre circulaire permet également d'obtenir un écartement des deux os en ovalisant le plâtre par un moulage antéro-postérieur. Cette démarche nous semble cependant quelque peu antinomique avec la prévention d'un syndrome des loges. Dans le même ordre d'idée, l'utilisation de la résine comme matériau circulaire d'emblée nous paraît peu compliant et nous ne la recommandons pas. La résine reste cependant un excellent outil secondairement en vue de consolider le plâtre.

SURVEILLANCE POST-RÉDUCTION

L'enfant est systématiquement hospitalisé durant 24 heures après la réduction pour dépister et prévenir un syndrome de loge. Il convient de surélever la main, de contrôler la mobilité active et passive des doigts, de tester la sensibilité des extrémités pulpaire. Toute douleur sous plâtre doit faire évoquer un syndrome de loge. Il faut se méfier des signes vasculaires (disparition du pouls capillaire) qui sont tardifs. La seule manière de diagnostiquer un syndrome des loges est de mesurer la pression à l'intérieur des loges musculaires à l'aide d'un matériel ancillaire dédié.



17.7 La contention plâtrée doit ménager une chambre antérieure afin d'éviter un syndrome de loges, et être moulé sur la convexité de la déformation (a). En revanche toute chambre postérieure est inutile et fait courir un risque de déplacement secondaire (b).

SURVEILLANCE À COURT ET MOYEN TERME

On recherche un déplacement secondaire à J8, J15 et parfois J21. À J21, on peut circulariser la gouttière plâtrée (souvent en mauvais état après trois semaines) grâce à une couche de résine appliquée par-dessus la gouttière plâtrée, sans retirer celle-ci afin de minimiser le risque de déplacement secondaire iatrogène. Le délai de consolidation dépend du type de fracture et de l'âge :

- les déformations plastiques consolident en 6 semaines ;
- les fractures en bois vert ou complètes consolident en 2 mois chez l'enfant et en 3 mois (parfois plus) chez l'adolescent.

L'évaluation d'un défaut de réduction acceptable reste un sujet difficile. Une réduction imparfaite se remodelera d'autant mieux que l'enfant est jeune. Le consensus est de ne pas tolérer une déformation angulaire supérieure à 10° au-delà de 10 ans. À l'évidence, cette valeur dépend également du type de fracture et son niveau [6]. On peut retenir avec Gicquel [7] qu'une translation ou un chevauchement ne posent pas de problème s'il reste au moins deux années de croissance et qu'une angulation de 1° à 1,5° peut être corrigée par année de croissance restante. Par exemple, chez une patiente de 10 ans, il reste 3 ans de croissance et environ 4° seront remodelés.

De nombreux défauts de réduction sont liés à un défaut initial d'installation. Le relâchement complet du patient et un contrôle radioscopique efficace sont indispensables pour tenter loyalement une réduction orthopédique.

CONCLUSION

Le traitement orthopédique des fractures des deux os de l'avant-bras reste un geste difficile, nécessitant beaucoup de minutie à chacune des étapes. Il s'agit d'une stratégie thérapeutique qu'il faut savoir réaliser en toutes circonstances sans céder à la tentation de passer d'emblée à un traitement chirurgical. Il est d'autre part important d'informer la famille sur toutes les conditions de ce traitement afin d'obtenir sa collaboration.

- communiquer les conseils de surveillance de l'immobilisation plâtrée ; en cas de douleurs de plus en plus importantes sous plâtre, de paresthésies ou de froideur des extrémités, la famille doit ramener l'enfant en urgence ;

- avertir que les fractures diaphysaires des deux os de l'avant-bras sont longues à consolider (environ 3 mois) et présentent un risque important de fracture itérative durant les 18 premiers mois.

En cas de traitement orthopédique, il faut bien informer la famille qu'un déplacement secondaire est toujours possible justifiant ainsi d'une surveillance en milieu chirurgical.

Pièges à éviter

- Ne pas vouloir hospitaliser les enfants pour surveiller les premiers signes évoquant un syndrome des loges.
- Éviter une analgésie partielle de type MEOPA ou une anesthésie locorégionale [3].
- Ne pas tolérer une déformation angulaire supérieure à 10° au-delà de 10 ans et 15° entre 5 et 10 ans.

Astuces

- Elles sont très nombreuses et issues de l'expérience de chacun. Pour résumer, il convient de rappeler deux points essentiels.
- Une impossibilité de réduction ne doit en aucun cas être considérée comme un échec thérapeutique. Le passage au traitement chirurgical fait partie des éventualités naturelles dans l'histoire d'une fracture des deux os de l'avant-bras. La famille doit en être avertie au préalable.

Bibliographie

- [1] Rigault P. Les fractures de l'avant-bras chez l'enfant. *Ann Chir* 1980 ; 34 : 810-6.
- [2] Ogden J. *Skeletal Injury in the Child*. Berlin, Springer Verlag, 2000.
- [3] Lascombes P. Fractures diaphysaires de l'avant-bras. Conclusions générales. *Rev Chir Orthop* 2005 ; 91 EdS5 : 133-5.
- [4] Mary P. Traitement orthopédique des fractures des deux os de l'avant-bras chez l'enfant. Symposium. *Rev Chir Orthop* 2005 ; 91 Ed S5 : 125-8.
- [5] Beaty JH, Kasser JR. *Rockwood and Wilkin's fractures in children*, 6^e éd. Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
- [6] Gandhi RK, Wilson P, Masson Brown JJ, McLeod W. Spontaneous correction of deformity following fractures of the forearm in children. *Br J Surg* 1963 ; 50 : 5-10.
- [7] Gicquel P, Ehlinger M, Giacomelli MC et al. Remodelage des cals vicieux des fractures diaphysaires des deux os de l'avant-bras chez l'enfant : à propos d'une série de 90 cas. Symposium. *Rev Chir Orthop* 2005 ; 91 EdS5 : 114-7.

Embrochage centromédullaire élastique stable

P. JOURNEAU, P. LASCOMBES, T. HAUMONT

Les fractures diaphysaires des deux os de l'avant-bras représentent 5 % des fractures de l'enfant et surviennent à un âge moyen de 8 ans et demi, 9 ans pour les garçons et 7 ans et demi pour les filles. Le sex-ratio est d'environ 2,5 garçons pour une fille.

Dans la majorité des cas, le traitement orthopédique doit être tenté de prime abord. Toutefois, une insuffisance de réduction qui ne pourra pas se remodeler avec la croissance restante, une impossibilité de stabilisation fracturaire par le traitement orthopédique, ou un déplacement secondaire de la fracture sous plâtre constituent les principales indications de l'embrochage centromédullaire élastique stable. D'autres indications peuvent découler d'une situation pathologique particulière : polytraumatisme, fragilité osseuse, qu'elle soit constitutionnelle ou acquise, maladie neuromusculaire, etc.

TECHNIQUE OPÉRATOIRE DE L'ECMES MIXTE DES DEUX OS (RÉTROGRADE RADIAL ET ANTÉGRADE ULNAIRE)

Les fractures du tiers moyen et du tiers proximal représentent la majorité des fractures des deux os de l'avant-bras, et font donc l'objet de la description opératoire.

L'anesthésie générale est préférable, même si des anesthésies loco-régionales de type bloc plexique sont possibles. Elles peuvent toutefois rendre difficile la surveillance post-opératoire, et leur indication doit donc être soigneusement pesée.

Installation

L'enfant est installé en décubitus dorsal, sur une table opératoire, le membre supérieur étant étendu sur une table à bras. Le chirurgien se place du côté de la tête du patient, c'est-à-dire du côté du versant latéral de son avant-bras étendu en supination. L'aide est soit en face de lui, soit au

bout de la tablette en raison de la présence de l'amplificateur de brillance. Celui-ci est placé le long du corps du patient. Les incidences de face sont directes. Pour le profil, il suffit de tourner soit l'arceau de l'amplificateur, soit l'ensemble du membre supérieur, bras inclus, en rotation médiale afin de ne pas déplacer la fracture pendant ce contrôle. Il est préférable de placer un garrot chirurgical à la racine du membre au cas où un abord chirurgical serait nécessaire, et tout le membre est préparé stérilement.

Choix et préparation des implants

Les broches choisies sont soit en acier soit en titane :

- le diamètre répond à la règle générale des ECMES, c'est-à-dire que le diamètre de broche est égal à $0,4 \times$ le diamètre médullaire, ce qui correspond en moyenne (et en fonction de la taille de l'os) :

- 1,5 mm chez un enfant âgé de 6 à 8 ans,
- 2 mm chez un enfant âgé de 8 à 10 ans,
- 2,5 mm chez un enfant âgé de plus de 11 ans ;

- le plus souvent, le diamètre de la broche radiale est le même que celui de la broche ulnaire. Mais il est possible de réduire le diamètre de la broche ulnaire en fonction de l'aspect anatomique, par exemple à 2,2 mm chez un grand enfant.

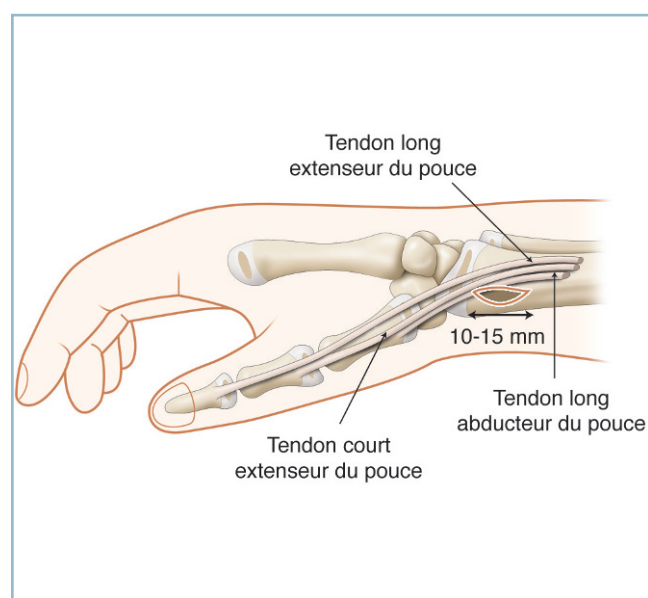
Les deux broches ont une extrémité mousse pour ne pas risquer de perforer l'os cortical lors de leur progression et éviter leur enclavement à l'intérieur du canal osseux. Elle est aussi béquillée avec une angulation d'environ 30 à 40° pour faciliter le passage du virage métaphysaire, et sur une longueur de 3 à 4 mm. Les deux broches sont ensuite cintrées de façon identique en arc sécant, d'un angle harmonieux d'environ 30 à 40°, dont le sommet est calculé pour se situer en regard du foyer de fracture lors de la fin de l'ostéosynthèse. Le béquillage et le cintrage représentent une aide à la réduction lorsque celle-ci est incomplète. En effet, lorsque la broche fait issue dans le foyer d'une fracture insuffisamment réduite, le cintrage la projette en dehors de la circonférence externe du fragment osseux distal et lui permet d'aller « chercher » le fragment opposé.

Il n'y a pas de règle stricte pour savoir par quel os il faut commencer. Il est souhaitable de respecter l'adage « premier os réduit = premier os embroché » pour ne pas perdre la réduction du premier os en tentant la réduction du deuxième. Dans 80 % des cas, le radius est embroché en premier, car du fait de sa situation plus profonde, il peut être difficile à réduire dès lors que l'ulna est embroché. Dans un second temps, la réduction de l'ulna est assez facile car son bord postéro-médial est bien palpable sous la peau. Si ce n'est pas le cas, il faut avoir recours à un artifice qui consiste à ne garder que 1 à 2 cm de la broche radiale dans le fragment opposé au-delà du foyer fracturaire afin d'augmenter la mobilité du radius et faciliter la réduction de l'ulna.

Embrochage radial rétrograde

Le point d'introduction de la broche se situe sur le bord latéral de la métaphyse distale du radius, 1,5 à 2 cm au-dessus de la physe pour ne pas la léser, soit 3 cm au-dessus de la pointe du processus styloïde radial, et plutôt sur son versant antérieur sous-cutané. Il se situe donc entre l'insertion du tendon brachio-radial (*long supinateur*) en arrière et la face ventrale osseuse où repose l'artère radiale. Ainsi, la dissection ne risque pas de léser la veine radiale ni les branches sensibles du nerf radial laissées en arrière, la broche ne passe pas entre les tendons extenseurs, et l'orientation de la pointe carrée se fait vers l'arrière, limitant ainsi le risque de dérapage vers l'artère radiale (*figure 17.8*).

L'incision cutanée verticale se situe en avant de la veine radiale latérale et mesure 1 cm de longueur de façon à ce que son angle proximal soit en regard de l'orifice osseux



17.8 Voie d'abord de la métaphyse radiale inférieure, situant le point d'introduction par rapport aux éléments tendineux.

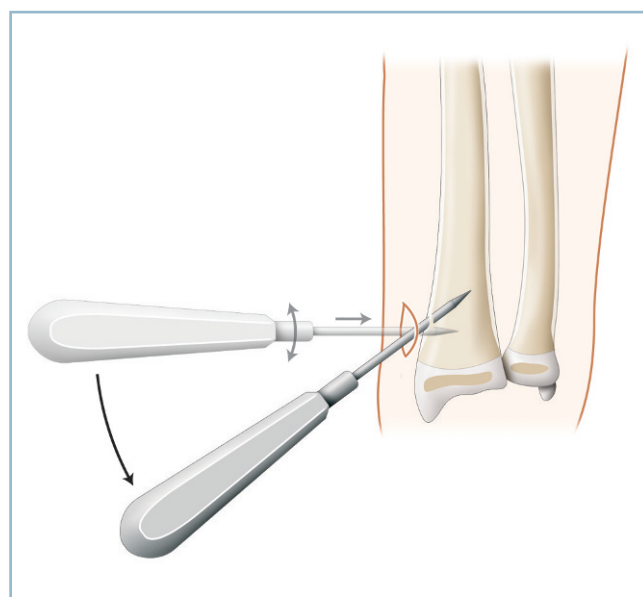
prévu. En effet, l'inclinaison de la broche nécessite un espace à la partie distale de l'incision pour ne pas léser la peau.

Une pointe carrée courte de 3 mm de diamètre est tenue en utilisant l'index tendu de l'opérateur comme garde-fou en cas de dérapage intempestif de l'outil. Appliquée perpendiculairement sur l'os au niveau souhaité, les mouvements de rotations alternés qui lui sont imprimés la font pénétrer dans le tissu osseux spongieux avec une sensation de crissement typique bien perceptible. Dès lors, sa progression est poursuivie à l'intérieur de l'os en l'orientant franchement vers la diaphyse pour ovaliser l'orifice osseux et ne pas perforer la corticale opposée (*figure 17.9*).

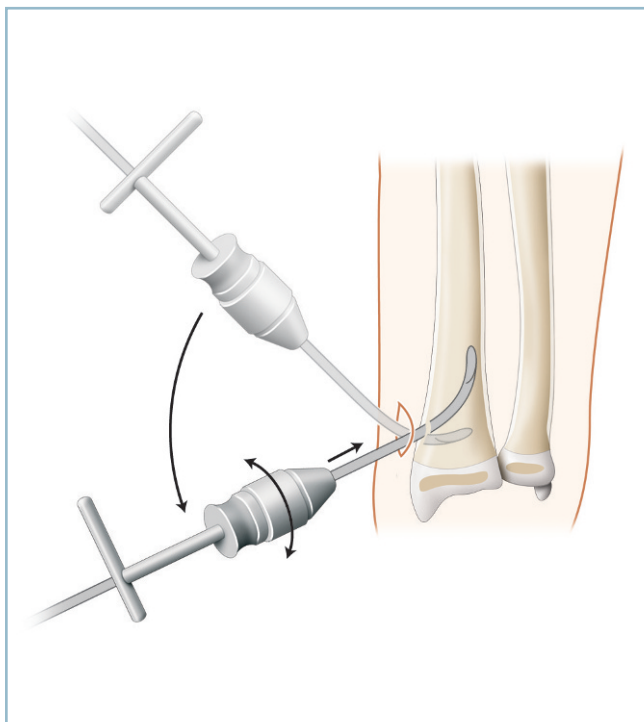
L'aide retire lentement la pointe carrée pendant que le chirurgien pousse la broche perpendiculairement au travers de l'incision et retrouve aisément le contact osseux, puis l'orifice dans lequel entre la broche. Le contact intra-osseux contre la corticale opposée est évident, et la broche est alors retournée sur elle-même pour être orientée vers la diaphyse (*figure 17.10*).

Tout en tractant la main du patient dans l'axe, cette broche est montée dans le radius grâce aux mouvements de rotation alternés de la poignée. Une angulation insuffisante du béquillage peut empêcher la broche de prendre le « virage » métaphyso-diaphysaire. Lorsqu'elle se coince plus haut, il convient de la tourner franchement pour la débloquent et poursuivre ainsi jusqu'à la fracture.

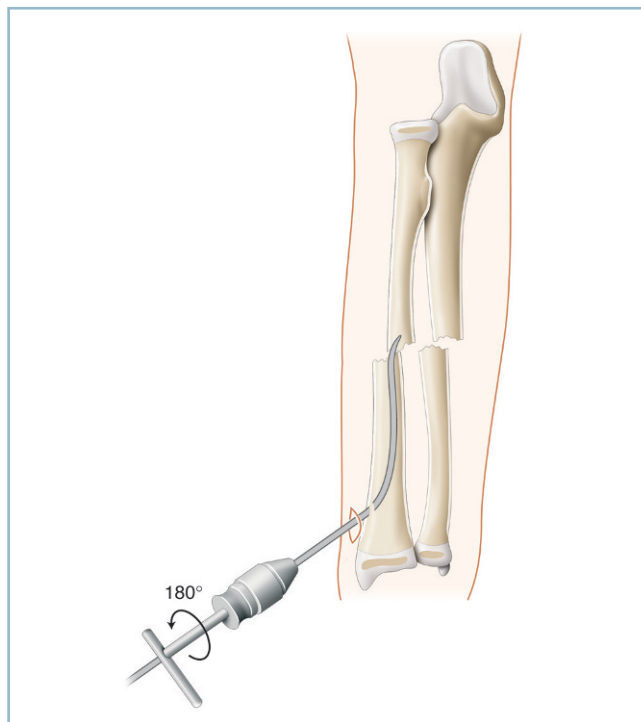
Le premier contrôle d'amplificateur de brillance vérifie la position de la broche intra-radiale et visualise l'orientation de son extrémité. La réduction de la fracture du radius peut alors être obtenue par les manœuvres externes habituelles, et contrôlée de face et de profil en tournant le membre supérieur en monobloc, comme déjà souligné. La pointe



17.9 Trépanation métaphysaire radiale inférieure, avec ovalisation du point d'introduction.



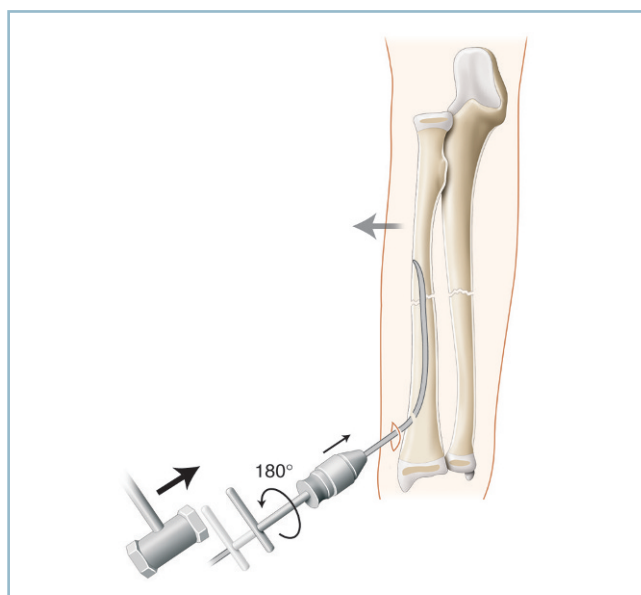
17.10 Introduction de la broche.



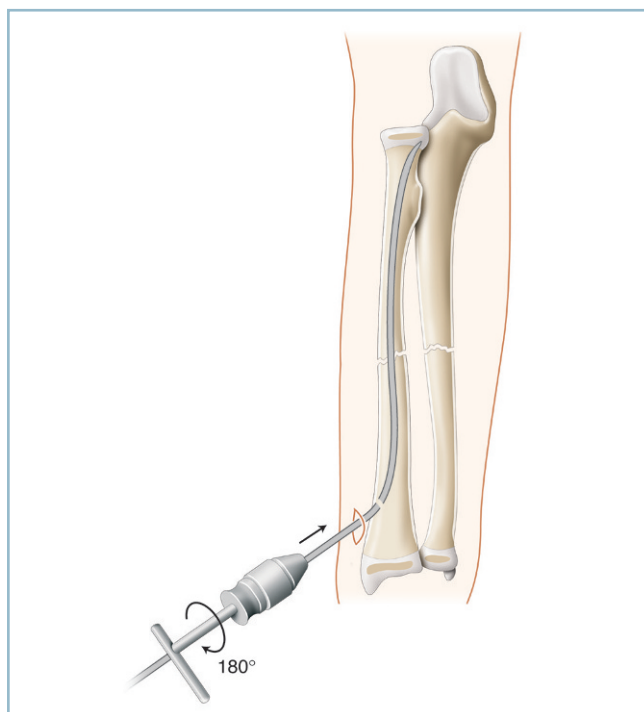
17.11 Accrochage du foyer de fracture, en se servant du béquillage de la broche, pour aller « chercher » le fragment opposé.

de la broche doit impérativement être orientée, de face comme de profil, vers le fragment opposé, afin d'aller « chercher » et « accrocher » celui-ci. Cela impose la rotation de la poignée dans un sens ou dans l'autre d'un angle suffisant mais pas excessif, par exemple de 90° seulement pour balayer un quart de tour (*figure 17.11*).

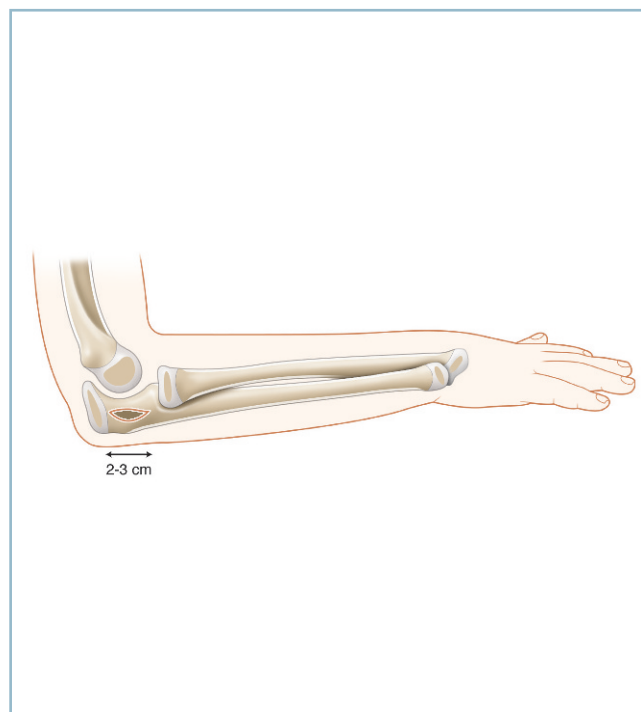
Lorsque la broche est bien orientée et une fois la réduction obtenue, la broche est poussée au marteau au travers du foyer de fracture (*figure 17.12*). L'amplificateur contrôle le franchissement du foyer de fracture sur quelques millimètres, de face et de profil. La sensation de la stabilisation est rapidement perçue par l'opérateur. La progression de la broche est ensuite assurée jusqu'au col radial. Pendant ce temps, elle est orientée de façon à tourner sa concavité vers l'ulna, ce qui rétablit la courbure pronatrice du radius (*figure 17.13*).



17.12 Passage du foyer de fracture au marteau.



17.13 La broche radiale est ensuite montée jusqu'en zone métaphysaire proximale, la concavité tournée vers l'ulna, et le béquillage de la broche dirigée médialement.



17.14 Voie d'abord ulnaire postéro-latérale.

Embrochage ulnaire antégrade

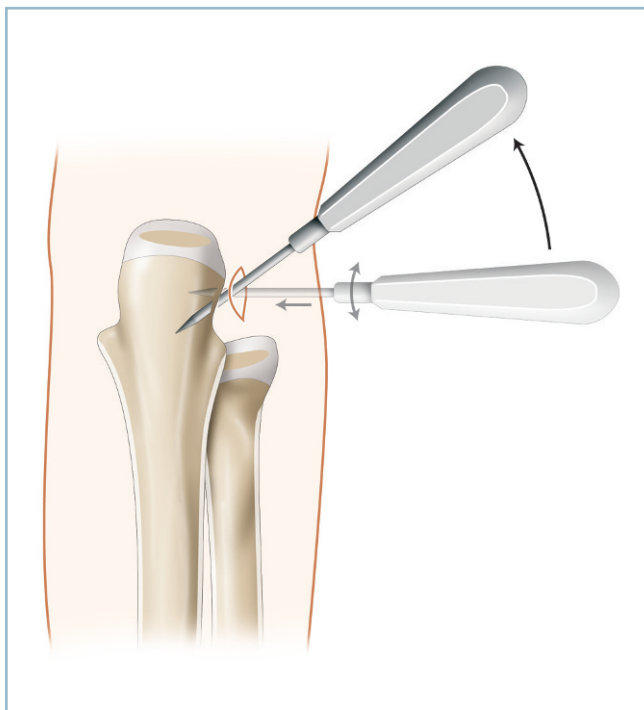
Le point d'introduction de la broche ulnaire se situe sur la face postéro-latérale de l'olécrâne (*figure 17.14*). Ainsi, l'extrémité de la broche enfouie dans le muscle court extenseur du coude (*Anconé*) n'est pas en appui lorsque le coude repose sur une table par exemple. L'abord postéro-médial et l'introduction au sommet de l'olécrâne sont à proscrire du fait des complications nerveuses et cutanées potentielles.

Pour pouvoir accéder à l'olécrâne, le coude est fléchi tandis que le bras est en rotation médiale. L'incision cutanée verticale mesurant 1 cm de longueur est située à la face postéro-latérale de l'olécrâne, 3 cm au-dessous de son sommet. Il faut respecter les mêmes règles de protection cutanée vis-à-vis de la broche que pour l'incision radiale.

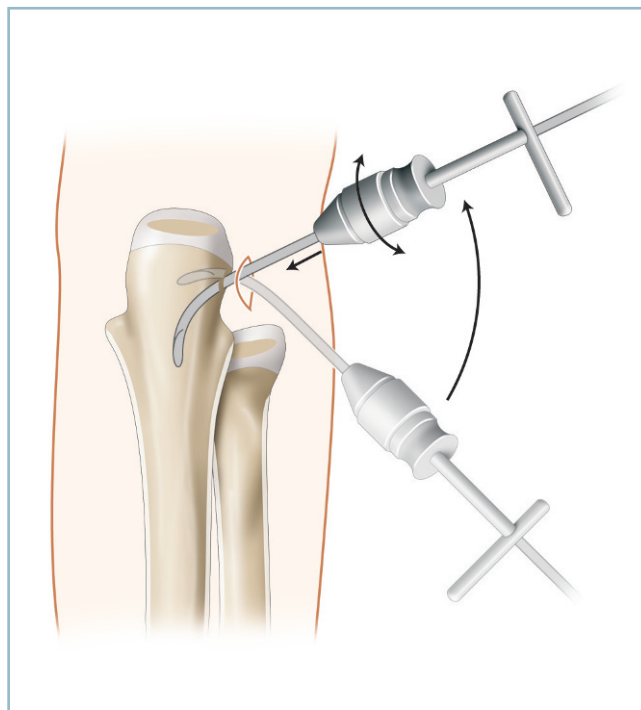
Après l'ouverture du fascia, les fibres musculaires sont écartées à l'aide de ciseaux, dans le sens longitudinal jusqu'au contact osseux. L'os est foré de façon identique au forage radial, à l'aide d'une pointe carrée courte qui pénètre très facilement dans l'os spongieux, et en évitant tout dérapage vers le versant olécrânien médial ou vers l'articulation du coude (*figure 17.15*). La pointe carrée est rem-

placée directement par la broche. Celle-ci est descendue dans l'ulna dont le diamètre est assez fin si bien que le béquillage mérite d'être assez court, ne dépassant pas 3 mm de longueur (*figure 17.16*).

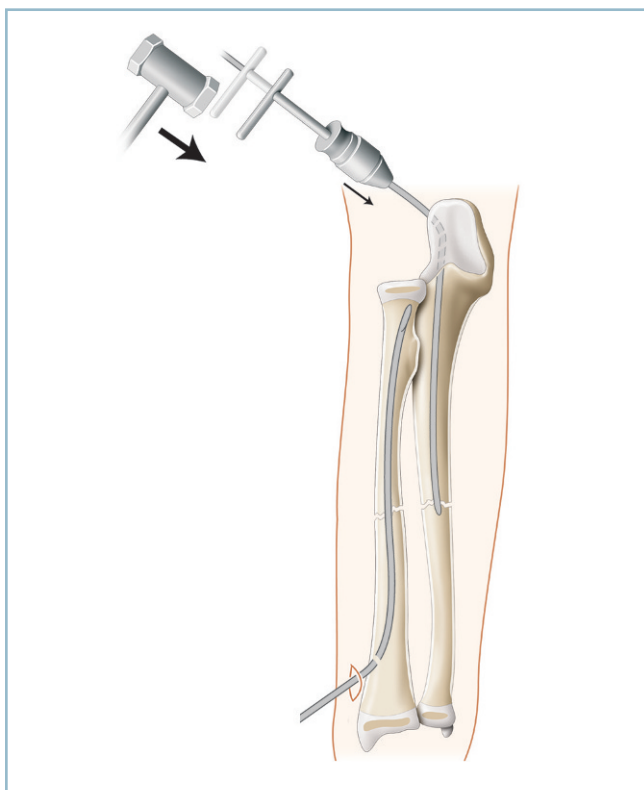
Lorsque la broche ulnaire atteint la fracture, celle-ci est réduite en prenant comme repère la palpation sous-cutanée du bord postéro-médial de l'ulna. Sa réduction est plus facile que celle du radius, raison pour laquelle il est préférable de débiter par l'os le plus difficile, c'est-à-dire le radius. Comme cela a été mentionné précédemment, en cas de difficulté de réduction de l'ulna, il est possible de reculer la broche radiale jusqu'à 1 à 2 cm au-dessus du trait de fracture, ce qui donne plus de mobilité au radius et facilite la réduction ulnaire. Grâce au contrôle radioscopique de face et de profil, la pointe de la broche est orientée vers le fragment opposé. Le passage de la broche s'effectue en frappant doucement à l'aide du marteau dès que la broche est bien dirigée vers le fragment opposé (*figure 17.17*). Sa progression est ensuite assurée jusqu'à la métaphyse ulnaire distale. En même temps, sa concavité est tournée vers le radius, ce qui est possible en orientant l'extrémité béquillée vers le dehors (*figure 17.18*).



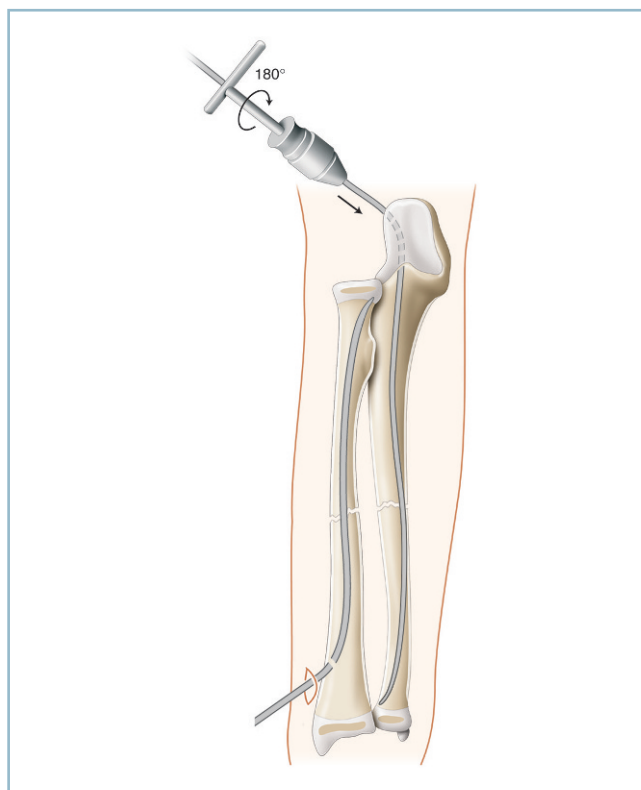
17.15 Forage de l'ulna à la pointe carrée.



17.16 Introduction antérieure de la broche ulnaire.



17.17 Passage du foyer de fracture au marteau, en se servant du béquillage pour réduire la fracture.



17.18 Impaction finale de la broche ulnaire, en tournant sa concavité vers le radius, de telle sorte à ce que les concavités des deux broches se trouvent face à face.

Réduction finale

La certitude du bon montage est visualisée par la direction médiale de l'extrémité béquillée de la broche radiale et latérale de la broche ulnaire. La position des béquillages assure que les concavités des broches sont en opposition, et que la mémoire liée à l'élasticité œuvre dans le sens de la stabilisation en écartant la membrane interosseuse. Lorsque la position définitive est obtenue, une impaction au marteau fixe les broches dans l'os métaphysaire opposé. Cela évite ainsi le balayage du béquillage dans les travées haversiennes et offre un bon appui, évitant aux broches de tourner autour de leur axe.

Il est alors fondamental d'effectuer des mouvements complets en pronation et supination de l'avant-bras de façon à corriger une éventuelle imperfection de la réduction dans le plan horizontal.

Fermeture

En fin d'intervention, les extrémités des broches sont légèrement recourbées pour ne pas rester au contact de l'os, et sont coupées, si possible à l'aide d'une pince permettant une section franche, non agressive pour les tissus sous-cutanés. Trois à quatre millimètres seulement doivent rester hors de l'os pour permettre leur ablation ultérieure, si bien qu'un impacteur est parfois utile pour les repousser si elles sont trop longues. La peau est fermée sans drainage et un pansement compressif est confectionné.

Reprise des activités

Rien ne s'oppose à la reprise scolaire dès la sortie de l'hôpital, ou en tout cas une à deux semaines plus tard. Même lorsque la fracture siège du côté dominant, l'écriture est reprise en quelques semaines. En revanche, cette fracture ayant un délai de consolidation particulièrement long, les activités sportives sont interdites pendant toute la durée de consolidation, c'est-à-dire au moins trois mois, sous peine de voir se produire une fracture itérative, même si les broches sont encore en place. Les contrôles cliniques et radiographiques ont lieu à trois semaines, six semaines et trois mois.

Ablation du matériel

Elle est faite plus tardivement si l'on compare aux autres localisations fracturaires traitées par ECMES. Celle-ci est recommandée au-delà du sixième mois, sous anesthésie générale. En effet, il est important d'attendre non seulement la consolidation par le cal externe, mais également la consolidation corticale plus longue à obtenir et liée au remodelage. Ainsi, après ablation du matériel, le canal médullaire est perméable, la structure tubulaire de l'os diaphysaire est reconstruite, les corticales sont solides, l'alignement osseux est excellent.

L'intervention peut se dérouler lors d'une hospitalisation ambulatoire, avec une reprise chirurgicale des cicatrices précédentes. Un arrêt des sports violents et collectifs est sollicité pendant deux mois afin de diminuer le risque de fracture sur les orifices de sortie des broches.

Pièges à éviter

- Utiliser des broches trop fines.
- Couper les broches trop longues ou trop recourbées, source de conflit cutané.
- Procéder à l'ablation du matériel trop précocement.

Astuces

- Chaque os fracturé doit être embroché, radius et ulna.
- Le cintrage des deux broches doit se faire face à face.
- L'introduction de la broche est toujours sur la face postéro-latérale de l'olécrâne.
- Le passage du foyer de fracture se fait toujours à l'aide du marteau qui pousse la broche.
- Toujours assurer des mouvements en prono-supination de l'avant-bras à la fin de l'intervention, pour éviter les troubles rotatoires.
- Enlever le matériel après six mois afin de limiter le risque de fracture itérative.

Bibliographie

- [1] Lascombes P, Prevot J, Ligier JN et al. Elastic stable intramedullary nailing in forearm shaft fractures in children : 85 cas. *J Pediatr Orthop*, 1990 ; 10 : 167-71.
- [2] Lascombes P, Haumont Th, Journeau P. L'embrochage centro-médullaire d'une fracture des deux os de l'avant-bras chez l'enfant et l'adolescent. *Rev Chir Orthop* 2006 ; 92 : 615-22.
- [3] Lascombes P, Haumont Th, Journeau P. Use and abuse of flexible intramedullary nailing in children and adolescents. *J Pediatr Orthop* 2006 ; 26 : 827-34.
- [4] Lascombes P, Haumont Th. Fractures diaphysaires des deux os de l'avant-bras. In Lascombes P, *Embrochage centro-médullaire élastique stable*. Paris, Masson, 2006.
- [5] Ligier JN, Métaizeau JP, Lascombes P et al. Traitement des fractures diaphysaires des deux os de l'avant-bras de l'enfant par embrochage élastique stable. *Rev Chir Orthop* 1987 ; 73 (Suppl 2) : 149-51.
- [6] Métaizeau JP. Ostéosynthèse chez l'enfant. Embrochage centro-médullaire élastique stable. Montpellier, Sauramps Médical, 1988 : 69-74.

Fractures du col radial

P. JOURNEAU, N. MOH-ELLO,
T. HAUMONT, P. LASCOMBES

Les fractures du col radial sont relativement rares chez l'enfant, puisqu'elles ne représentent qu'un peu plus de 1 % de l'ensemble des fractures de l'enfant, et de 5 % à 14 % de toutes les lésions traumatiques au coude. Tous les âges sont concernés, avec un pic de fréquence vers 9-10 ans. Le mécanisme est essentiellement indirect, en valgus forcé, par une chute sur la paume de la main, le coude étant en extension, ou en discrète flexion. C'est le type I de Jeffery, dont le mécanisme est à la base de la classification. La cupule radiale vient alors buter contre le condyle latéral. La tête radiale se déforme en raison de sa composante principalement cartilagineuse, ce qui explique la rareté des fractures de la tête radiale proprement dite, voire des décollements épiphysaires. La transmission des forces de compression axiale se fait au niveau de la métaphyse qui se fracture. Le mécanisme de type II de Jeffery est une fracture qui survient au moment de la luxation postérieure du coude, et la tête radiale reste dans ce cas située en avant, ou alors au moment de la réduction de la luxation, et la tête radiale reste alors luxée en arrière du condyle latéral.

Il existe deux types anatomiques de fracture du col radial : la plus courante est de loin la fracture métaphysaire pure du col radial, suivie par le décollement épiphysaire Salter II.

De nombreuses classifications ont été décrites pour les fractures du col radial. Elles ont toutes un intérêt, car elles sont basées soit sur le mécanisme lésionnel (classification de Jeffery), le déplacement et le type fracturaire (classification de Judet qui est la plus ancienne), le déplacement avec incidence pronostique (classification de Métaizeau).

Lors du déplacement fracturaire, il persiste le plus souvent un volet périosté métaphysaire, attaché à la tête radiale, qui contient une partie de la vascularisation céphalique. La préservation de ce manchon est indispensable car il a un double intérêt : d'une part, la conservation d'une partie de la vascularisation de la tête radiale, et d'autre part, l'utilisation de la tension de ce fragment tissulaire pour maintenir la réduction lorsque celle-ci aura été pratiquée, cela étant le fondement de la stabilité de la réduction de cette fracture par embrochage centromédullaire élastique stable (ECMES) (figure 18.1).

Classification de Judet modifiée par Métaizeau

Stade I : fracture en motte de beurre, de translation inférieure à 3 mm, et d'inclinaison inférieure à 20°.

Stade II : Inclinaison entre 20° et 45°, avec déplacement latéral inférieur à 50 %.

Stade III : Inclinaison comprise entre 45° et 80°.

Stade IV A : Inclinaison supérieure à 80°, mais avec un contact avec la métaphyse.

Stade IV B : Inclinaison supérieure à 80°, avec perte de contact avec la métaphyse, la tête étant le long de la partie proximale de la diaphyse radiale.

Stade V (Judet) : Décollement épiphysaire.

TECHNIQUE DE L'ECMES RÉTROGRADE

Installation

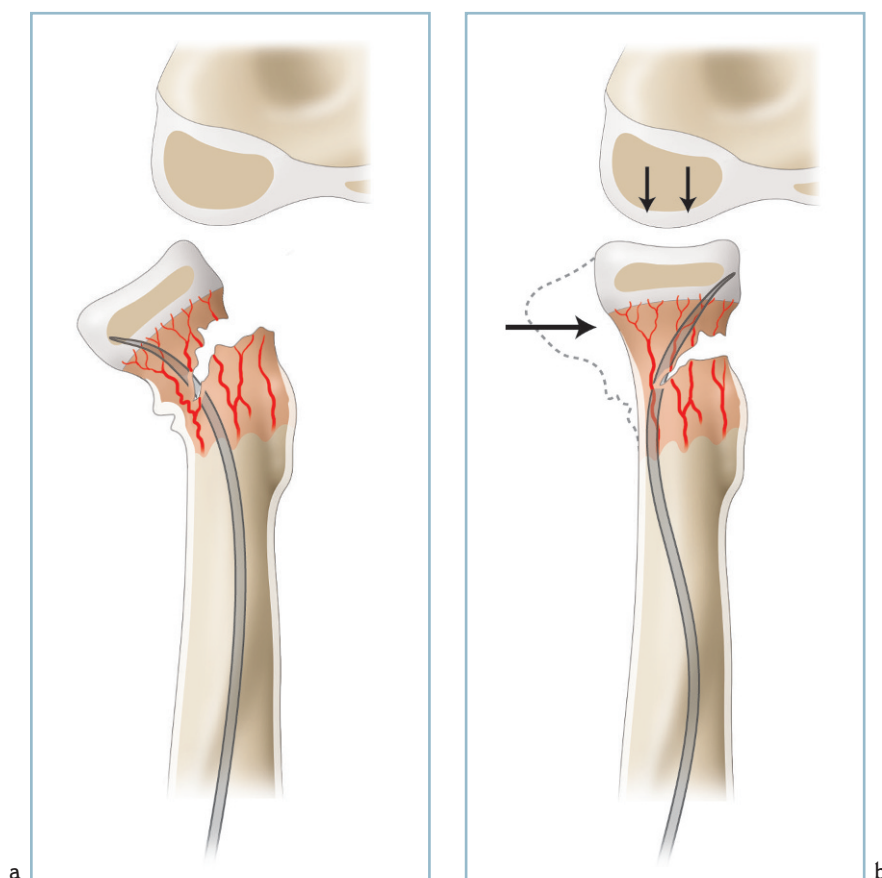
L'anesthésie générale est préférable, plutôt qu'une anesthésie loco-régionale, comme très souvent en traumatologie, en raison des difficultés de surveillance post-opératoire.

L'enfant est installé en décubitus dorsal sur la table opératoire, avec une table à bras radio-transparente connectée au bord latéral. Un garrot pneumatique est mis en place à la racine du membre. Il n'est pas systématiquement gonflé, mais peut s'avérer utile lors d'une réduction particulièrement difficile, avec nécessité d'un abord chirurgical de la tête, ou pour l'abord métaphysaire radial distal, selon les souhaits de l'opérateur. Un amplificateur de brillance est placé habituellement le long de la table principale, dans l'aisselle de l'enfant, perpendiculairement à la table à bras. Cette disposition permet au chirurgien d'être situé face à l'amplificateur de brillance, et face à la loge postéro-latérale de l'avant-bras. Tout le membre supérieur traumatisé est préparé stérilement avec un champ opératoire orthopédique type « champ de main », s'arrêtant distalement par rapport au garrot, laissant ainsi le coude accessible pour d'éventuelles manœuvres de réduction sur la tête.

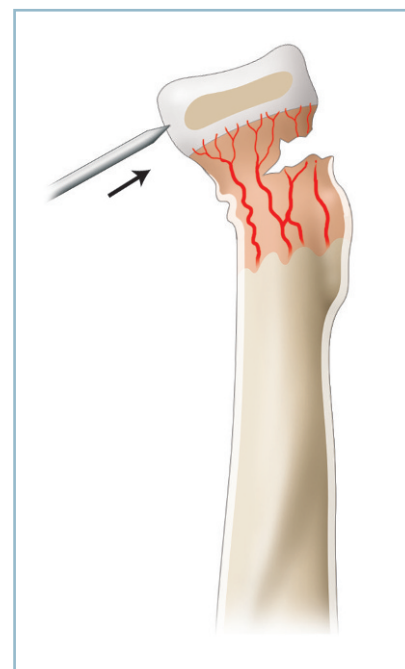
Réduction de la fracture

L'ECMES peut être utilisé soit pour stabiliser la fracture, une fois celle-ci réduite, ou plus fréquemment, pour réduire puis stabiliser le col radial.

Il faut tout d'abord apprécier, avant toute manœuvre, le plan de déplacement maximal de la tête radiale. Cela s'obtient en réalisant des contrôles scopiques à des angulations progressivement croissantes depuis la supination jusqu'à la



18.1 Manchon périosté métaphyso-épiphyseaire (a) sur lequel reposent la réduction et la stabilisation de la tête radiale par ECMES lorsqu'il est mis en tension (b).



18.2 Position du poinçon qui vient s'appliquer sur l'épiphyse elle-même, afin de préserver le manchon périosté et la vascularisation de la tête radiale. D'autre part, il est recommandé de positionner le poinçon lorsque l'avant-bras est en pronation, de manière à éloigner le nerf radial du col, et éviter ainsi de le léser.

pronation complète. Le plan de déplacement maximal est représenté par la visualisation de la tête radiale sous la forme d'un rectangle presque parfait, avec une physe bien visible sur toute sa largeur. Habituellement, le déplacement est plutôt postéro-externe, et la visualisation du plan de déplacement maximal s'obtient donc en pronation de 20° à 40°, si l'on prend comme plan de référence à 0° la supination complète.

La manœuvre de réduction orthopédique décrite par Patterson s'effectue sur le coude en extension, l'avant-bras en supination, l'aide réalisant un contre-appui en traction et en varus, de manière à décoapter l'interligne articulaire. L'opérateur place son pouce sur l'emplacement présumé de la tête radiale, c'est-à-dire dans le plan de déplacement maximal, puis effectue une poussée en haut et en dedans pour replacer la tête radiale.

Il est possible et parfois nécessaire de remplacer le doigt par un poinçon, qui vient s'appuyer sur la tête radiale. Il est important que le poinçon vienne contre la tête radiale, et non sur le col, de façon à épargner la vascularisation céphalique qui circule dans le lambeau périosté. Le poinçon est mis en

place sous contrôle scopique, sur un coude demi-fléchi, et en légère pronation, afin que le nerf radial qui contourne le col radial puisse être éloigné en avant (*figure 18.2*).

Choix et préparation des implants

Les broches utilisées sont en acier inoxydable, type broches de Kischner, car elles doivent être pointues à leur extrémité, de manière à venir littéralement « se ficher » dans le fragment épiphyso-métaphysaire, permettant un ancrage suffisant pour assurer des manœuvres de réduction.

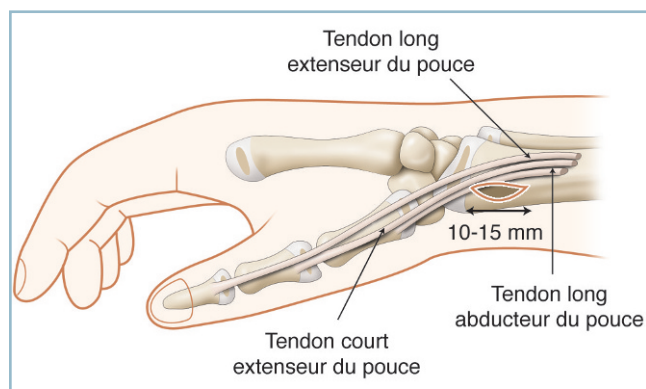
Le diamètre répond à la règle générale, (diamètre de broche = 0,4 x diamètre médullaire), c'est-à-dire en moyenne de 1,8 à 2,5 mm.

L'extrémité de la broche, non épointée, est béquillée manuellement, de manière à s'introduire solidement dans le fragment fracturé. Un cintrage modéré est réalisé, dans le même sens que le béquillage, afin que celui-ci vienne épouser la courbure pronatrice du radius à la fin de l'ostéosynthèse.

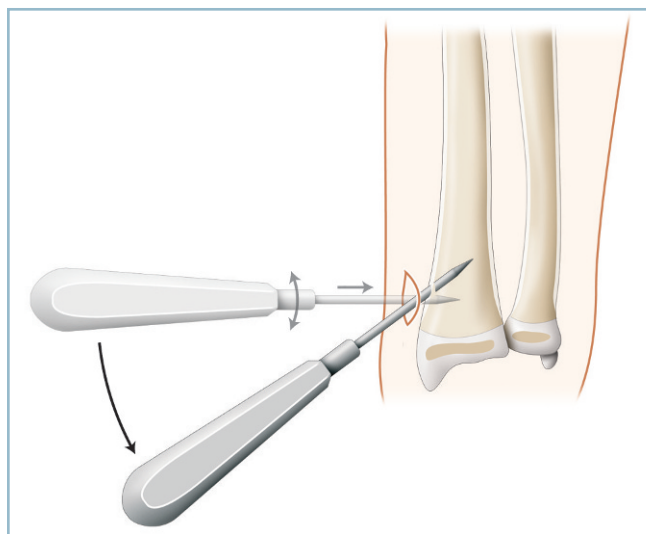
Abord chirurgical

L'incision cutanée se situe à la face latérale de la métaphyse radiale inférieure, 1 cm distalement par rapport au point de trépanation osseuse, de manière à éviter les conflits cutanés, puisque la broche sera introduite obliquement. L'incision, verticale, fait environ 1 à 1,5 cm, et on peut s'aider d'un repérage scopique de la physe radiale inférieure. À l'aide de ciseaux mousse, on dissèque et récline en arrière la veine radiale du pouce, puis la branche sensitive du nerf radial, qui sera protégée par un mini-écarteur. On passe en avant de l'insertion du tendon huméro-radial, ce qui permet d'éviter en arrière les tendons court extenseur et long abducteur du pouce, puis on prend un contact osseux, de la pointe des ciseaux (*figure 18.3*).

La trépanation est assurée par une pointe carrée qui reprend le même trajet, très légèrement oblique d'avant en arrière, 10 à 15 mm en amont de la physe radiale inférieure (*figure 18.4*).



18.3 Abord chirurgical de la métaphyse radiale distale, en avant des tendons.

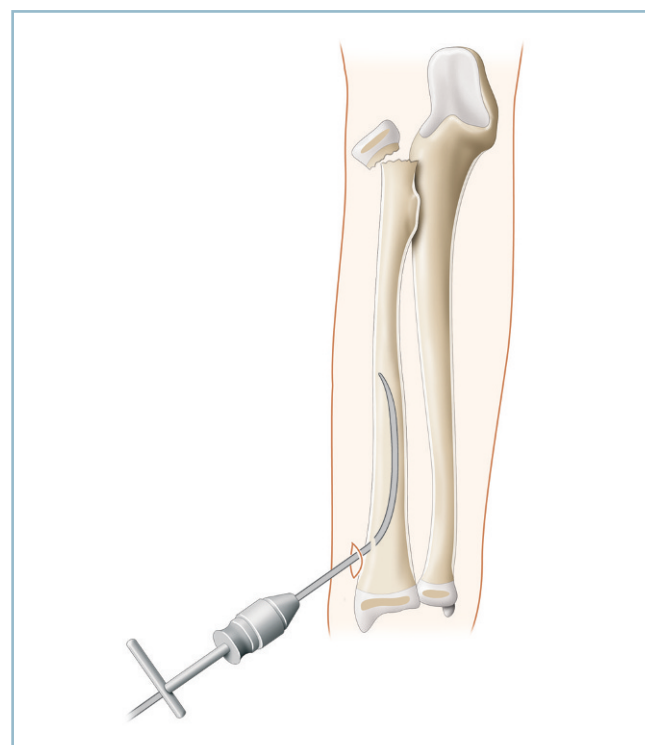


18.4 Trépanation de la métaphyse radiale à l'aide d'une pointe carrée, 10 à 15 mm en amont de la physe.

La broche, montée sur une poignée américaine, est ensuite introduite à travers l'orifice, dans le canal médullaire. Le caractère non épointé de la broche peut rendre la progression difficile dans le canal radial plutôt étroit. De petits mouvements de pronation sont nécessaires, voire dans certains cas, l'utilisation du marteau. Pour faciliter la progression au début, l'extrémité de la broche est dirigée dans le sens de la courbure pronatrice du radius (*figure 18.5*).

Réduction de la fracture

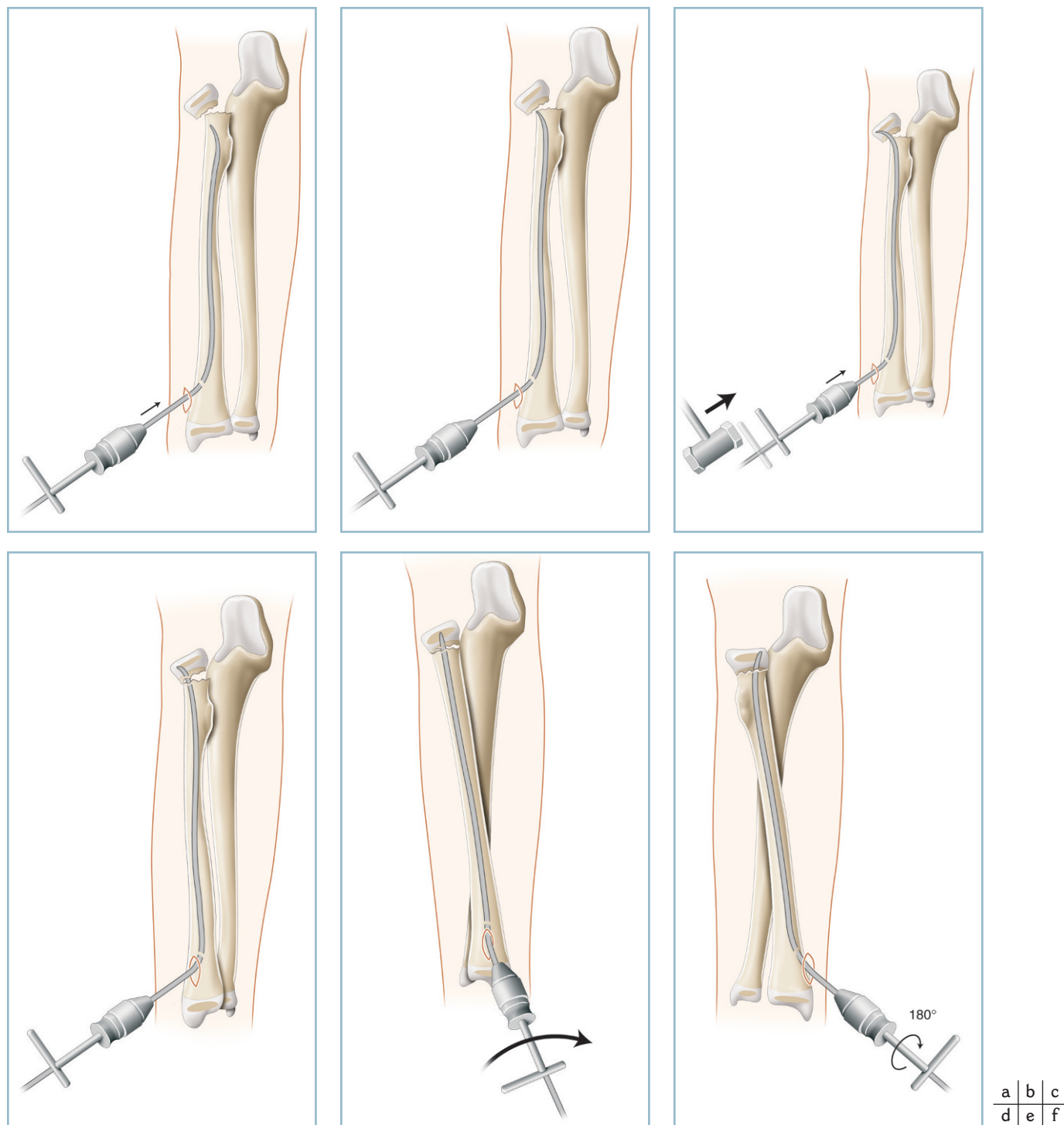
Lorsque la broche vient affleurer le foyer fracturaire, elle est tournée et positionnée de manière à ce que la pointe se place en regard de la tête radiale, dans le plan de déplacement maximal. Sous contrôle scopique, la broche est impactée fortement au marteau dans la tête radiale, puis, par un mouvement de rotation de 180° en avant, la réduction de la bascule et de la translation est effectuée. Le sens de la rotation de la broche dépend du déplacement de la tête radiale. Celle-ci étant le plus souvent en situation postéro-latérale, cela explique le mouvement de rotation en avant et en dedans. Le sens est donc, pour le chirurgien placé face à l'extrémité distale du radius, horaire pour un côté droit, et anti-horaire pour un côté gauche. La rotation de la broche doit être douce pour ne pas risquer de « balayer » dans l'épiphyse, et il est recommandé d'accompagner la rotation par une manœuvre de réduction orthopédique en pronation. Il est parfois nécessaire de s'aider



18.5 Introduction de la broche, pointue, qui est poussée ensuite jusqu'au niveau du foyer de fracture.

d'un poinçon, avec les précautions décrites, en cas de déplacement de stade IV, afin de venir « présenter » la tête radiale devant la pointe de broche (*figure 18.6*). En fin de réduction, l'extrémité épiphysaire de la broche doit toujours être

orientée en dedans, dans le sens de la courbure pronatrice du radius. Cela signifie que la broche ne devra plus être manipulée une fois la réduction et la stabilisation obtenues, sous peine d'entraîner un déplacement secondaire.



18.6 Impaction de la broche dans la tête radiale (a, b, c) puis réduction progressive par rotation douce de manière à venir replacer la tête au-dessus de la métaphyse (d, e, f). Afin d'aider la réduction, il est utile d'accompagner le mouvement de la broche par la mise en pronation de l'avant-bras.

En raison des capacités de remodelage du col radial, et selon l'âge de l'enfant au moment de l'intervention, on peut admettre une insuffisance de réduction (bascule latérale) jusqu'à 20° voire 30°. Il faut donc se garder de vouloir parfaire une réduction à tout prix, au risque de léser le périoste latéral, ou de perforer la tête radiale de multiples fois.

Fermeture

L'extrémité métaphysaire de la broche est recourbée et sectionnée, en prenant garde qu'elle n'aille pas irriter la branche sensitive du nerf radial ni léser les tendons extenseurs du pouce. Il faut donc la couper assez court, avec le risque d'avoir une ablation difficile. Si elle est laissée trop longue, elle repoussera les éléments tendineux et nerveux, mais la peau sera menacée. Il faut surtout bien se garder de mobiliser la broche en la coupant, en particulier en rotation, afin d'éviter tout risque de perte de réduction.

L'autre possibilité est de ne pas recourber la broche, et de la sectionner en utilisant son élasticité. Ainsi, une fois coupée, elle vient se plaquer contre la métaphyse, évitant ainsi les conflits avec les éléments nobles.

La fermeture est faite en deux plans, sans drainage.

Une immobilisation plâtrée brachio-palmaire est recommandée pour 3 semaines, et l'ablation du matériel peut être programmée dès l'ablation du plâtre, en laissant l'enfant en auto-rééducation.

Pièges à éviter

- Ne pas réduire la tête radiale à l'aide d'un poinçon, en utilisant une manœuvre de type Kapandji, afin de ne pas léser le manchon périosté et sa vascularisation.
- Protéger le nerf radial lors d'un poinçonnage (mise en pronation de l'avant-bras).
- Ne pas utiliser de broche trop fine qui ne permet pas le mouvement de torsion pour la réduction.

Astuces

- Utiliser une broche pointue (os dense).
- Impaction dans la tête au marteau.
- Aider la réduction par une mise en pronation de l'avant-bras.

Bibliographie

- [1] Lascombes P. Radial head and neck fractures in children. *In Surgical Techniques in Orthopaedics and Traumatology*. Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS, 55-240-C-10, 2000.
- [2] Métaizeau, JP, Prévot J, Schmitt M. Réduction et fixation des fractures et décollements épiphysaires de la tête radiale par broche centro-médullaire. *Rev Chir Orthop* 1980 ; 66 : 47-9.
- [3] Pontallier JR. Fracture du col et de la tête radiale. *In* Damsin JP, Langlais J, *Traumatologie de coude de l'enfant. Cahier d'enseignement de la SOFCOT*, Vol 72. Elsevier, 2000 : 128-45.
- [4] Journeau P, Moh-Ello N. Fracture du col radial. *In* Lascombes P, *Embrochage centromédullaire élastique stable*. Masson, 2006.

CHAPITRE 19

Allongement progressif de l'avant-bras

F. LAUNAY, J.-L. JOUVE,
Y. GLARD, E. VIEHWEGER,
G. EDGARD-ROSA, G. BOLLINI

Les allongements osseux du membre supérieur, et en particulier les allongements de l'avant-bras, sont plus rares que les allongements du membre inférieur du fait essentiellement de la plus grande tolérance fonctionnelle d'une inégalité de longueur modérée des membres supérieurs. En général, une indication d'allongement du membre supérieur n'est posée qu'en cas d'inégalité de longueur supérieure ou égale à 4 cm. L'inégalité peut être congénitale (main bote radiale ou ulnaire, maladie exostosante) [1, 3] ou liée à une épiphysiodèse du cartilage de croissance radial ou ulnaire distal d'origine tumorale, infectieuse, ou traumatique.

Une fois, l'indication posée, il faut bien faire prendre conscience à l'enfant et à son entourage que l'allongement se fera à l'aide d'un fixateur externe porté pendant plusieurs mois et qu'il faudra probablement faire face pendant cette période à diverses complications.

Conseil

Il est important de bien avertir l'enfant et son entourage de la fréquence importante des complications, ce qui évitera des conflits ultérieurs.

En ce qui concerne le matériel utilisé pour l'allongement de l'avant-bras, il est souvent plus simple d'utiliser des fixateurs monolatéraux. Lorsqu'une correction d'axe s'avère nécessaire, nous préférons réaliser une ostéotomie de correction en per-opératoire afin d'allonger un segment osseux normo-axé.

TECHNIQUE OPÉRATOIRE

Installation

L'intervention se déroule sous anesthésie générale associée à une anesthésie loco-régionale. L'anesthésie loco-régionale consiste en un bloc plexique avec ou sans la mise en place d'un cathéter d'analgésie infraclaviculaire.

Le patient est en décubitus dorsal. Nous n'utilisons pas en pratique quotidienne de garrot pneumatique ni de bande d'Esmarch. Le champ opératoire inclut l'ensemble

du membre supérieur opéré avec un champ troué en excluant l'épaule.

Ostéotomie

Le premier temps opératoire consiste en une ostéotomie diaphysaire transversale sous-périostée du segment osseux à allonger. Lorsqu'une correction d'axe est nécessaire, nous conseillons de la faire au moyen d'une ostéotomie de raccourcissement dans le foyer initial d'ostéotomie. Nous préférons utiliser cette technique quitte à obtenir un raccourcissement initial afin de pouvoir réaliser un allongement progressif dans un seul axe, plus simple à contrôler. Il nous semble également que cette méthode entraîne moins de tension au niveau des parties molles rétractées, notamment dans les aplasies du radius, améliorant ainsi la tolérance de l'allongement chez l'enfant.

Broche guide

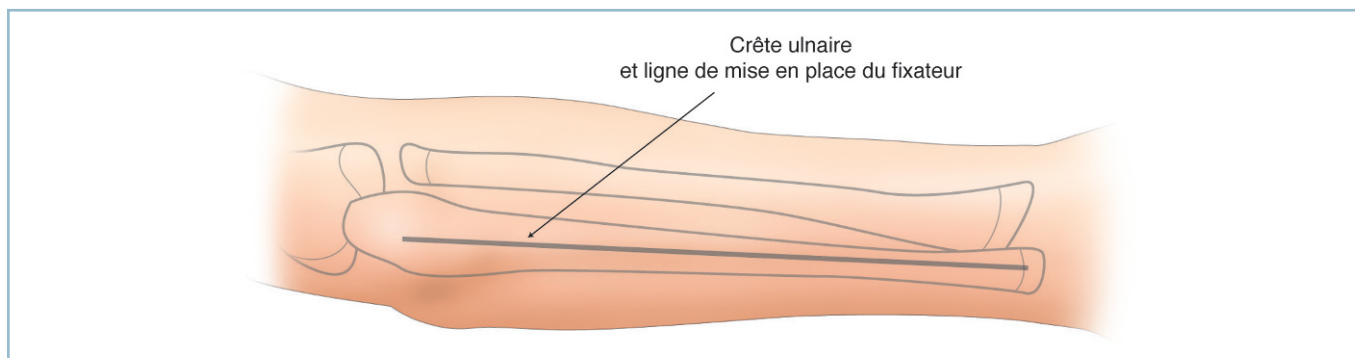
Il faut ensuite mettre en place une broche centro-médullaire au niveau de l'os à allonger qui permettra de guider l'allongement mais également d'éviter les troubles d'axe en cours d'allongement et d'améliorer les capacités de consolidation osseuse [2]. Son diamètre est habituellement plus fin que celui habituellement utilisé pour un ECMES, en raison de l'encombrement des fiches du fixateur. La broche guide est introduite en région métaphysaire proximale quand l'ulna est l'os allongé, et à partir de la métaphyse distale dans le cas d'un allongement du radius. Dans certains cas, en particulier dans les mains botes, il faut pouvoir garder la main et le poignet dans l'axe de l'avant-bras. Il est donc très utile de prolonger le trajet de la broche guide centro-médullaire afin de ponter le poignet.

Mise en place du fixateur externe

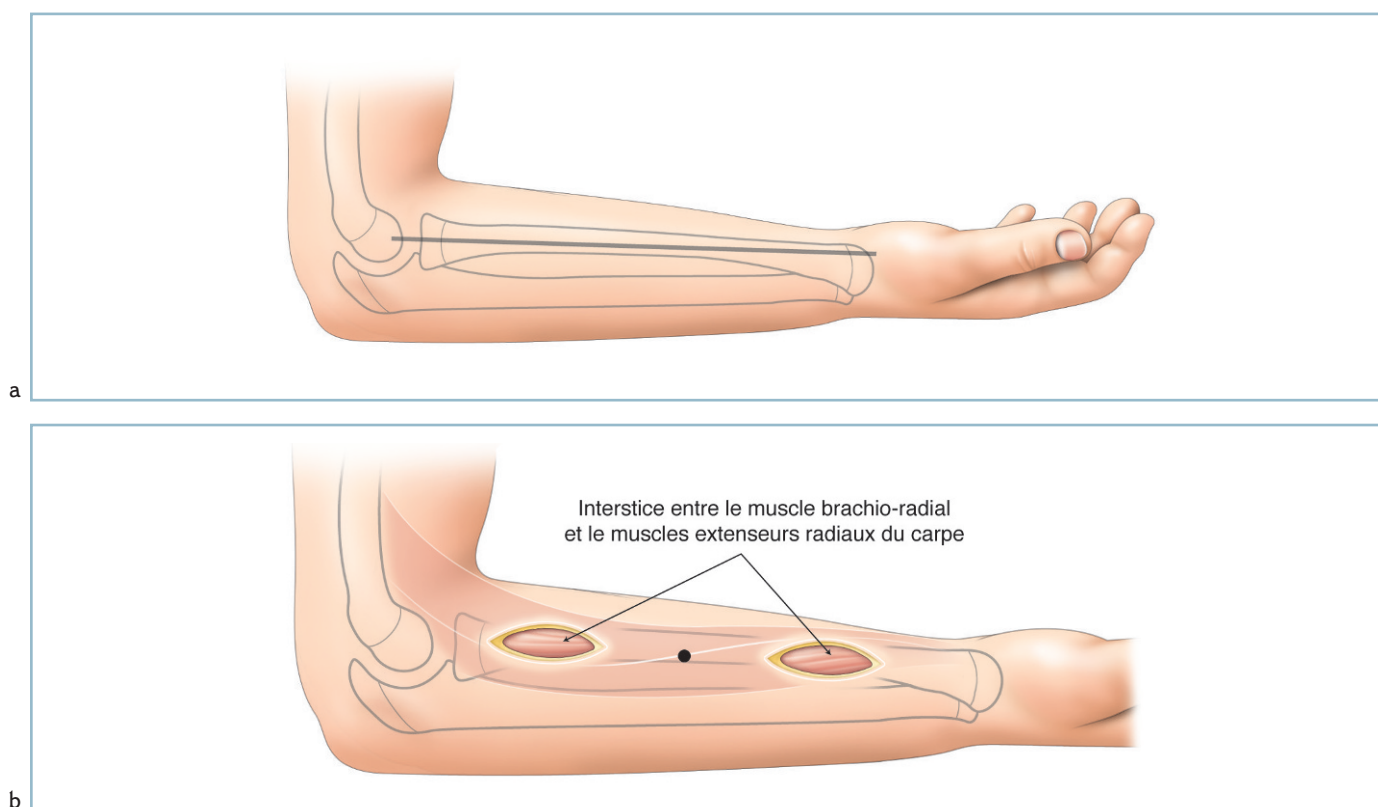
Si l'allongement concerne l'ulna, le fixateur est situé le long de la crête ulnaire, qui est juste sous la peau, et la mise en place des fiches ne présente pas de difficulté anatomique (*figure 19.1*). Dans le cas d'un allongement radial, le fixateur est positionné sur le bord latéral de l'os, et les fiches sont introduites dans l'interstice musculaire entre muscle brachio-radial en avant et extenseurs radiaux du carpe en arrière. Il faut alors faire un mini-abord de manière à visualiser cet espace anatomique (*figure 19.2*).

L'allongement se fait à l'aide d'un minirail d'allongement monolatéral ou avec un rail pédiatrique en fonction de la taille de l'os. Si un minirail est utilisé, nous mettons en place quatre fiches (deux fiches de part et d'autre de l'ostéotomie) recouvertes d'hydroxyapatite (*figure 19.3*).

Afin de positionner le plus correctement possible le fixateur externe, il faut en premier lieu mettre en place la fiche la plus proximale. Elle doit être strictement perpendiculaire à l'os.



19.1 Ligne de mise en place du fixateur ulnaire, le long de la crête.



19.2 Voie d'abord radiale pour la mise en place d'un fixateur sur le radius (a). On ouvre l'interstice entre le muscle brachio-radial en avant et les extenseurs radiaux du carpe en arrière, de manière à aborder la diaphyse (b).

Il faut ensuite poser le rail et mettre en place la fiche la plus distale, en se servant du rail et de son matériel ancillaire pour que les deux fiches soient strictement parallèles l'une par rapport à l'autre.

Le fait de d'abord mettre en place les fiches les plus extrêmes au lieu de mettre en place successivement les fiches de proximal en distal ou de distal en proximal, évite ainsi d'avoir des fiches excentrées par rapport à l'os. Si l'avant-bras est très court, on peut être amené à ponter le poignet et dans ce cas, la fiche la plus distale est mise dans le cinquième métacarpien.

Astuce

Le fait de d'abord mettre en place les deux fiches les plus éloignées de l'ostéotomie permet d'avoir un fixateur externe parfaitement centré par rapport à l'os.

Enfin, les deux dernières fiches centrales sont placées à travers le chariot du rail d'allongement.



19.3 Technique de mise en place d'un minirail d'allongement monolatéral sur l'ulna, associé à une broche centro-médullaire, afin de contrôler l'axe d'allongement.

Fermeture

Après avoir soigneusement refermé le périoste, la fermeture se fera en deux plans sans aucun drainage afin de préserver au maximum l'hématome autour de l'ostéotomie. Un pansement sec sera alors réalisé en laissant visible le corps du fixateur externe et le membre supérieur sera maintenu par une simple écharpe.

SUITES OPÉRATOIRES ET ALLONGEMENT

L'allongement sera débuté entre le cinquième et le septième jour post-opératoire au rythme de 0,25 mm matin et soir.

Pendant l'allongement, la kinésithérapie est essentielle pour éviter l'apparition d'un enraidissement du coude, du poignet ou des doigts, et en particulier l'apparition d'un flessum du coude et des doigts.

Pendant cette phase d'allongement, il faudra surveiller très régulièrement le patient pour dépister toute complication. Les complications liées à la phase d'allongement sont nombreuses, même si elles sont moins fréquentes que lors d'un allongement du membre inférieur. Les complications les plus importantes sont les suivantes :

- les phénomènes douloureux ;
- l'infection locale au niveau des fiches qui sera traitée par des soins locaux associés ou non à une courte antibiothérapie en fonction des résultats des prélèvements bactériologiques ;
- les raideurs articulaires qui pourront amener à ralentir, voire à arrêter de façon transitoire l'allongement.

Ensuite, lorsque la phase d'allongement est terminée, le patient entre dans une phase de consolidation. Pendant cette phase, non seulement les mêmes complications douloureuses et infectieuses peuvent être notées, mais de plus, on peut voir apparaître des retards de consolidation, voire des pseudarthroses qui vont nécessiter une greffe osseuse secondaire. D'un autre côté, il est aussi possible de voir apparaître une consolidation osseuse précoce avant la fin de l'allongement qui obligera soit le patient à se contenter de l'allongement obtenu soit à retourner au bloc opératoire pour réaliser une ostéotomie itérative.

Le fixateur est ôté une fois l'aspect radiologique du régénérat satisfaisant, en sachant que la broche centro-médullaire protège la zone d'allongement ensuite. Cela peut ainsi permettre une ablation plus précoce du fixateur lorsque l'on utilise l'artifice d'une broche centro-médullaire.

Finalement, même si les indications d'allongements de l'avant-bras sont relativement rares, une technique opératoire simple mais rigoureuse doit pouvoir permettre d'atteindre les objectifs fixés entre le chirurgien et le patient.

Bibliographie

- [1] Kabawata H, Shibata T, Masatomi T, Yasui N. Residual deformity in congenital radial club-hands after previous centralisation of the wrist. Ulnar lengthening and correction by the Ilizarov method. *J Bone Joint Surg Br* 1998 ; 80 : 762-5.
- [2] Launay F, Jouve JL, Guillaume JM et al. Les allongements progressifs de l'avant-bras chez l'enfant. À propos d'une série de 14 cas. *Rev Chir Orthop* 2001 ; 87 : 786-95.
- [3] Malek R. Mains botes radiales congénitales. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Elsevier, Paris, 1994 ; 46 : 171-82.

CHAPITRE 20

Déformation de Madelung

J.-L. JOUVE, Y. GLARD,
R. LEGRE, F. LAUNAY, G. BOLLINI

La déformation de Madelung est une entité pathologique rare se définissant comme une fermeture partielle et prématurée du cartilage de croissance distal du radius, au cours de la croissance. Elle peut être isolée, ou au contraire s'intégrer dans des dysostoses généralisées comme la maladie de Léri et Weil. La conséquence anatomique de cette épiphysiodèse est la création d'une dysharmonie complexe du poignet : l'orientation de la glène radiale est exagérée en avant et en dedans, avec un carpe de forme triangulaire et une distorsion de l'articulation radio-ulnaire distale du fait de la bascule antérieure du radius et de sa brièveté relative par rapport à l'ulna (figure 20.1a et b). Les conséquences cliniques de cette anomalie anatomique sont marquées par une tête ulnaire anormalement proéminente en région dorsale (figure 20.1c) et, sur le plan fonctionnel, une impotence qui peut être très variable en fonction des sujets et de la sévérité de la déformation anatomique. Souvent, les amplitudes articulaires sont limitées, essentiellement en prono-supination, mais aussi en flexion-extension et en abduction-adduction. Cependant, les patients se plaignent tout d'abord de l'aspect inesthétique de leur poignet. La plainte fonctionnelle est au second plan. Rarement, et de manière tardive, certains patients peuvent présenter une arthrose sur ce poignet déformé. Dans cette affection, il faut différencier la forme sévère et la forme modérée. Dans la forme sévère, on observe une rotation du radius distal, et la surface articulaire radiale de l'articulation radio-ulnaire distale regarde vers l'arrière. Dans les formes modérées, on n'observe pas cette rotation du radius distal, et la surface articulaire radiale de l'articulation radio-ulnaire distale ne regarde pas vers l'arrière, mais vers le côté ulnaire, comme c'est le cas dans un poignet normal. Dans ces formes modérées, le radius est simplement « courbé » en avant, c'est-à-dire avec un excès majeur d'anteversion de la glène radiale.



a



b



c

20.1 Aspect radiographique de face (a) et de profil (b) d'une déformation de Madelung. Il existe de face un excès de pente radiale, un index radio-ulnaire positif, une ascension du carpe dans l'espace inter-radio-ulnaire, et de profil, une subluxation dorsale de la tête ulnaire, donnant l'aspect clinique si caractéristique en dos de fourchette (c).

INDICATIONS THÉRAPEUTIQUES

Elles sont assez simples. Elles dépendent de la motivation du patient et du degré de sévérité de la maladie. Le patient doit être demandeur d'une intervention. Il n'y a pas lieu de pratiquer de chirurgie préventive étant donné qu'il n'est pas clairement établi que la déformation de Madelung évolue vers l'arthrose, et que rien ne prouve que la chirurgie ait un quelconque rôle dans la prévention de cette arthrose. Dans la forme modérée, qui est la plus fréquente, une ostéotomie isolée du cubitus suffit le plus souvent à restaurer l'anatomie de l'articulation radio-ulnaire distale. C'est la technique que nous présentons ici. Dans la forme sévère, il faut ajouter une ostéotomie d'horizontalisation-dérotation du radius distal (visant à remettre la surface articulaire radiale de la radio-ulnaire distale en face de la tête cubitale). Il n'y a aucune place pour le traitement orthopédique dans cette affection. La chirurgie peut être proposée dès la fermeture du cartilage de croissance du radius distal.

TECHNIQUE CHIRURGICALE DES FORMES MODÉRÉES

Il s'agit d'une ostéotomie isolée de flexion et de soustraction de l'ulna qui a pour but d'améliorer l'anatomie de l'articulation radio-ulnaire distale et la fonction en pronosupination. Cette intervention a aussi un but esthétique : la correction du défaut d'orientation de l'articulation radio-ulnaire distale permet de diminuer la proéminence postérieure de la tête ulnaire.

Installation

Le patient est installé en décubitus dorsal, le membre opéré sur une table à bras radio-transparente. Un garrot

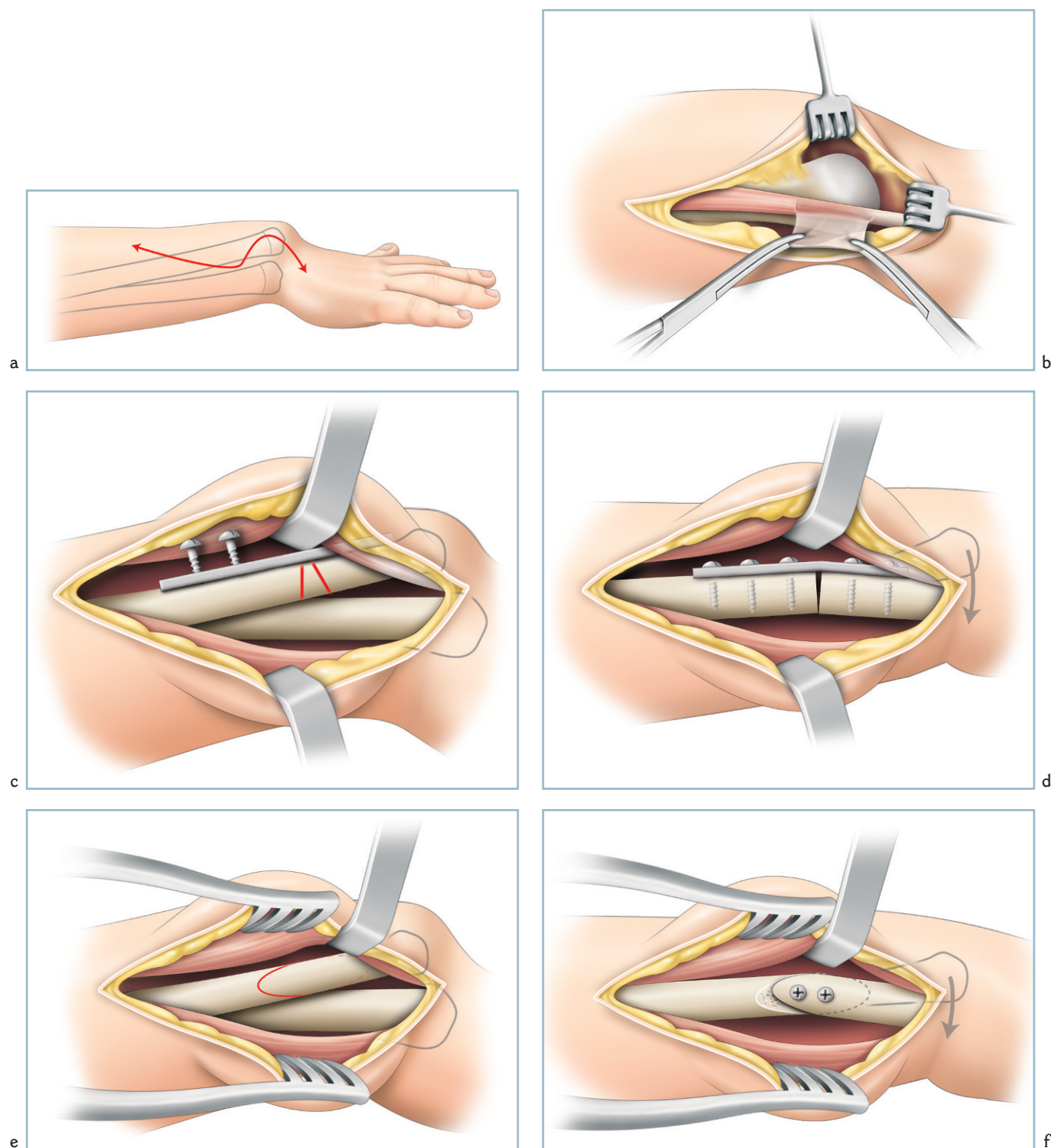
pneumatique est placé à la racine du membre. L'avant-bras est placé en pronation.

Voie d'abord

Le tiers distal de l'ulna ainsi que l'articulation radio-ulnaire distale sont abordés selon une voie dorsale, en prenant soin de respecter la branche cutanée dorsale du nerf ulnaire (*figure 20.2a*). Le tendon distal de l'extenseur ulnaire du carpe, qui est luxé sur le versant médial de l'ulna dans cette affection, est libéré en prenant soin de tailler, dans le ligament annulaire dorsal, un lambeau rectangulaire qui servira à la stabilisation dorsale de ce tendon (*figure 20.2b*).

Geste osseux

Après avoir soigneusement décollé le périoste en un seul plan, on pratique une ostéotomie d'accourcissement et de soustraction antérieure à 6 cm de la styloïde ulnaire (*figure 20.2c*). Le type d'ostéotomie est variable : elle peut consister en un coin cunéiforme à base antérieure, afin de permettre un accourcissement et un mouvement de flexion antérieure ; cela peut aussi être une ostéotomie plane-oblique, qui permet ainsi de fléchir à la demande la partie distale de l'ulna. La « quantité » d'ulna à réséquer a préalablement été calculée sur les radiographies pré-opératoires de manière à ramener l'index radio-ulnaire à zéro, ou en valeur légèrement négative. L'ulna est ensuite fixé à l'aide d'une plaque DCP légèrement chantournée (basculée antérieure), permettant de fixer la bascule antérieure de l'ulna et de réduire ainsi l'articulation radio-ulnaire distale (*figure 20.2d*). Si on utilise une ostéotomie plane-oblique, celle-ci est fixée par deux vis transversales (*figure 20.2e et f*). Cette ostéotomie a l'avantage de pouvoir adapter à la demande, en cours d'intervention, la totalité de la correction, à la fois sur l'accourcissement et le degré de flexion antérieure.



20.2 a. Voie d'abord dorsale de la radio-ulnaire distale et du tiers distal de l'ulna.

b. L'extenseur ulnaire du carpe est libéré. Un lambeau rectangulaire est taillé dans le ligament annulaire dorsal qui servira à la stabilisation dorsale de ce tendon.

c. Résection cunéiforme à bas antérieure, de manière à obtenir un raccourcissement et une flexion antérieure de l'ulna.

d. Fixation de l'ostéotomie cunéiforme par une plaque vissée légèrement cintrée pour épouser la nouvelle forme de l'ulna.

e. Ostéotomie plane-oblique.

f. Obtention de l'accourcissement et de la flexion souhaités, avec un réglage à la demande, puisque les deux tranches de section osseuse coulissent l'une sur l'autre, à la fois dans le plan antéro-postérieur, et selon l'axe proximo-caudal, pour obtenir l'accourcissement désiré.

Geste complémentaire sur les parties molles

Le tendon de l'extenseur ulnaire du carpe (cubital postérieur) est stabilisé par le lambeau rectangulaire préalablement taillé dans le ligament annulaire dorsal dans sa position anatomique.

La fermeture est effectuée en deux plans sur drain aspiratif. Les patients sont sensibles à la qualité de la fermeture, puisque très souvent, ces malades sont demandeurs d'une intervention pour des raisons esthétiques.

Soins post-opératoires

Une immobilisation plâtrée bloquant la prono-supination est laissée en place durant trois semaines. Une rééducation douce de récupération des amplitudes articulaires est commencée dès l'ablation du plâtre. La plaque est enlevée une fois la consolidation osseuse acquise.

Piège à éviter

Identifier et respecter la branche cutanée dorsale du nerf ulnaire pour éviter de la sectionner et de constituer un névrome.

Astuces

- Planifier la « quantité » d'ulna à réséquer sur un calque pré-opératoire : le but est de ramener la variance ulnaire à zéro.
- Tailler un lambeau dans le ligament annulaire dorsal (avec une base radiale) qui servira à stabiliser le tendon de l'extenseur ulnaire du carpe à la fin de l'intervention.
- Maintenir temporairement l'articulation radio-ulnaire réduite à l'aide d'un embrochage provisoire ulno-radial pendant que l'on effectue le mouvement de flexion dans l'ostéotomie, ainsi que son ostéosynthèse.

ALTERNATIVE CHIRURGICALE EN CAS DE FORME SÉVÈRE

Dans cette situation rare, il convient d'associer une correction complémentaire sur le radius. Le but est de diminuer la pente glénoïdienne et de déroter l'extrémité distale du radius afin que la surface articulaire radiale de l'articulation radio-ulnaire distale qui regarde vers l'arrière soit

placée de manière à regarder vers le bord médial du poignet ; il faut donc effectuer une dérotation vers l'avant. Ensuite, l'ulna est basculé en avant afin de réduire la luxation de la radio-ulnaire distale. D'un point de vue pratique, il convient de réaliser d'abord l'ostéotomie radiale par une voie d'abord palmaire, puis la réorientation ulnaire par la voie d'abord que nous avons décrite plus haut (*figure 20.3*).

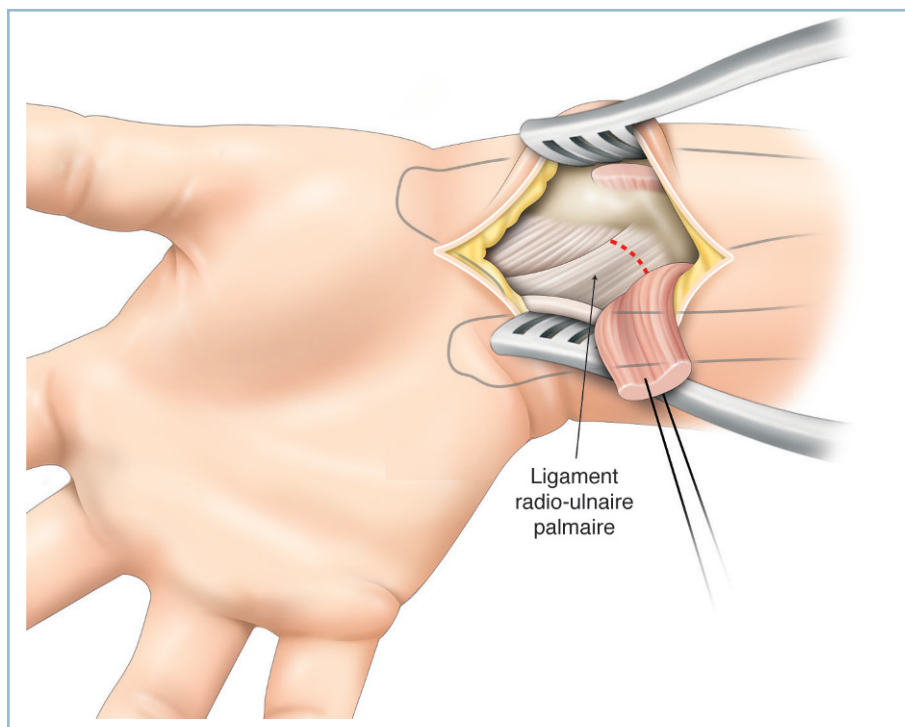
L'installation est identique au temps opératoire précédent : décubitus dorsal, membre opéré sur une table à bras radio-transparente. Un garrot pneumatique est placé à la racine du membre. L'avant-bras est placé en supination.



20.3 Planification pré-opératoire dans une forme sévère, avec une ostéotomie radiale distale de réorientation, qui vise à modifier à la fois la pente radiale et l'orientation de l'articulation radio-ulnaire distale. Il s'y associe systématiquement une ostéotomie ulnaire de flexion et d'accourcissement.

Voie d'abord

Il s'agit d'une voie palmaire, centrée sur le fléchisseur radial du carpe. C'est la voie de Henry. Elle s'étend à partir du pli palmaire proximal et remonte le long du fléchisseur radial du carpe sur environ 8 cm. Le pédicule radial est disséqué, et l'intervalle entre le pédicule vasculaire et le tendon du fléchisseur radial du carpe est ouvert. Cela expose le muscle carré pronateur, qui est souvent pathologique. Le muscle carré pronateur est désinséré du radius en conservant une collerette qui servira à le réinsérer, puis refoulé vers l'ulna à l'aide d'un fil tracteur (*figure 20.4*). Cette manœuvre expose la métaphyse radiale, et le ligament radio-ulnaire palmaire (ou ligament de Vickers) qui est épaissi dans cette pathologie. Une courte arthrotomie est réalisée longitudinalement en regard du semi-lunaire après avoir repéré celui-ci sous amplificateur de brillance. Le ligament radio-lunaire palmaire est détaché de la méta-

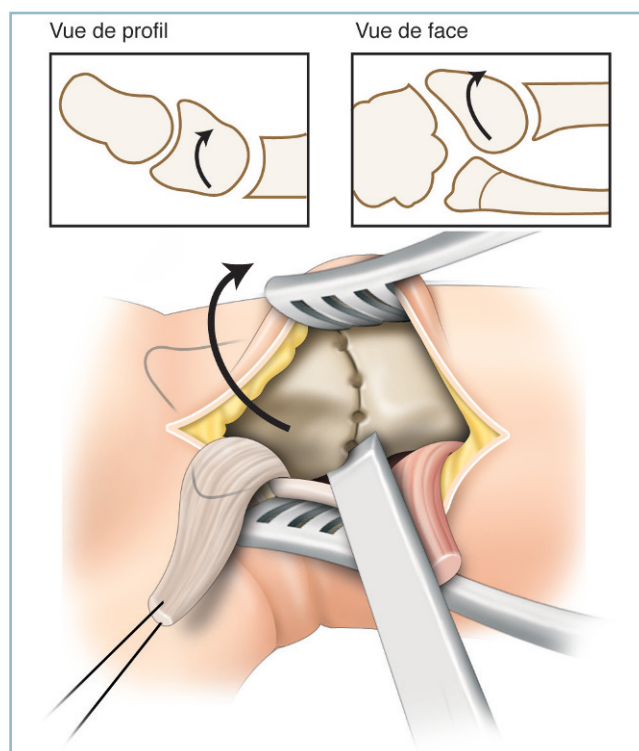


20.4 Voie d'abord palmaire du radius. Le muscle carré pronateur est désinséré du radius en conservant une collerette qui servira à le réinsérer, puis refoulé vers l'ulna à l'aide d'un fil tracteur.

physe radiale, puis libéré et refoulé vers le bord cubital du poignet à l'aide d'un fil tracteur jusqu'à apercevoir la surface cartilagineuse du semi-lunaire (figure 20.5).

Geste osseux

Un décollement soigneux du périoste est réalisé. Une ostéotomie en dôme, à concavité distale, est réalisée sur la métaphyse radiale selon la technique du « timbre-poste ». Le trajet de l'ostéotomie est matérialisé sur la corticale palmaire de la métaphyse radiale à l'aide de trous faits à la mèche fine espacés de quelques millimètres. Puis un ostéotome fin relie les trous entre eux pour compéter l'ostéotomie de la corticale palmaire. Un ostéotome courbe est introduit par la fente réalisée sur la corticale palmaire et l'ostéotomie en dôme, concave vers le bas dans le plan frontal et dans le plan sagittal, est réalisée jusqu'à passer la corticale postérieure de la métaphyse radiale. Le périoste postérieur est préservé et laissé en continuité autant que possible. Une traction dans l'axe de la main produit un réalignement du fragment distal en bonne position (extension et déviation radiale). On imprime au fragment distal une dérotation antérieure afin de positionner la surface articulaire radiale de l'articulation radio-ulnaire distale en position physiologique, c'est-à-dire regardant vers le bord ulnaire du carpe. La réduction est maintenue à l'aide de deux broches passées à travers la styloïde radiale. La bonne position du fragment distal et des broches est contrôlée à l'aide d'un amplificateur de brillance. Seul le muscle carré pronateur est réinséré. La peau est fermée en deux plans sur drainage aspiratif.



20.5 Ostéotomie en dôme, à concavité distale de la métaphyse radiale. Cette concavité permet de diminuer la pente radiale, et de dérouter la métaphyse, sans pour autant raccourcir le radius comme le ferait une résection cunéiforme. On peut aussi augmenter l'antéversion de la glène si nécessaire, tout en réalisant la dérotation en avant de l'articulation radio-ulnaire distale.

Par une seconde voie d'abord, on réalise ensuite l'ostéotomie ulnaire comme il a été précédemment décrit.

Soins post-opératoires

Une immobilisation plâtrée bloquant la prono-supination est laissée en place durant six semaines. À la sixième semaine, on procède à l'ablation des broches. Une rééducation douce de conservation-récupération des amplitudes articulaires est commencée dès l'ablation du plâtre et des broches.

Pièges à éviter

Ne pas négliger la déformation radiale, et ne pas hésiter à en réaliser l'ostéotomie si nécessaire.

Astuces

L'abord métaphysaire radial distal doit être large pour bien analyser la déformation.

La section du ligament radio-ulnaire palmaire, qui est pathologique, est systématique afin d'obtenir une mobilisation aisée du fragment radial distal.

L'ostéotomie en dôme est préférable car elle ne raccourcit pas le radius.

Le dôme doit être curviligne dans les deux plans si l'on veut avoir une correction efficace sur la pente glénoïdienne et la dérotation.

CONCLUSION

La déformation de Madelung présente pour nous des indications thérapeutiques rares. Lorsque la déformation est bien supportée, il nous semble toujours préférable d'attendre l'adolescence afin d'informer clairement l'enfant et sa famille du caractère incomplet et purement esthétique du traitement. Dans les cas beaucoup plus rares responsables de douleurs, de gêne ou de franche limitation, l'ostéotomie du radius conserve toute sa valeur.

Bibliographie

- [1] Aharoni C, Glard Y, Launay F et al. Madelung deformity : isolated ulnar wedge osteotomy. *Chir Main* 2006 ; 25 (6) : 309-14
- [2] Bruno RJ, Blank JE, Ruby LK et al. Treatment of Madelung's deformity in adults by ulna reduction osteotomy. *J Hand Surg Am* 2003 ; 28 : 421-6.
- [3] Darrow JC Jr, Linscheid RL, Dobyns JH et al. Distal ulnar recession for disorders of the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Am* 1985 ; 10 : 482-91.
- [4] Dos Reis FB, Katchburian MV, Faloppa F et al. Osteotomy of the radius and ulna for the Madelung deformity. *J Bone Joint Surg Br* 1998 ; 80 : 817-24.
- [5] Harley BJ, Brown C, Cummings K et al. Volar ligament release and distal radius dome osteotomy for correction of Madelung's deformity. *J Hand Surg Am* 2006 ; 31 : 1499-1506.
- [6] Murphy MS, Linscheid RL, Dobyns JH, Peterson HA. Radial opening wedge osteotomy in Madelung's deformity. *J Hand Surg Am* 1996 ; 21 : 1035-44.

Mains botes radiales

Les mains botes radiales sont des malformations congénitales rares (moins de 1/30 000 naissances vivantes) et sporadiques dont l'origine est encore controversée. Elles sont fréquemment associées à des syndromes poly-malformatifs qu'il faut savoir rechercher lors de la première consultation ou lors du diagnostic anténatal. Elles font parties des ectromélies longitudinales latérales, et à ce titre, l'atteinte tissulaire concerne tous les éléments de la moitié radiale de la main, du poignet et de l'avant-bras (tableau 21.1). Sa gravité est proportionnelle à la gravité de l'atteinte squelettique (classification radiologique de Bayne et Klug) (tableau 21.2 et figure 21.1). L'importance des lésions va directement conditionner leur mode de prise en charge chirurgicale.

Tableau 21.1 Anomalies anatomiques.

Anomalies osseuses	Humérus court Palette humérale dysplasique (ankylose) Ulna courbe, hypoplasique, sans articulation avec le carpe Radius hypoplasique voire absent Scaphoïde, trapèze et pouce toujours hypoplasiques voire absents Capitatum, hamatum, triquetrum, métacarpiens et phalanges des doigts longs toujours présents mais parfois hypoplasiques
Anomalies musculaires	Variations nombreuses : absence de fléchisseur superficiel de l'index, extensor digitorum communis de l'index ± extensor indicis proprius Accolement des extenseurs sur les métacarpiens ou le retinaculum des extenseurs
Anomalies nerveuses	Nerf radial toujours absent (son territoire sensitif est repris par les branches sensitives du nerf médian) Nerf médian présent mais superficiel et déplacé dans la concavité du poignet (élément limitant lors des réaxations)
Anomalies vasculaires	Artère radiale toujours absente Artère cubitale normale Artères interosseuses présentes (attention aux brochages percutanés)

L'objectif du traitement est double, à la fois cosmétique et fonctionnel. Il doit corriger la déformation et la stabiliser tout en conservant une fonction et une longueur satisfaisante du membre supérieur. Il repose sur le traitement conservateur et chirurgical.

La prise en charge orthopédique doit débuter dès la naissance. Elle associe des manipulations quotidiennes (rééducateur et parents) à des orthèses de posture nocturne régulièrement réadaptées. Chez le nouveau-né, les orthèses sont à manier avec précaution et à surveiller régulièrement afin de ne pas être source de lésions cutanées au niveau des zones d'appui.

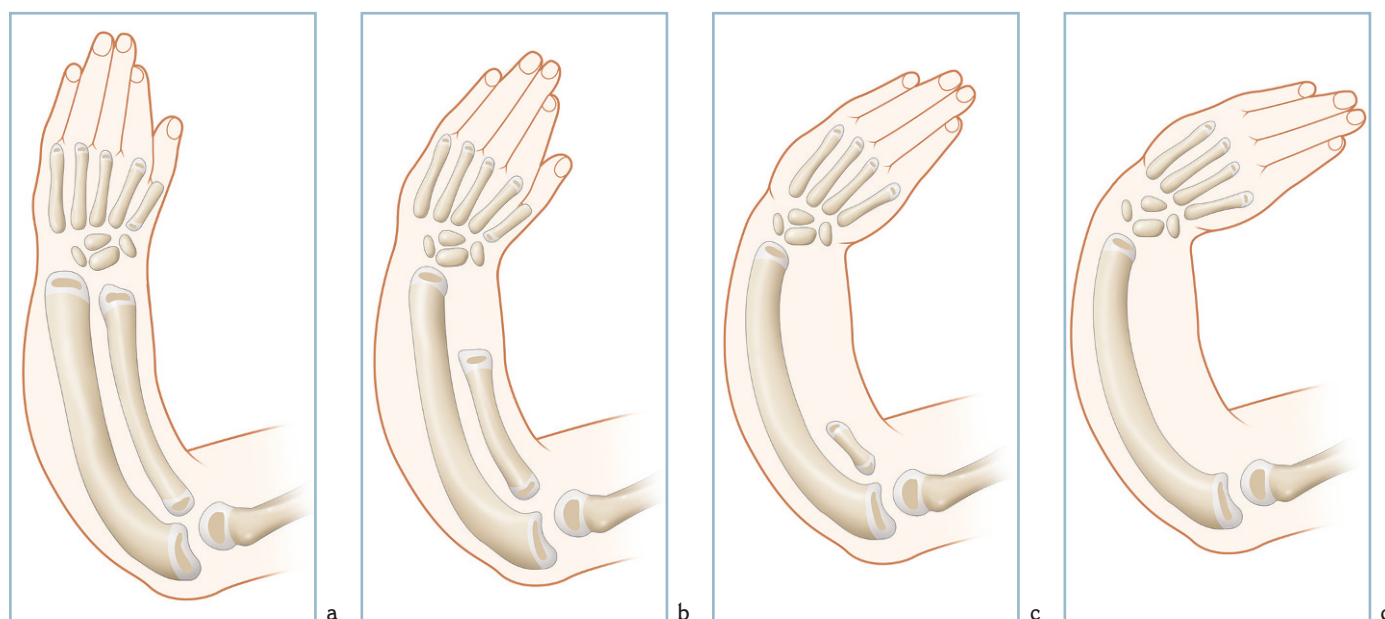
TRAITEMENT CHIRURGICAL

Le réalignement de la main et la stabilisation du poignet peuvent faire appel à deux procédures différentes : la centralisation ou la radialisation. Le choix dépend à notre sens des conditions anatomiques locales.

Dans certains cas, des gestes complémentaires peuvent être nécessaires : correction préalable de la déformation par distraction progressive, ostéotomie de l'ulna, allongement secondaire de l'ulna. Ils seront exposés dans un second temps.

Tableau 21.2 Classification de Bayne et Klug.

Type	Caractéristiques
I. Hypoplasie de l'extrémité distale du radius	Epiphyse distale présente Croissance ralentie Ulna un peu épaissie Instabilité du poignet
II. Radius miniature	Croissance ralentie au niveau des épiphyses proximale et distale du radius Ulna incurvé et poignet instable
III. Aplasie partielle	Absence du tiers moyen et inférieur du radius Ulna épaissi, incurvé Carpe en position palmaire et radiale
IV. Aplasie complète du radius	Forme la plus fréquente Absence complète du radius Carpe anormal avec absence os



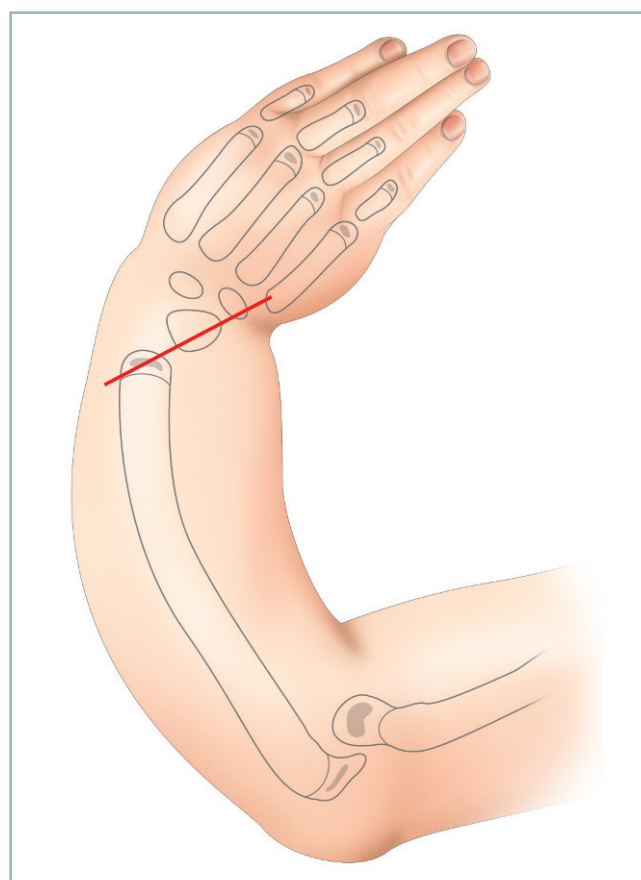
21.1 Classification de Bayne et Klug. Type 1, le radius est discrètement hypoplasique, et l'index radio-ulnaire est à 0, ou faiblement positif (a). Dans le type 2, il existe un radius miniature (b), une aplasie partielle dans le type 3 (c), et une aplasie complète dans le type 4 (d). L'inclinaison radiale de la main s'aggrave progressivement.

Réalignement et stabilisation

Voies d'abord

Multiples, elles dépendent de l'importance de la déformation et du type de correction envisagé :

- transversale oblique allant de la base de l'index au bord ulnaire du poignet (Lamb) (*figure 21.2*) ;
- lambeau bilobé dorsal (Evans). L'excédent cutané ulnaire est transposé sur le bord radial du poignet. Le décollement cutané souvent important de cette incision expose à des nécroses des lambeaux par stase veineuse et est donc pour nous à éviter ;
- en S simple à la face dorsale du poignet ;
- en S à la face dorsale du poignet associée à une résection cutanée ulnaire et une plastie en Z sur le bord latéral du poignet si la peau radiale paraît trop tendue. Le système veineux dorsal est préservé. Cette incision a notre préférence. Elle permet d'avoir un jour suffisant sur les structures latérales et médiales (*figure 21.3*).



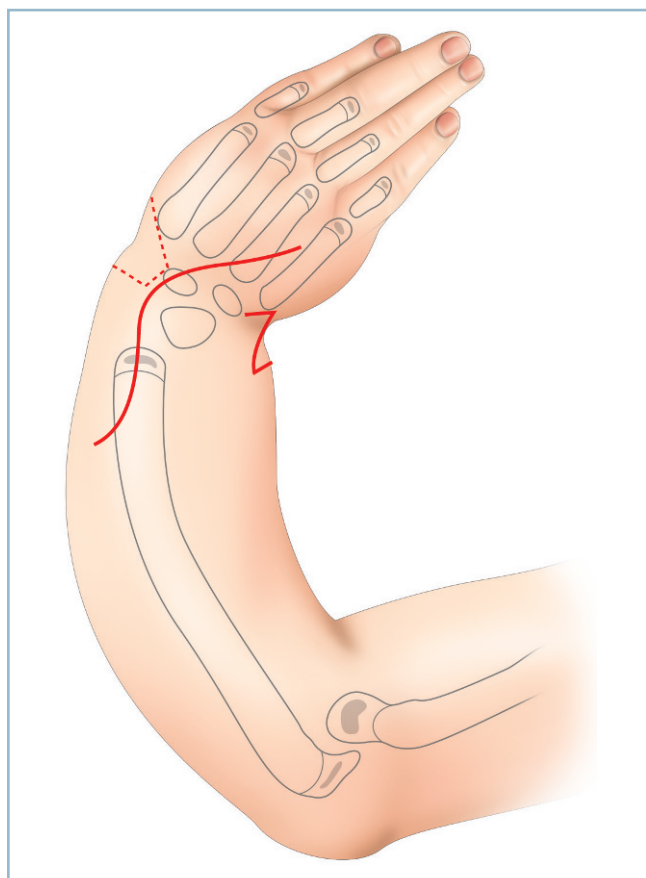
21.2 Incision transversale oblique dorsale.

Exploration

C'est un temps capital qui va conditionner le choix du procédé de stabilisation. Chaque région doit être explorée afin de n'oublier aucun élément.

Le rétinaculum dorsal est ouvert sur son bord radial en conservant son insertion ulnaire intacte. Les tendons des extenseurs des doigts sont repérés (par traction douce) et disséqués afin de libérer d'éventuelles adhérences sur la face dorsale des métacarpiens. Lorsqu'ils sont individualisables, il faut les repérer et les protéger.

La dissection sur le versant ulnaire s'étend jusqu'à l'extensor digiti minimi et surtout l'extensor carpi ulnaris. Puis, elle se poursuit vers le flexor carpi ulnaris.



21.3 Incision cutanée en S à la face dorsale du poignet. On complète par une résection cutanée ulnaire en V et une plastie en Z sur le bord radial afin que la peau puisse s'expandre au moment de la correction de la déviation radiale.

La dissection est ensuite menée vers le bord radial. L'anatomie y est toujours perturbée. Les branches sensitives du nerf radial étant absentes, elles sont remplacées par des rameaux nerveux issus du nerf médian. Ceux-ci sont préservés et conduisent au nerf médian situé dans la concavité de la déformation. Il doit être libéré jusqu'au tiers moyen de l'avant-bras afin de parfaitement contrôler sa tension lors de la réaxation. Il représente l'élément limitant la réaxation, car il faut lui éviter tout étirement excessif. Une bande fibreuse radiale peut être découverte lors de l'exploration, et doit être excisée si elle existe. Elle correspond à un reliquat du squelette radial. La libération de l'articulation ulno-carpienne doit être complète en évitant toute fois d'ouvrir la médiocarpienne.

Cette dissection mène également à une masse musculaire donnant naissance à des tendons plus ou moins bien individualisés. Dans les cas les plus favorables, il est possible d'identifier un muscle extensor indicis proprius, le brachio radialis, l'extensor carpi radialis longus, l'extensor carpi radialis brevis. Les muscles fléchisseurs du poignet sont rarement retrouvés. En revanche, les fléchisseurs des doigts doivent être protégés et non traumatisés. Parfois, ces structures du versant radial sont absentes, grêles ou de mauvaise qualité et ne pourront pas être transférées. Elles conduiront l'opérateur à renoncer à une éventuelle radialisation.

En cas de centralisation

Principe : il s'agit de réaliser une stabilisation du poignet en modelant la tête de l'ulna sous forme d'un carré et en l'incarcérant dans une logette creusée dans le massif carpien (*figure 21.4a*).

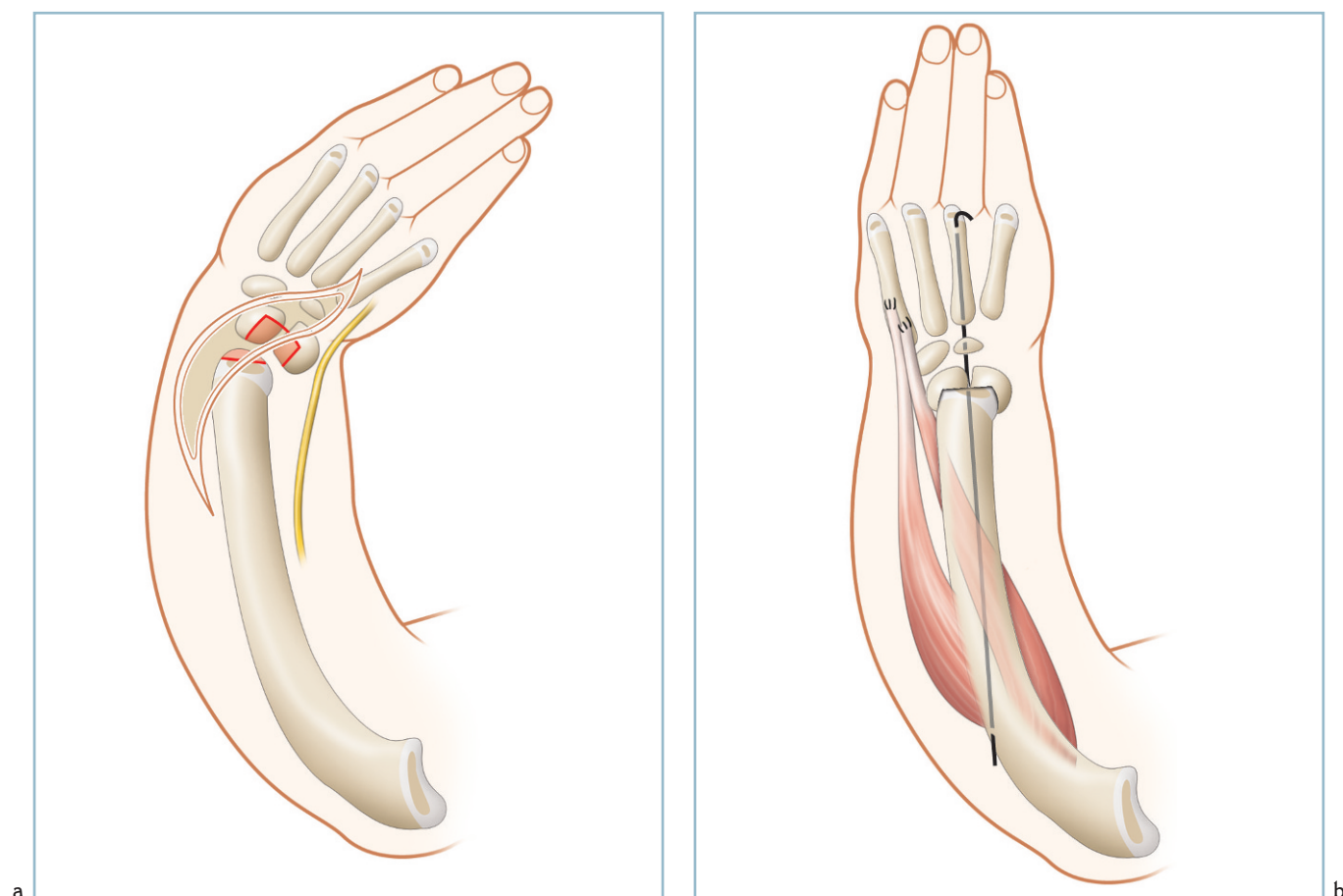
Stabilisation : brochage axial centomédullaire de l'ulna introduit dans le troisième métacarpien et pontant le carpe (broche de Kirschner de 15 à 20/10).

Transferts musculaires : ils ont pour but d'éviter la courbure de l'ulna, mais n'ont aucun rôle actif. Les tendons extensor carpi ulnaris et flexor carpi ulnaris sont désinsérés et réinsérés plus distalement et plus dorsalement (*figure 21.4b*).

Le ligament médial du carpe, habituellement bien individualisé, est retenu par plicature.

Inconvénients. Ce sont les suivants :

- raccourcissement du membre (risque de léser la plaque de croissance ulnaire distale) ;
- raideur du poignet (cette technique apparaissant comme une arthrodèse partielle déguisée) ;
- nécessité de conserver le brochage jusqu'à la fin de croissance imposant des changements itératifs en raison de bris, de migration de matériel (avec ses complications cutanées infectieuses) ou d'inadaptation lors de la croissance ;
- récurrence néanmoins possible de la déformation.



21.4 a. Centralisation en réalisant une résection osseuse avec conservation de la plaque épiphysaire ulnaire distale. Cette résection permet de raccourcir légèrement la longueur de l'ulna, et de faciliter ainsi la correction.

b. Centralisation : brochage et transferts musculaires de stabilisation comportant l'extenseur ulnaire du carpe et le fléchisseur ulnaire du carpe qui sont retendus sur le bord ulnaire, afin de s'opposer à la courbure. Ils sont désinsérés et réinsérés plus distalement.

En cas de radialisation

Principe : repositionnement de l'ulna en regard des repères osseux carpiens du radius et non au centre du carpe, dans le but de conserver un certain degré de mobilité ulno-carpien. Les transferts tendineux ont à la fois un rôle de stabilisateur et de moteur du poignet (*figure 21.5*).

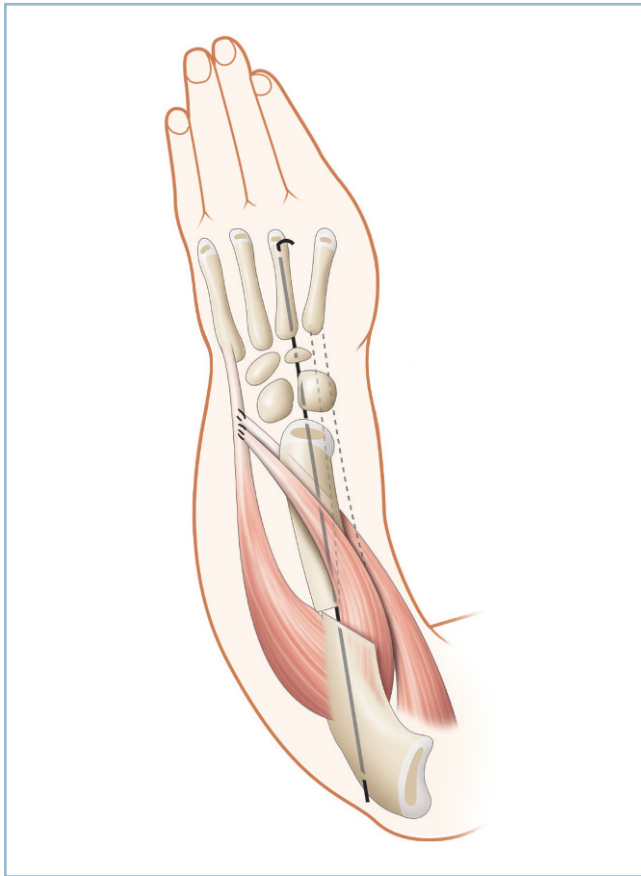
Stabilisation : la fixation temporaire est assurée par une broche de Kirschner (de 15 à 20/10) en hypercorrection (inclinaison ulnaire). La broche est introduite en va-et-vient dans le carpe de proximal en distal et de médial en latéral vers le troisième (ou le deuxième métacarpien si cela est vraiment nécessaire pour obtenir l'hypercorrection, mais elle risque de gêner une pollicisation future). Elle est ensuite introduite dans l'ulna jusqu'à son extrémité proximale sans perforer l'olécrâne et sa plaque épiphysaire. Cette manœuvre est parfois difficile et les fausses routes

sont possibles (il faut s'aider au besoin de l'amplificateur de brillance, et faire des ostéotomies ulnaires de réaxation à la demande).

Transferts musculaires : les muscles radiaux palmaires et dorsaux (extensor carpi-radialis, FCR) sont passés entre l'ulna et les tendons extenseurs. Puis, ils sont transférés en bloc sur l'extensor carpi ulnaris par faufilage selon Pulvertaft ou réinsérés sur le carpe ou la base du 5^e métacarpien si leur longueur le permet grâce à une ancre osseuse (ex. : Mitek®).

Inconvénients. Ce sont les suivants :

- technique impossible en l'absence de muscles transférables ;
- récurrence de la déformation ;
- flessum avec perte de mobilité du poignet à long terme.



21.5 Radialisation : après réduction de la déformation, celle-ci est maintenue de façon transitoire par un brochage en hypercorrection de la déformation, en réalisant le plus souvent une ostéotomie associée de l'ulna, puis des transferts musculaires actifs dans le même temps. Ce sont les muscles du versant radial (extenseurs radiaux du carpe, et fléchisseur radial du carpe), qui sont utilisés et transférés sur le tendon de l'extenseur ulnaire du carpe.

Fermeture

Le ligament médial du carpe, habituellement bien individualisé, est retendu par plicature.

Le rétinaculum est reposé entre la capsule articulaire et les tendons pour éviter les adhérences.

L'excès de peau ulnaire est réséqué si nécessaire et les lambeaux de la plastie en Z radiale ajustés si nécessaire.

La fermeture des incisions se fait après vérification de l'hémostase et éventuel drainage aspiratif (Manovac®) fixé par Stéristrips®. Nous privilégions une fermeture par surjets intradermiques au fil résorbable (Vicryl Rapide®, Monocryl®) de ces incisions situées en face dorsale (donc bien visible) de la main.

Soins post-opératoires

Après un pansement laissant les extrémités distales libres, une attelle brachio-antibrachio-palmaire est réalisée, relayée secondairement par une orthèse en matériau thermoformable.

Le membre est maintenu surélevé et la mobilité, la coloration et la sensibilité des doigts sont surveillées.

Si une centralisation a été réalisée, la broche est laissée en place. Il n'y a pas de mobilisation du poignet mais un assouplissement des doigts. On effectue une surveillance radioclinique au long cours de la broche. Le port d'une orthèse nocturne de protection est conseillé.

En cas de radialisation, on procède à l'ablation de la broche à 6 semaines et à une rééducation douce d'assouplissement du poignet et des doigts. Le port d'une orthèse nocturne anté-brachiale doit être effectué pendant au moins un an.

Complications

Les complications peropératoires sont les suivantes :

- étirement nerveux (nerf médian), facteur limitant de la correction de la déformation ;
- étirement des structures vasculaires ;
- fracture de l'ulna et des métacarpiens lors du brochage ;
- lésion de la plaque de croissance épiphysaire ulnaire.

Les complications post-opératoires immédiates sont les suivantes :

- souffrance et nécrose cutanée, favorisées par des décollements importants ;
- migration ou fracture des broches ;
- infection sur pointe de broche.

Les complications à long terme sont les suivantes :

- résultats incomplets et récurrence de la déformation ;
- incurvation de l'ulna ;
- instabilité du carpe ;
- fermeture prématurée du cartilage de croissance ulnaire distal.

Distraction et allongement

Il existe deux techniques différentes de correction des déformations par distraction :

- la distraction intra-articulaire permettant de réaligner le carpe avant une centralisation ou une radialisation ;
- la distraction extra-articulaire avec ostéotomie et allongement de l'ulna.

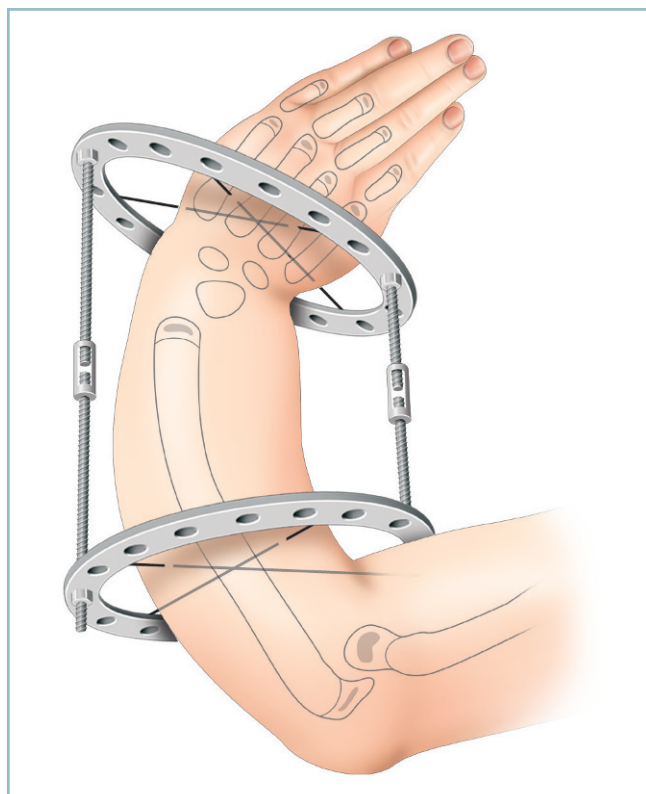
Distraction intra-articulaire

But : obtenir l'alignement du poignet avant une centralisation ou une radialisation.

Indication : elle est utilisée pour un poignet raide, résistant au traitement par orthèse et manipulation. Cette technique peut théoriquement être proposée à n'importe quel âge.

Technique opératoire : deux types de matériels peuvent être utilisés :

- appareil circulaire type Ilizarov® :
 - deux anneaux sont utilisés, l'un au niveau de l'avant-bras et l'autre au niveau de la main. Chaque anneau est fixé grâce à deux broches de 2 à 2,5 mm sur l'ulna et 1,5 mm au niveau des métacarpiens. Ils sont solidarisés par une charnière située en regard du poignet. Deux tiges de distraction sont positionnées l'une en regard du versant radial, l'autre sur le versant ulnaire (figure 21.6),
 - la distraction est débutée immédiatement. Elle se fait de façon asymétrique, plus rapide sur le versant radial (1,5 mm/j) que sur le versant ulnaire (0,5 mm/j). Le but étant d'obtenir une hypercorrection de la déformation avec un excès de distraction (5 mm),
 - l'appareil doit être conservé 4 semaines après la fin de la distraction,

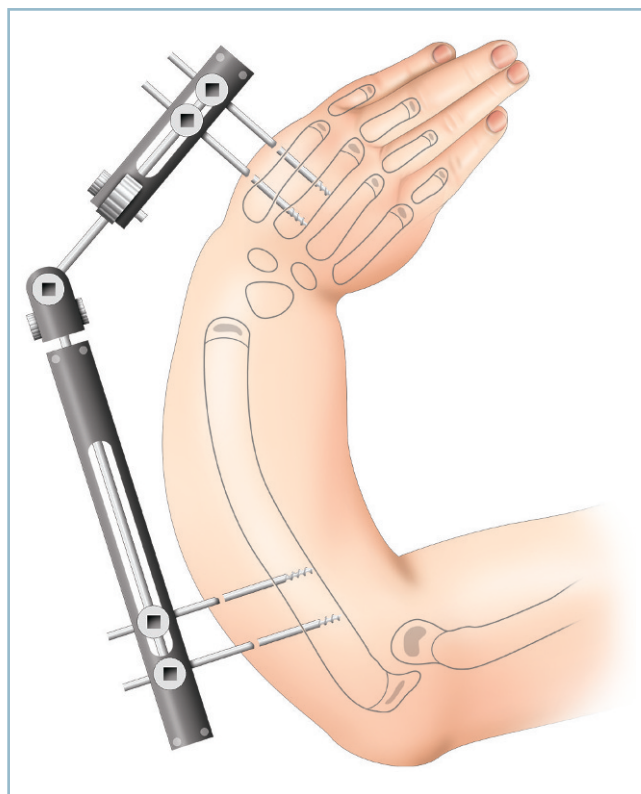


21.6 Correction progressive par un fixateur externe de type Ilizarov.

- la stabilisation est ensuite réalisée par brochage percutané simple (équivalent d'une centralisation) sous contrôle scopique ou à foyer ouvert selon la technique habituelle (centralisation ou radialisation) après régression des phénomènes inflammatoires,
- une protection par orthèse est nécessaire dans les deux cas ;

- appareil mono-plan type Mini-Orthofix® :
 - l'appareil est positionné sur le versant ulnaire avec deux fiches en aval de l'apophyse coronoïde et deux fiches au niveau de la base des métacarpiens médiaux (figure 21.7),
 - la correction de l'angulation du poignet débute immédiatement. Il est indispensable d'alterner les périodes de distraction avec les périodes de réaxation de façon à ne pas écraser les structures ostéocartilagineuses carpiennes. Lorsque se produit la réaxation, il est souvent nécessaire de réduire la distraction,
 - la suite du traitement suit les mêmes principes que ci-dessus.

Limites : l'encombrement du matériel actuellement disponible, la réticence des parents, la nécessité de plusieurs interventions sont les freins essentiels à l'utilisation de cette technique de distraction, quel que soit le matériel.



21.7 Distraction articulaire par fixateur mono-latéral. Ce système possède deux charnières, une pour corriger l'inclinaison radiale et une pour corriger la flexion palmaire.

Avantages : la distraction permet une préparation cutanée par étirement progressif, et évite le port à plein-temps d'attelles souvent difficiles à confectionner.

Complications : l'œdème post-opératoire, les infections sur fiches ou broches, l'enraidissement digital (prévenu par mobilisation régulière et orthèse dynamique d'extension digitales), une éventuelle neurapraxie transitoire, la récurrence à l'ablation du matériel ou les troubles de croissance secondaires, par lésion de la plaque épiphysaire ulnaire distale, sont autant de complications qu'il faut dépister et prévenir lors de l'utilisation des fixateurs externes.

Distraction extra-articulaire

But : obtenir l'alignement du poignet par ostéotomie extra-articulaire de l'ulna et correction progressive de la position de la main associée ou non à un allongement de l'ulna.

Il peut s'agir également d'un simple allongement osseux segmentaire en fin de croissance dans le but d'améliorer l'esthétique.

Indication : cette technique s'adresse aux patients adolescents et adultes jamais traités ou aux récidives d'une déformation, ainsi qu'aux patients ayant un avant-bras court sur un membre correctement axé (allongement segmentaire isolé).

Technique opératoire : les deux types de matériel précédemment décrit sont utilisables.

Pour les allongements isolés, un rail monoplan est suffisant et moins encombrant.

Une prise ulnaire proximale et distale est indispensable. L'ostéotomie se fait préférentiellement au niveau du tiers distal de l'ulna ou au niveau de l'apex de sa courbure. Certains adjoignent une prise métacarpienne pour contenir le poignet.

L'allongement doit être raisonnable et se faire au rythme de 0,5 à 0,8 mm/j. Il est débuté quelques jours après l'ostéotomie.

Limites : les techniques d'allongement sont difficilement réalisables avant l'âge de 8 ans en raison de l'encombrement de l'appareil, des faibles possibilités d'allongement au-delà duquel on s'expose à des complications majeures (moins de 20 % de la longueur initiale de l'ulna) et des risques d'atteinte du cartilage de croissance.

Des allongements itératifs sont souvent nécessaires, mais mal tolérés par les familles et les enfants.

Complications : les infections sur fiches ou broches, l'enraidissement digital (prévenu par mobilisation régulière et orthèse dynamique d'extension), une neurapraxie transitoire, un retard de consolidation, une lésion de la plaque de croissance par écrasement lors de l'allongement, des fractures itératives du cal (prévenues par embrochage centromédullaire et/ou greffe osseuse associée) sont autant de complications dont il faut prévenir les familles avant d'entamer un tel programme.

Ostéotomies de l'ulna

Indications : devant la présence d'une courbure ulnaire, il peut être nécessaire de faire une ou plusieurs ostéotomies, car cette courbure participe en partie à l'inclinaison de la main. Cette intervention peut se pratiquer au moment du réalignement ou secondairement pour corriger un défaut résiduel.

Technique opératoire : par un court abord sur la crête ulnaire au sommet de la déformation, il est réalisé une ostéotomie sous-périostée de l'ulna en réséquant un triangle osseux avec conservation d'une charnière latérale.

La stabilisation se fait grâce à un brochage axial centromédullaire (qui réaxe dans le même temps le poignet) ou, chez l'adolescent, à l'aide d'une plaque en compression, ce qui dispense d'immobilisation plâtrée complémentaire.

Limites : ces ostéotomies de fermeture exposent à un raccourcissement parfois préjudiciable pour l'esthétique et la fonction de l'ulna.

Complications : il est possible d'observer des infections locales, quelques rares troubles de la consolidation et de possibles récurrences de la déformation en inclinaison radiale du poignet lors des ostéotomies faites secondairement par présence d'une bride cicatricielle latérale.

Arthrodèses du poignet

Elles ne sont proposées qu'en fin de croissance pour des déformations résiduelles invalidantes tant sur le plan esthétique que fonctionnel. Le port d'une orthèse pré-opératoire (pendant quelques semaines) confectionnée dans la position souhaitée de la future arthrodèse est indispensable. Elle permet au patient de se familiariser avec une position qui répondra au mieux à ses besoins, et de mimer le gain fonctionnel futur.

Les techniques opératoires qui ne seront pas exposées ici sont celles utilisées chez l'adulte (greffon osseux iliaque encastré, Mannerfelt, plaque vissée souvent encombrante).

INDICATIONS ET CALENDRIER

La prise en charge des enfants présentant une déficience longitudinale externe est une urgence thérapeutique relative et doit être débutée dès les premiers jours de vie. Elle repose sur le traitement conservateur associant manipulation et orthèses de posture. La chirurgie de réalignement se fait idéalement après le sixième mois et avant 12 mois (car il faut souvent envisager une reconstruction du pouce par pollicisation, qui est réalisée ensuite vers le 18^e mois de vie).

Le réalignement et le type de stabilisation dépendent des constatations peropératoires. Elle se fait sur un poignet préalablement assoupli (par rééducation, voire distraction

Piège à éviter : contre indications de la chirurgie

- Enfants présentant des anomalies associées sévères avec espérance de vie limitée.
- Enfants âgés de moins de 6 mois. Toute chirurgie doit être précédée d'un bilan complet et d'un traitement orthopédique préalable.
- Mobilité du coude limitée. Le réalignement ne doit pas entraver les possibilités des mouvements de mise de la main à la bouche.
- Formes de type I et II pour lesquelles le traitement conservateur donne des résultats satisfaisants.

intra-articulaire progressive). La présence de muscles transférables permet d'envisager une radialisation. Dans le cas contraire, il est préférable de s'orienter vers une centralisation.

Des gestes complémentaires (allongement osseux, ostéotomies ulnaires) peuvent être proposés secondairement en fonction de l'évolution fonctionnelle et cosmétique.

CONCLUSION

La main bote radiale est une malformation complexe pluri-tissulaire rare. Les enfants s'adaptent le plus souvent à leur malformation, et ce d'autant que l'atteinte est unilatérale, rendant l'évaluation de la chirurgie difficile. Cependant, au prix du respect de certaines contre-indications, la chirurgie permet de repositionner et de stabiliser la main dans l'axe du radius afin d'obtenir un membre plus fonctionnel et plus esthétique.

Astuces

- Pour savoir où creuser la logette dans le massif carpien au cours d'une centralisation, on introduit d'abord la broche dans le troisième métacarpien, et on la fait sortir dans le carpe, afin de déterminer avec précision l'endroit de la logette.
- Toujours introduire la broche dans le troisième métacarpien afin de ne pas gêner une pollicisation de l'index ultérieurement.

Bibliographie

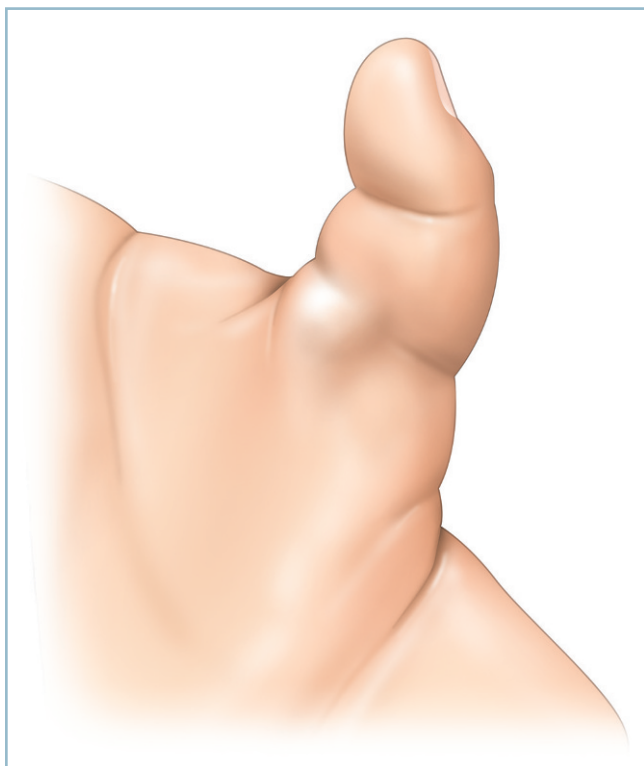
- [1] Buck-Gramcko D. *Congenital Malformations of the Hand and Forearm*. Edimbourg, Churchill Livingstone, 1998.
- [2] Flatt AE. *The Care of Congenital Hand Anomalies*, 2e éd. Saint Louis, Quality Medical Publishing, 1994.
- [3] D'Arcangelo M, Gupta A, Schecker LR. *Radial Club Hand in the Growing Hand*. Londres, Mosby, 2000.

Pouce à ressaut

S. BOURELLE,
J. COTTALORDA, A. AFIFI

Le pouce à ressaut congénital se présente, dans la majorité des cas, comme un flexum irréductible de l'interphalangienne du pouce (figure 22.1) qui est la conséquence d'une rétraction de la poulie annulaire AI, située en regard de l'articulation métacarpo-phalangienne du pouce au niveau des sésamoïdes (figure 22.2), associée à la constitution secondaire d'un nodule du tendon du long fléchisseur du pouce. La course normale du tendon est gênée par la rétraction de la poulie AI associée à la présence du nodule : celui-ci se coince à l'entrée de la poulie, entraînant le flexum passif de l'interphalangienne du pouce.

Le traitement chirurgical consiste à redonner une course complète au tendon fléchisseur, en supprimant le conflit entre les deux éléments.



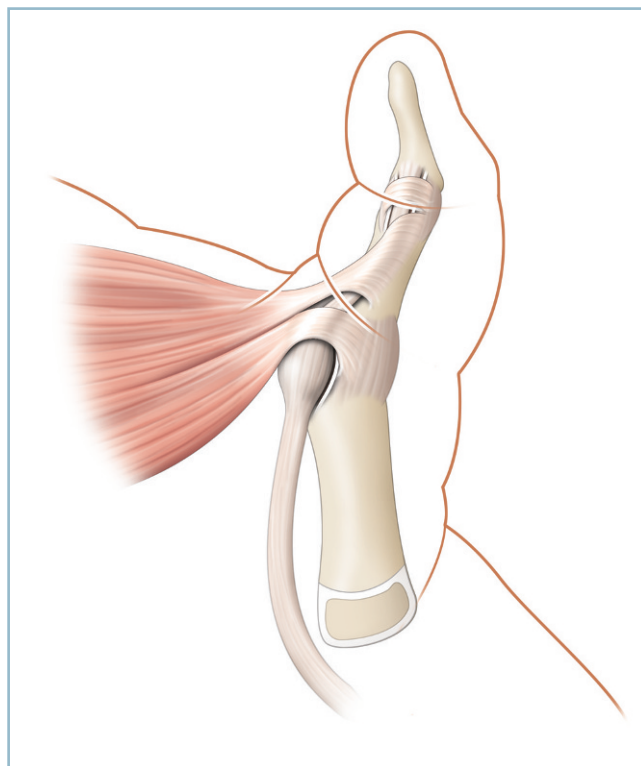
22.1 Le flexum de l'interphalangienne est irréductible et entraîne une hyperextension de la métacarpo-phalangienne lorsqu'on essaye de le vaincre. Le nodule est visible et palpable en regard de l'articulation métacarpo-phalangienne.

INSTALLATION

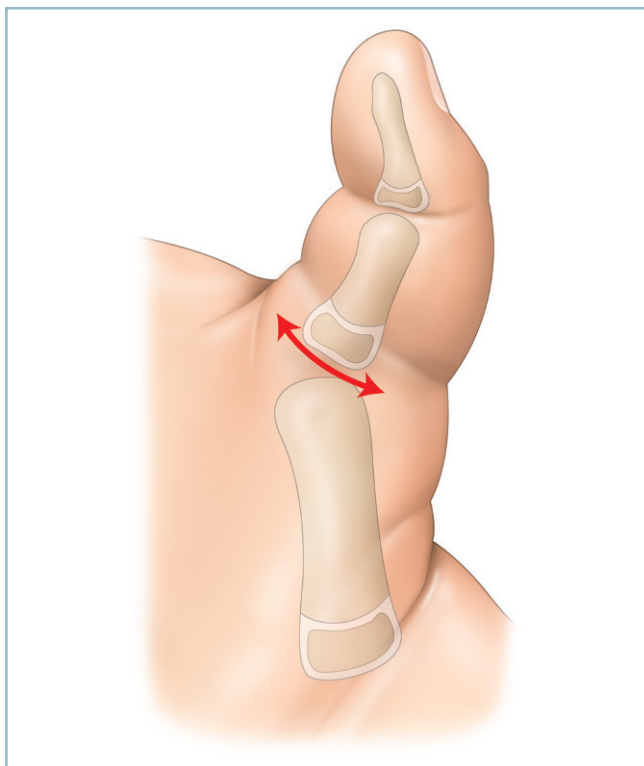
L'enfant est installé en décubitus dorsal, le membre supérieur sur une tablette, si possible adaptée à la taille de l'enfant. Un garrot pneumatique non stérile est installé à la partie proximale du bras. Le membre supérieur est préparé en totalité jusqu'au garrot.

INCISION

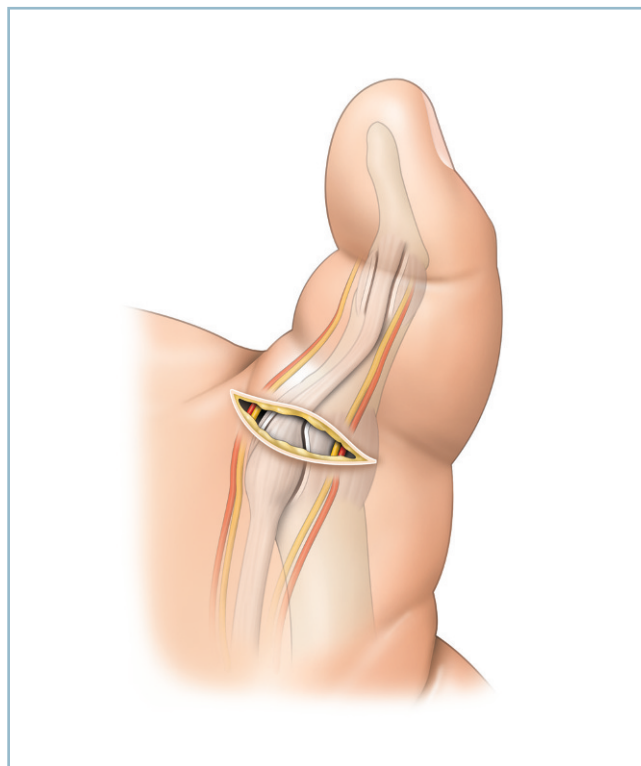
Après avoir gonflé le garrot pneumatique, l'incision est réalisée transversalement, de moins d'un centimètre, dans le pli de flexion palmaire de l'articulation métacarpo-phalangienne du pouce (figure 22.3). L'intervention peut se faire avec ou sans lunettes grossissantes selon les habitudes de l'opérateur. L'incision cutanée ne doit pas être d'emblée trop profonde, car les nerfs collatéraux sont relativement superficiels et situés de part et d'autre de la gaine du tendon du long fléchisseur du pouce (figure 22.4). Sous garrot, l'hémostase sous cutanée est très rarement nécessaire.



22.2 La rétraction de la poulie annulaire AI semble être la cause du pouce à ressaut. Il existe un épaississement tendineux, qui prend la forme d'un nodule, qui se bloque en amont de la poulie, en position de flexion de l'articulation inter-phalangienne.



22.3 L'incision cutanée est transversale, de 7 à 8 mm dans le pli de flexion de l'articulation métacarpophalangienne.



22.4 L'incision cutanée doit rester superficielle pour ne pas risquer de léser les pédicules vasculo-nerveux collatéraux. Ils doivent être repérés, puis réclinés et protégés.

TECHNIQUE CHIRURGICALE

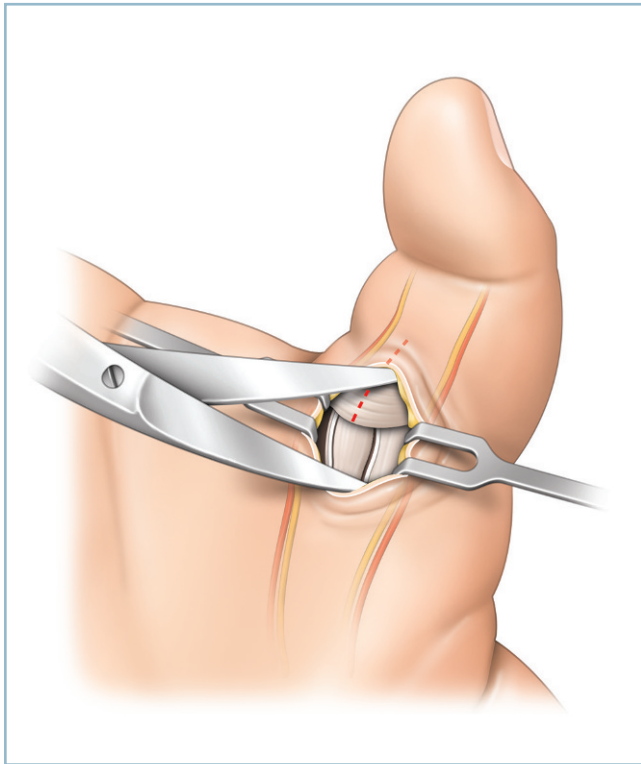
Après avoir écarté longitudinalement la peau et la graisse sous cutanée, et récliné les deux pédicules collatéraux après les avoir repérés, le tendon épaissi du long fléchisseur du pouce et la poulie A1 sont exposés (*figure 22.5*). La poulie A1 est incisée longitudinalement sur toute sa longueur, et toute son épaisseur (*figure 22.6*), en prenant soin de ne pas léser le tendon fléchisseur. La récupération de l'extension complète de l'articulation interphalangienne est immédiatement indispensable. Pour éviter une récurrence, il est utile d'une part, d'inspecter le tendon du long fléchisseur dans la région de la poulie A1 pour vérifier l'absence d'adhérences anormales et d'autre part, de réséquer 1 à 2 mm de la poulie A1 pour empêcher une éventuelle fibrose cicatricielle qui pourrait être responsable d'une récurrence. Aucun geste n'est réalisé sur le tendon lui-même, ni sur le nodule, qui s'estompe de lui-même en quelques mois.

FERMETURE

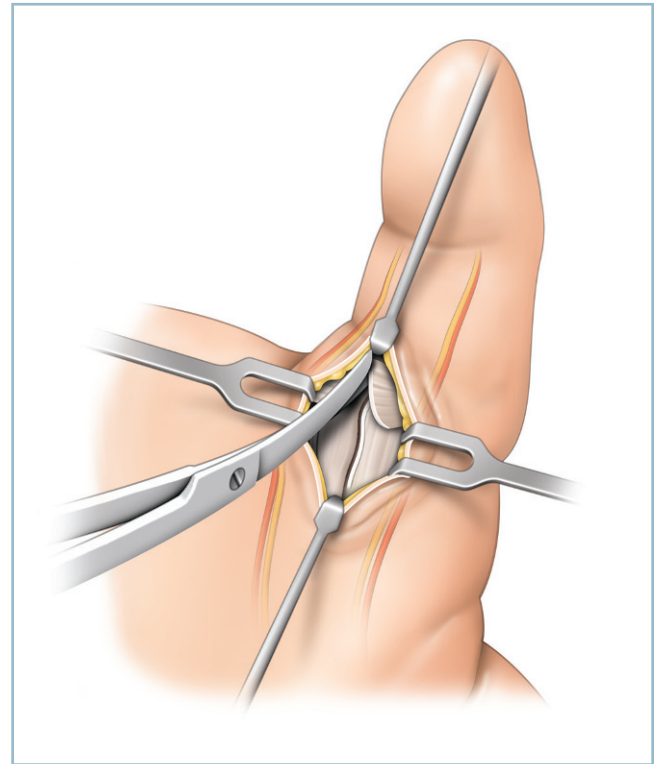
Seule la peau est suturée, en un plan, à points séparés, au fil à résorption rapide de taille 5/0 ou 6/0 sans drainage profond.

SUITES OPÉRATOIRES

Pour permettre un drainage par capillarité, un pansement avec des compresses légèrement humides est réalisé. Aucune immobilisation ou attelle n'est nécessaire. L'enfant pourra commencer son auto-rééducation par l'utilisation de son pouce lors des jeux dès que possible.



22.5 Le tendon fléchisseur et la poulie A1 sont exposés. Les deux pédicules collatéraux sont protégés par deux écarteurs mousse durant cette phase.



22.6 L'incision de la poulie est longitudinale sur toute sa longueur, et toute son épaisseur, jusqu'à la récupération de l'extension complète de l'articulation interphalangienne.

Points essentiels

- L'incision cutanée doit être transversale dans le pli de flexion pour éviter une cicatrice rétractile.
- Les nerfs collatéraux doivent être impérativement repérés et réclinés lors de l'incision cutanée et lors de l'exposition de la poulie A1.

Pièges à éviter

- Il ne faut pas craindre un effet « corde d'arc » en incisant la poulie sur toute sa longueur.
- Il est préférable de réséquer partiellement la poulie pour éviter une éventuelle fibrose cicatricielle qui risquerait d'entraîner une récurrence.

Bibliographie

- [1] Blauth W, Schneider-Sickert F. Congenital trigger thumb. In Blauth W, *Congenital deformities of the hand, an atlas of their surgical treatment*. Springer-Verlag, 1981 : 305-7.
- [2] Flatt AE. Trigger thumb. In Flatt AE, *The care of congenital hand anomalies*. Quality Medical Publishing, 1994 : 90-2.
- [3] Gupta A, Kay SPJ, Shecker LR. Trigger digits. In Gupta A et al., *The growing hand. Diagnosis and management of the upper extremity in children*. Mosby, 2000 : 319-21.
- [4] Journeau P, Dautel G. Anomalies congénitales du pouce. *Encycl Med Chir Pédiatrie*, 4-005-C-10, 2005.

Exostoses sous-unguéales

E. MAYRARGUE, A. HAMEL,
F. LE COUR GRANDMAISON,
S. GUILLARD, J.-M. ROGEZ

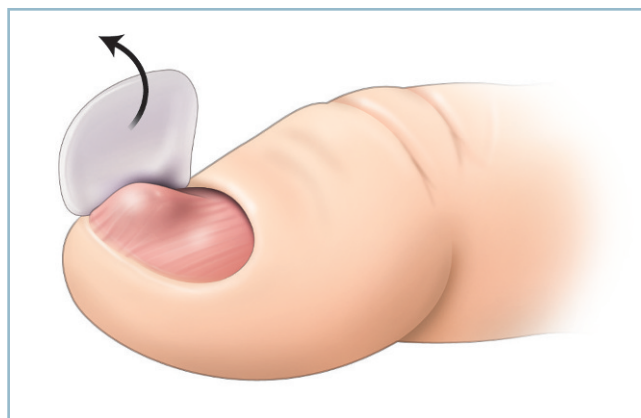
Les exostoses sous unguéales des doigts sont rares ; elles sont plus fréquentes au niveau des orteils et en particulier de l'hallux (70 à 80 % des cas). Il s'agit d'une tumeur bénigne, d'origine cartilagineuse, qui touche surtout les adolescents et les adultes jeunes, parfois les enfants. Elle est suspectée cliniquement devant une atteinte de l'ongle qui est soulevé et déformé (figure 23.1). Des infections péri unguéales compliquent parfois le tableau et sont régulièrement responsables d'un retard diagnostique devant la suspicion d'un ongle incarné. Entraînant des douleurs par un conflit dans les chaussures lorsqu'elles sont situées au niveau des orteils, les exostoses sous unguéales des doigts ont des conséquences plus esthétiques que fonctionnelles. Le diagnostic est confirmé par la radiographie. Les diagnostics différentiels sont essentiellement l'ongle incarné, les tumeurs glomiques, le mélanome sous unguéal, la verrue sous unguéale, les infections fongiques.

TECHNIQUE

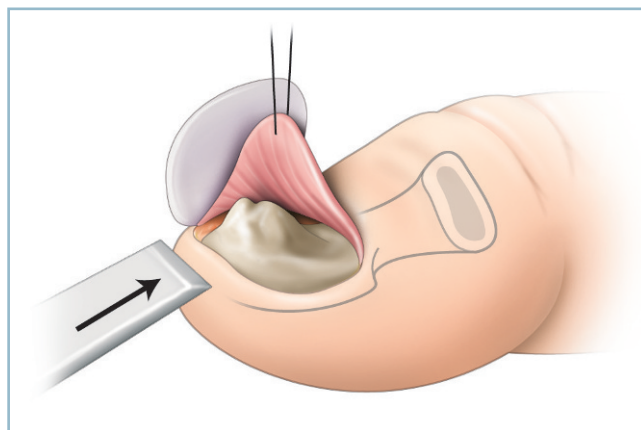
Le traitement consiste en une exérèse chirurgicale. L'intervention est réalisée au bloc opératoire, sous anesthésie générale ou bloc plexique. Le patient est installé en décubitus dorsal, le membre supérieur sur une table à bras. Un garrot est placé à la racine du membre. Le premier temps opératoire consiste en l'exérèse de la partie de l'ongle recouvrant latéralement l'exostose ; la tablette unguéale est souvent déformée, et sa conservation complète n'est pas toujours possible. Le lit unguéal est ainsi exposé (figure 23.2). Il est possible de retirer une languette emportant toute la longueur de l'ongle, du bord libre jusqu'à la racine si la taille et la localisation de l'exostose le nécessitent mais en évitant d'enlever une bande d'ongle dont la largeur dépasserait un quart de sa largeur totale. La coupe unguéale peut être plus large sur le bord libre que sur la racine afin de mieux exposer l'exostose dont le développement est le plus souvent distal plutôt que proximal. Le reste de l'ongle est simplement soulevé pour exposer la totalité de l'exostose. Le lit de l'ongle est séparé de l'exostose à partir d'une incision latérale située à la jonction entre le lit de l'ongle et la peau adjacente, au fond du vallum (figure 23.3). Cette incision peut être prolongée distalement en poursuivant cette incision perpendiculairement, en longeant le bord libre de l'ongle, à la jonction lit unguéal-pulpe. Il est parfois difficile de séparer le lit de l'ongle et l'exostose, en raison d'un amincissement de celui-ci.



23.1 Déformation de l'appareil unguéal, incluant une dystrophie de la tablette unguéale, et un amincissement du lit unguéal.

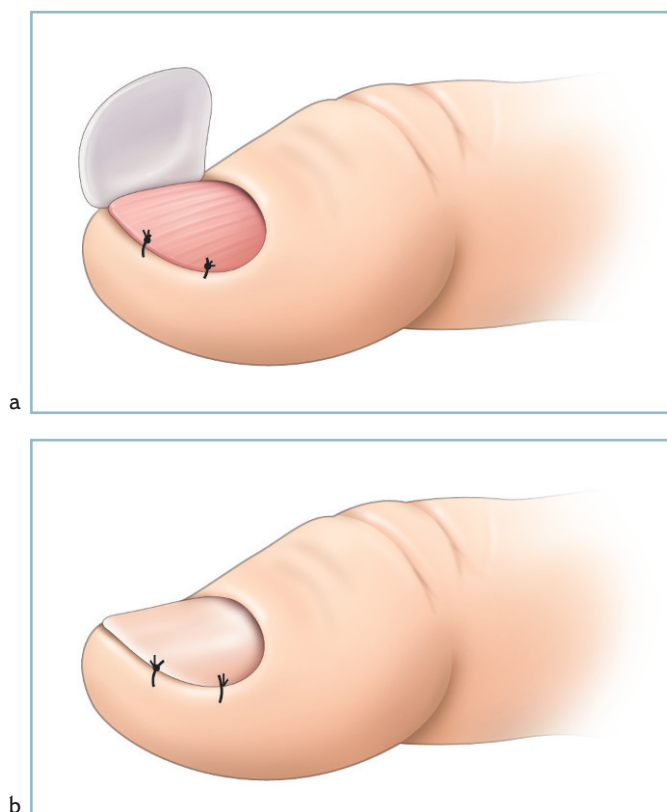


23.2 Après avoir soulevé, voire réséqué une partie de la tablette unguéale, apparaît l'exostose, recouverte par le lit unguéal.



23.3 Il est nécessaire de scinder le lit unguéal de l'exostose, lorsque cela est possible.

L'exostose est ainsi exposée et peut être réséquée au ciseau à frapper par une coupe parallèle au grand axe de la phalange. La résection est complétée si nécessaire à la pince gouge pour obtenir une exérèse complète dont les limites seront émoussées. La pièce est envoyée pour examen anatomo-pathologique. De la cire chirurgicale peut être utilisée pour assurer l'hémostase de la tranche de section osseuse. Le lit de l'ongle est ensuite repositionné et suturé avec un fil monobrin à résorption lente 6/0 ou 7/0. L'ongle restant est repositionné et suturé à la peau par deux points latéraux au fil non résorbable (figure 23.4).



23.4 Repositionnement de la tablette unguéale, après avoir traité le cas échéant la lésion du lit unguéal.

Dans certains cas, le lit de l'ongle est extrêmement dysplasique et peut être réséqué avec l'exostose. Il doit être remplacé par une greffe de peau désépidermée, prélevée dans un pli de flexion palmaire du poignet, ou par une greffe de lit d'ongle prélevé aux dépens d'un hallux, dans l'épaisseur même du lit unguéal. Il est nécessaire dans ce cas de préparer le membre inférieur, et de prévenir les parents de cette éventualité.

Un pansement à l'aide d'un hydro-colloïde est confectionné pour une semaine.

Les points unguéaux latéraux sont ôtés trois semaines après la chirurgie. Il faut attendre trois à six mois avant de juger du résultat cosmétique définitif.

Pièges à éviter

- Ne pas méconnaître le diagnostic devant une évolution inhabituelle d'infection péri-unguéale.

Astuces

- Réaliser une radiographie devant une dystrophie unguéale.
- Traiter la lésion éventuelle du lit unguéal (greffe), garant d'un résultat cosmétique satisfaisant à terme.

Bibliographie

- [1] Lokiec F, Ezra A, Krasin E et al. A simple and efficient surgical technique for sunungal exostosis. *J Pediatr Orthop* 2001 ; 21 : 76-9.
- [2] Carroll RE, Chance JT, Inan Y. Subungual exostosis in the hand. *J Hand Surg Br* 1992 ; 17 : 569-74.

CHAPITRE 24

Traumatismes des extrémités digitales

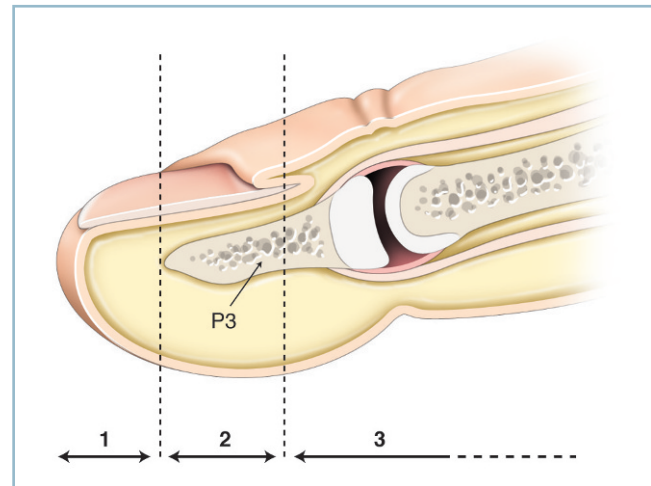
A. HAMEL, E. MAYRARGUE,
T. ARDOUIN, S. GUILLARD,
F. DUTEILLE, J.-M. ROGEZ

Les traumatismes de la phalange distale des doigts et de l'unité unguéale représentent une proportion notable (3,5 %) des accidents domestiques chez l'enfant. Ces traumatismes sont trois fois sur quatre dus à des portes ou des portières. Ils sont parfois méprisés, considérés comme une simple avulsion unguéale, car ils jouissent, à tort, d'une réputation de bénignité. Leur dénomination de « bout de doigt », ou « doigt de porte » en témoigne et montre l'intérêt modéré qu'ils peuvent susciter. L'anatomie de l'extrémité distale du doigt est complexe. L'unité unguéale, si elle a perdu le rôle défensif de la griffe animale, participe à la physiologie du tact épicrotique, en réalisant un contre-appui sur la pulpe. L'absence d'ongle entraîne des troubles sensitifs pouvant aller jusqu'à l'anesthésie pulpaire. Par ailleurs le rôle esthétique de l'ongle ne doit pas être négligé, il est la vitrine de nos mains.

La présence du cartilage de croissance de la phalange, et ses rapports étroits avec la base de l'ongle et avec la gaine des tendons fléchisseurs confèrent une gravité particulière aux traumatismes de l'extrémité distale du doigt chez l'enfant.

ANATOMIE (figure 24.1)

L'ongle est une tablette cornée élastique qui recouvre la face dorsale de la phalange distale. Sa plus grande portion est visible, il s'agit du corps, alors que la racine de l'ongle proximale est enchâssée dans le sinus unguéal, masquée par un repli cutané, le vallum, et par son bord libre formant un liseré de kératine : l'éponychium. La quasi-totalité de l'ongle est translucide, lui donnant une couleur rosée, et permettant de contrôler le pouls capillaire. Seule une zone semi-lunaire à la jonction entre la racine et le corps est blanchâtre, il s'agit de la lunule. Les bords latéraux de l'ongle sont également recouverts par le vallum et cheminent distalement comme dans des rails. Sous le corps, près du bord libre de l'ongle, l'épithélium adhère à l'ongle pour constituer un repli corné : l'hyponychium, qui constitue une barrière efficace à l'infection. L'ongle est constitué d'une couche cornée superficielle et d'une couche germinative qui se prolonge sans démarcation avec l'épithélium du lit unguéal. La croissance de l'ongle est ininterrompue de la vie fœtale jusqu'à la mort. Elle est plus rapide entre 5 et 30 ans ou elle atteint 2 mm par semaine. La croissance s'effectue à partir de la



24.1 Anatomie ostéo-tendineuse et cutané-unguéale de l'extrémité digitale. Elle permet de délimiter trois zones distinctes lors des traumatismes, avec un impact pronostique et thérapeutique.

matrice, au fond du sillon unguéal ; les cellules glissent vers l'extrémité distale en se kératinisant. L'insertion distale du tendon extenseur est située sur la face dorsale de la base de la phalange distale, alors que l'insertion du tendon du fléchisseur profond est située à cheval sur la métaphyse et sur le cartilage de croissance de la phalange distale.

BILAN DES LÉSIONS

La prise en charge d'un traumatisme de l'extrémité digitale nécessite dans un premier temps un bilan précis des lésions. Le mécanisme du traumatisme doit être noté. L'état vasculaire de l'extrémité distale du doigt doit être rapporté dans l'observation. L'examen neurologique est souvent aléatoire, en particulier chez les jeunes enfants. La gravité des lésions de l'extrémité distale du doigt est très variable, allant de l'hématome sous-unguéal à l'amputation. Le bilan initial doit permettre de distinguer les lésions bénignes (hématome sous-unguéal et décollement unguéal simple) qui ne nécessitent pas de traitement chirurgical, des lésions plus complexes qui atteignent le lit unguéal et qui nécessitent une réparation chirurgicale adéquate. L'association d'un décollement intéressant au moins un des bords de l'ongle à un hématome sous-unguéal est synonyme de plaie du lit d'ongle. La plaie du lit unguéal est certaine lorsqu'il existe une plaie d'un ou des deux valli latéraux. Ce bilan n'est pas toujours très évident car le lit unguéal reste souvent masqué par l'ongle. Le bilan complet, en particulier concernant l'état exact du lit unguéal, ne sera souvent possible qu'après la dépose de l'ongle.

CLASSIFICATION DE ROSENTHAL

(figure 24.1)

La classification de Rosenthal permet une caractérisation topographique de la lésion :

- la zone I correspond à l'extrémité la plus distale du doigt, au-delà de la houppe phalangienne ;
- la zone II correspond à la portion d'ongle et des structures associées situées entre l'extrémité distale de la houppe et la lunule ;
- la zone III correspond à la racine de l'ongle.

La plupart des lésions de l'appareil pulpo-unguéal surviennent en zone II de Rosenthal (90 %).

TRAITEMENT

Hématome sous-unguéal

C'est la lésion la plus simple à prendre en charge. Il n'y a pas de décollement périphérique. Il suffit de perforer prudemment la tablette unguéale avec un trombone chauffé au rouge ou à l'aide d'une pointe de bistouri pour soulager le patient, dès l'hématome évacué. Il est important de vérifier radiologiquement l'absence de fracture de la phalange distale qu'il faudra considérer comme ouverte. Le traitement antibiotique systématique doit être discuté en raison du nombre important de panaris sous-unguéaux post-traumatiques.

Avulsion unguéale et plaie du lit d'ongle (figure 24.2)

Les lésions du lit d'ongle nécessitent une réparation chirurgicale. Nous avons l'habitude de réaliser cette réparation sous anesthésie générale, qui permet un bilan complet, et une réparation dans d'excellente condition (au bloc opératoire, avec un éclairage de qualité, sous grossissement optique, et avec un garrot à la racine du membre supérieur). Une réparation incomplète et réalisée dans de mauvaises conditions (analgésie incomplète, instruments grossiers) est directement corrélée avec un mauvais résultat.

Déroulement de l'intervention

Le déroulement de l'intervention est invariable.

On commence par une dépose de l'ongle, qui est nettoyé, retaillé, perforé et plongé dans une solution antiseptique (figure 24.3).

Le bilan lésionnel est effectué, en étudiant l'ensemble des structures anatomiques (figure 24.4).

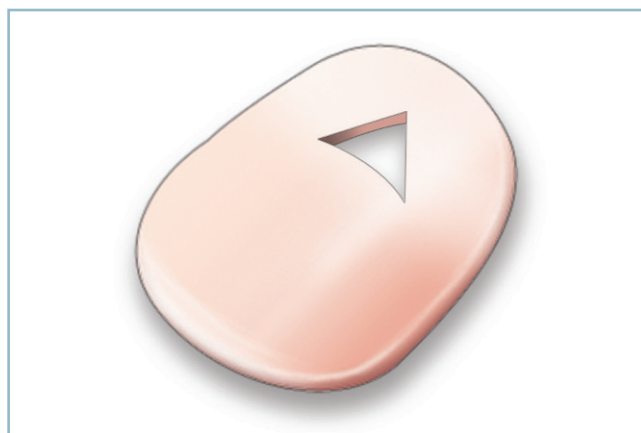
Le lavage et le parage des tissus contus sont indispensables, mais doivent rester économes.

La suture des plaies latérales est effectuée par un fil à résorption rapide (dec 4, 5 voire 6 selon l'âge de l'enfant).

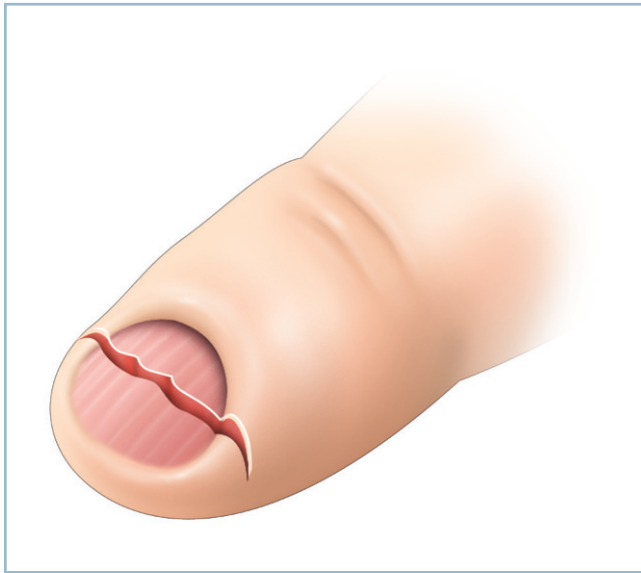
La suture du lit unguéal se fait idéalement sous grossissement optique par un fil monobrin résorbable ou non (dec 7 à 9), afin d'avoir un parfait affrontement des berges. Ce temps est essentiel, et est le garant d'un résultat cosmétique futur satisfaisant sur la repousse unguéale (figure 24.5).



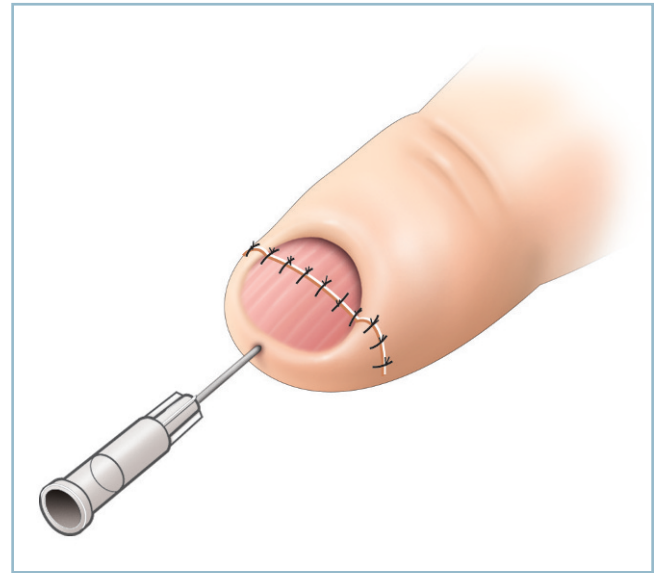
24.2 Lésion typique en zone II, associant décollement unguéal, plaie sous-jacente du lit de l'ongle, et plaie pulpaire des bords latéraux d'importance variable.



24.3 Préparation de l'ongle, qui est nettoyé, retaillé, et fenêtré de manière à pouvoir drainer les sérosités post-opératoires.



24.4 Aspect de la plaie du lit de l'ongle, après avoir totalement retiré la tablette, permettant le bilan lésionnel précis, et une réparation adéquate.



24.5 Suture en premier lieu de la plaie pulpaire. Afin de positionner correctement la pulpe si la plaie est importante, on peut utiliser l'artifice de la maintenir provisoirement par une aiguille de type intra-dermique. Le lit de l'ongle est ensuite suturé à l'aide d'un moyen optique grossissant.

La repousse de l'ongle est le dernier temps : il est fixé par un fil résorbable (deux à trois points simples sont préférables à un point en cadre qui laisse parfois des invaginations épithéliales latéro-pulpaire disgracieuses). Si un point en cadre est utilisé, il ne doit pas être trop serré, et sert simplement à maintenir l'ongle en place (*figure 24.6*).

Le pansement est de type hydro-colloïde afin d'éviter toute adhérence, et est laissé en place pendant 1 semaine.

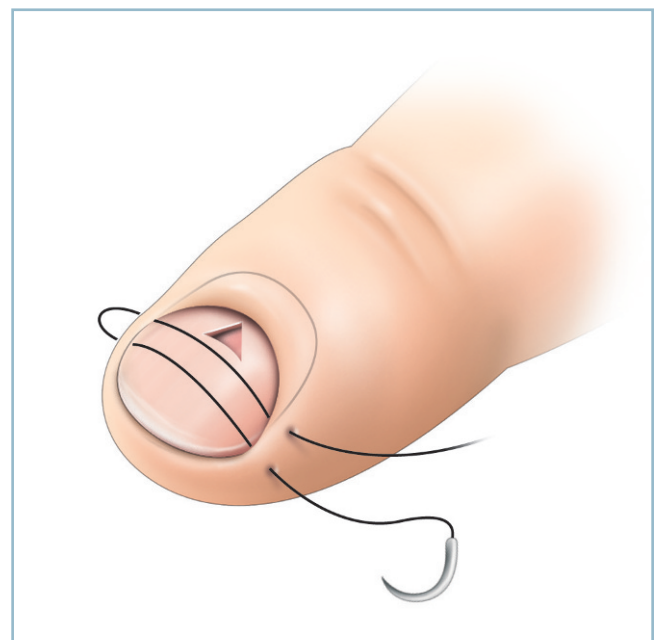
L'antibiothérapie est systématique pour quelques jours, par amoxicilline et acide clavulanique en l'absence de contre-indication. Le pansement est allégé au septième jour, et il sera changé toutes les semaines jusqu'à J14 ou J21. Aucune ablation de fil n'est nécessaire lorsqu'un fil résorbable a été utilisé, ce qui est préférable chez l'enfant afin d'éviter une agression supplémentaire.

Il est important de revoir l'enfant au moins trois mois, voire six mois après le traumatisme, afin de juger de la qualité de la repousse unguéale.

Cas particuliers

Plaie du lit unguéal en zone III de Rosenthal

En cas de plaie du lit unguéal au niveau de la racine de l'ongle, l'éponychium doit être ouvert par deux incisions latérales, perpendiculaires à son bord libre, ce qui permet de le soulever pour exposer la totalité de la lésion qui peut être alors réparée.



24.6 Repositionnement de l'ongle, qui peut être maintenu par un point en cadre peu serré, ou par deux points, l'un à la base de l'ongle, l'autre distalement.

Perte de substance du lit unguéal

En cas de perte de substance du lit unguéal, il est essentiel de le greffer pour assurer un résultat esthétique de bonne qualité. Trois techniques sont utilisables :

- la greffe peut être prélevée sur le site opératoire, aux dépens de la partie superficielle du lit de l'ongle ;
- la greffe peut provenir du lit d'ongle d'un hallux, lorsque la technique précédente ne permet pas de prélever un greffon assez grand. Cependant cela nécessite d'avoir informé les parents préalablement, et d'avoir préparé le membre inférieur dans le champ opératoire. Toutefois, il est discutable de prélever une greffe de lit d'ongle dans un contexte d'urgence sur un hallux, en raison du risque septique sur la zone receveuse, et de la perte potentielle du greffon ;
- la greffe de peau totale désépidermée. Cette technique, peu agressive, peut être une solution d'attente tout à fait acceptable, en attendant une technique de reconstruction plus sophistiquée. Le greffon est posé sur la phalange distale et suturé par un surjet ou des points séparés par un fil résorbable (dec 7 à 9). L'ongle est souvent détruit ou perdu lorsqu'il existe une perte de substance du lit unguéal, la suture peut être protégée par une prothèse unguéale si elle est adaptée à taille du doigt, ou bien par un pansement gras.

Fracture associée de la phalange distale

Les fractures très distales sont ignorées, la reposition de l'extrémité pulpaire du doigt permet leur consolidation en bonne position. En cas de fracture passant par le corps de la phalange distale, ou bien par le cartilage de conjugaison, la synthèse est indispensable, et est assurée par des broches de Kirchner de 6 à 8 dixièmes, axiales ou en croix, ou bien par une aiguille intra-dermique axiale. Les broches sont laissées apparentes afin de permettre leur ablation lors de la consultation.

Amputation distale trans-phalangienne

L'amputation de l'extrémité distale du doigt n'est pas rare. Le niveau d'amputation est variable, soit pulpaire, l'amputation n'emportant que des parties molles, soit trans-phalangienne, le fragment distal est alors pluritissulaire (pulpe, os, lit unguéal).

Lorsque le fragment distal est retrouvé, une replantation peut être tentée en réalisant une anastomose microchirurgicale de l'artère centrale de la pulpe. Cela est possible dès la zone II, et plus aisée en zone III. Chez l'enfant, le mécanisme de l'amputation étant le plus souvent un arrachement par une porte, le lit artériel distal est fréquemment strippé ce qui compromet la replantation en raison de la thrombose souvent très précoce de l'artère centrale de la

pulpe. La présence de pétéchies sur la pulpe est synonyme de ruptures très distales de l'arbre artériel, et est de mauvais pronostic.

Lorsque le fragment distal est uniquement pulpaire et qu'une réparation vasculaire est illusoire, la reposition simple par une série de points étanches peut donner des résultats satisfaisants si l'enfant est jeune, avant 3 à 4 ans, et le fragment distal de petite taille. C'est le concept du pansement biologique : la pulpe distale nécrose et sert de protection et de guide au bourgeon charnu cicatriciel qui va apparaître.

Lorsque le fragment distal n'est pas retrouvé ou qu'une replantation sur l'artère centrale de la pulpe est impossible, la reconstruction de l'extrémité distale du doigt est nécessaire. Le but de la reconstruction est de permettre la repousse rectiligne de l'ongle jusqu'à l'extrémité du doigt, de restaurer une longueur satisfaisante à la phalange distale, et enfin d'assurer une couverture cutanée, si possible sensible, en particulier sur le versant pulpaire.

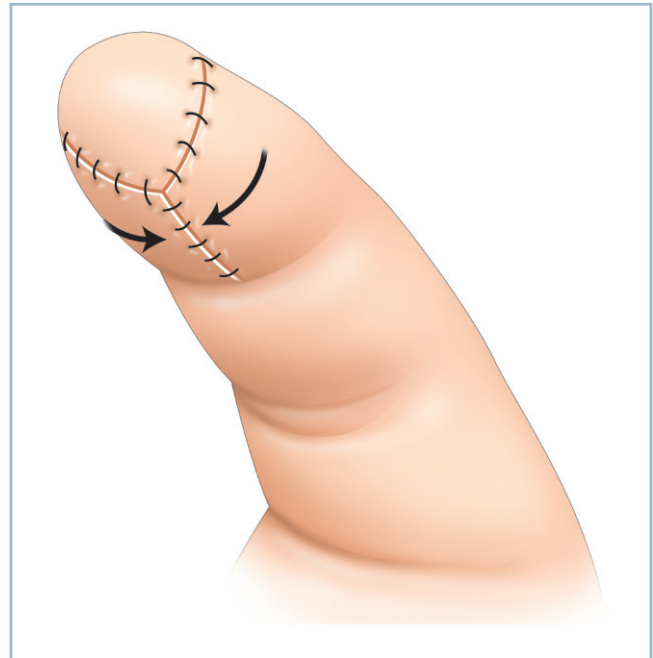
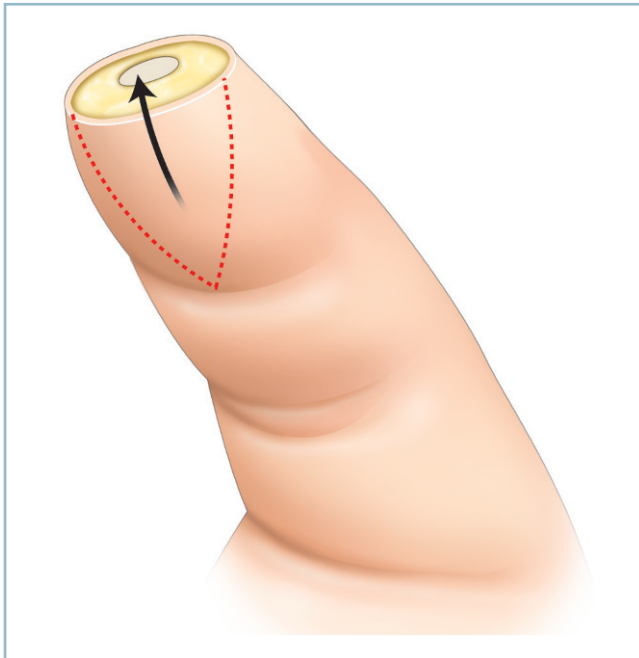
La reconstruction de la phalange distale est assurée lorsqu'elle est nécessaire par un fragment cortical prélevé aux dépens de la métaphyse radiale inférieure. Le greffon est taillé et encastré dans la phalange distale restante.

La reconstruction pulpaire est assurée par un lambeau pédiculé d'avancement qui est choisi en fonction du type d'amputation (sifflet palmaire, dorsal...) et de son importance.

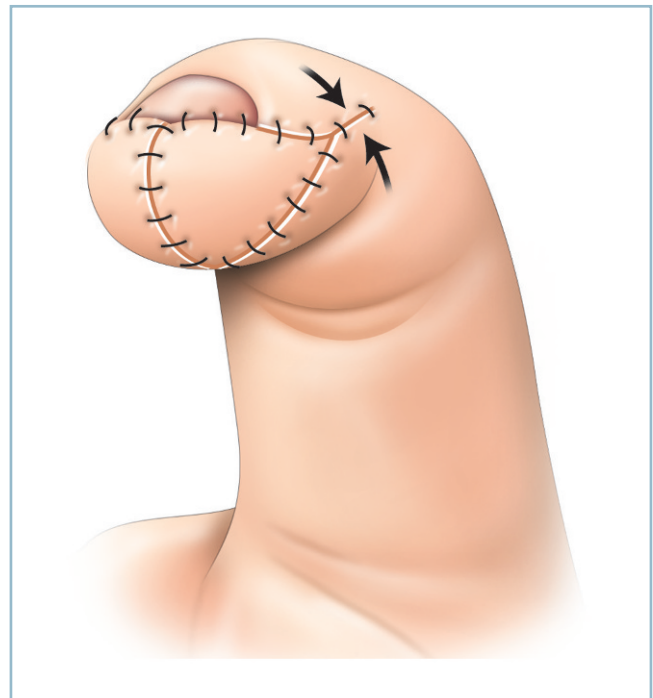
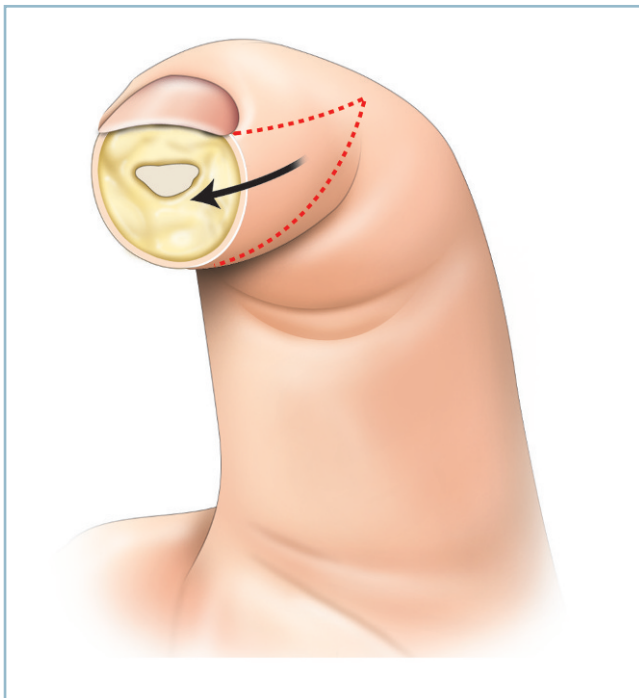
Lambeau d'Atasoy : ce lambeau permet un avancement modéré de la pulpe proximale. L'incision en « V » à pointe proximale est réalisée en aval du pli de flexion de l'interphalangienne distale, et ne doit surtout pas le dépasser. Le lambeau est avancé après avoir prudemment sectionné au bistouri tous les septa fibreux pulpaire. Il est ensuite maintenu à la phalange par une aiguille transcutanée, associée à quelques points de fil à résorption rapide. Il peut être utile de fléchir légèrement le doigt pour faciliter l'avancement du lambeau (*figure 24.7*).

Le lambeau de Kutler est constitué de deux demi-lambeaux triangulaires latéraux qui sont avancés et suturés l'un à l'autre pour couvrir une perte de substance distale. Chacun des lambeaux est pédiculé sur le pédicule collatéral. Ce lambeau n'est toutefois plus beaucoup utilisé en raison de la cicatrice médiane pulpaire qui est disgracieuse et surtout sensible (*figure 24.8*).

Le lambeau de Venkataswami-Subramanian est un lambeau en îlot palmo-latéral pédiculé sur un des pédicules collatéraux, qui est disséqué jusqu'à la racine du doigt ce qui permet d'avancer le lambeau jusqu'à l'extrémité du doigt (*figure 24.9a*). C'est le lambeau homo-digital qui permet le plus grand avancement, il permet donc de couvrir une grande perte de substance pulpaire. Il est parfaitement sensible, et la zone donneuse est greffée en peau totale. Il est souhaitable de prélever ce lambeau sur le bord ulnaire pour le deuxième et le troisième doigt, et sur le bord latéral pour le quatrième et cinquième doigt afin de préserver



24.7 Le lambeau d'Atasoy est dessiné de manière triangulaire sur la pulpe restante, par une incision en « V » qui ne doit pas dépasser le pli de flexion de l'articulation inter-phalangienne distale. Il est avancé de manière à venir couvrir la tranche de section.



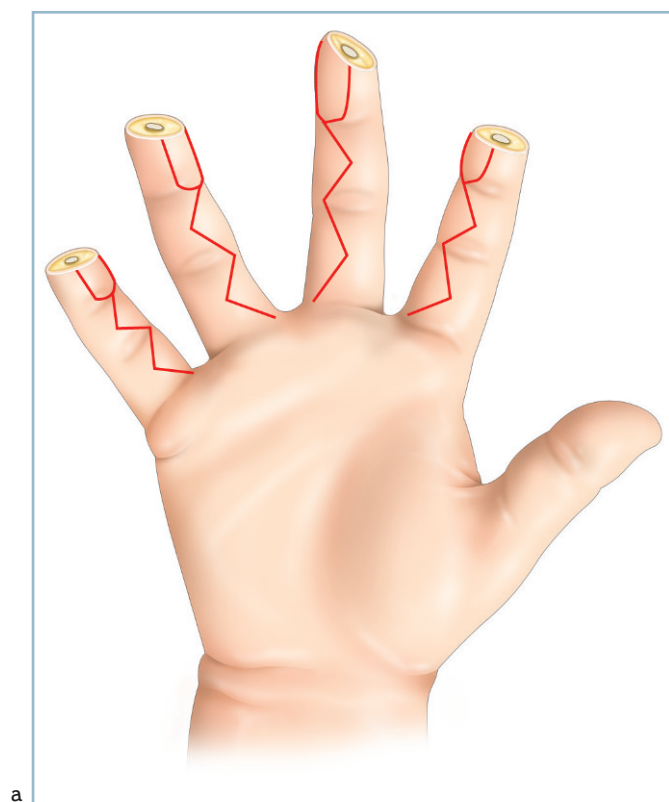
24.8 Le lambeau de Kutler correspond à deux hémi-lambeaux pulpaire. Il a l'inconvénient de créer une cicatrice médiane pulpaire, et il a un faible pouvoir couvrant.

l'intégrité de la zone préférentielle de préhension pour chacun des doigts lors de la prise pollici-digitale (*figure 24.9b*). Il est disséqué par une incision de type hémi-Brunner (*figure 24.9c*), permettant de libérer largement le pédicule vasculo-nerveux. Le lambeau est ensuite avancé et positionné sur la zone à reconstruire (*figure 24.9d*).

Le lambeau de Möberg-O'Brien est décrit pour le pouce, car il utilise les deux pédicules palmaires, et il existe pour le pouce une suppléance par une artère dorsale. L'incision de décharge est réalisée dans le pli de flexion de l'arti-

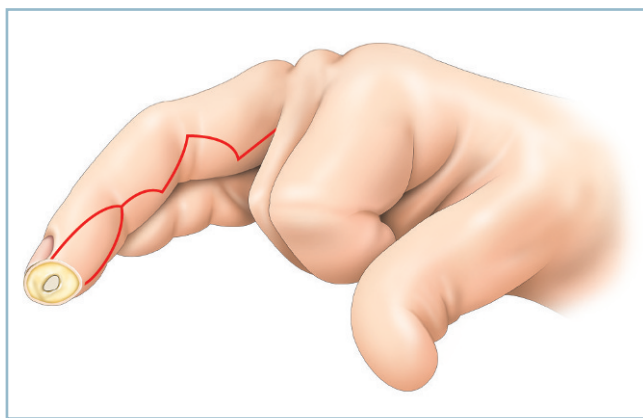
culatation interphalangienne distale. Il a l'inconvénient de nécessiter la dissection des deux pédicules, mais permet cependant une couverture d'excellente qualité pour le pouce, car sa pulpe est particulièrement large (*figure 24.10*).

Le lambeau thénarien est un lambeau qui est facile à réaliser, permettant de couvrir une perte de substance pulpaire totale, mais nécessite un sevrage secondaire, et il n'est pas sensible (*figure 24.11*). Il est préférable de ne l'utiliser que chez le très jeune enfant, car il se produit une resensibilisation progressive par la périphérie, et évite ainsi une

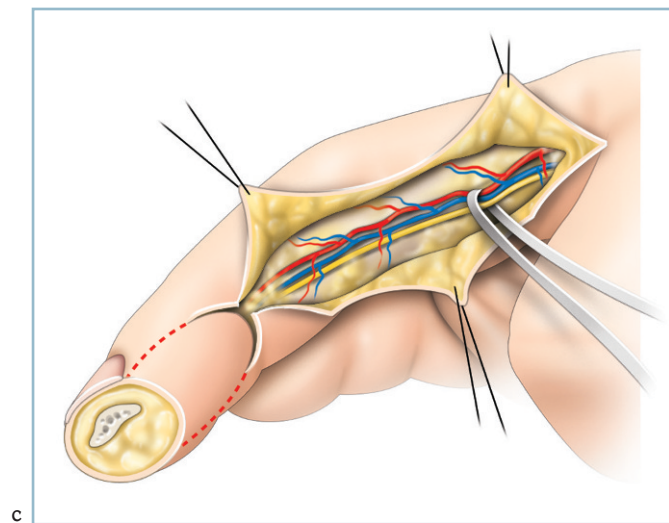


a

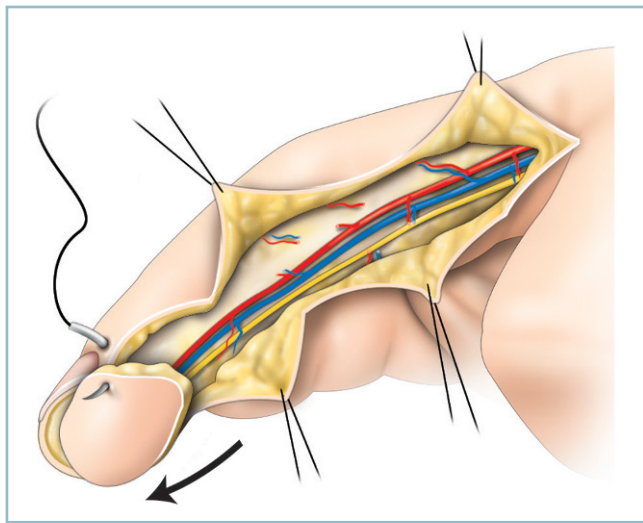
24.9 Le lambeau en îlot homo-digital est prélevé aux dépens de l'hémi-pulpe distale. Il doit préserver les zones de préhension pollici-digitales pour chaque doigt (a et b). Après la libération du pédicule (c), le lambeau est avancé et permet un resurfaçage de qualité de l'extrémité digitale (d).



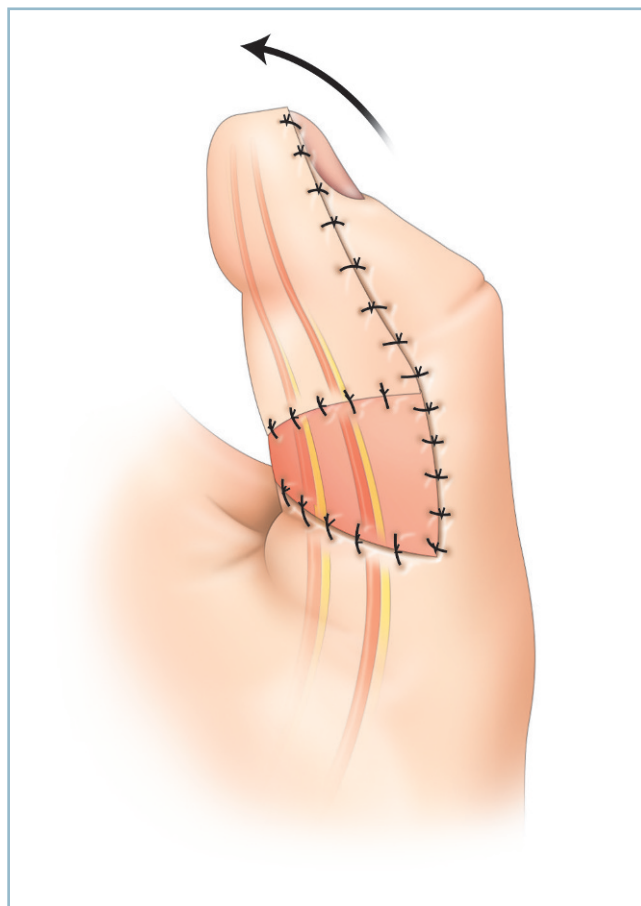
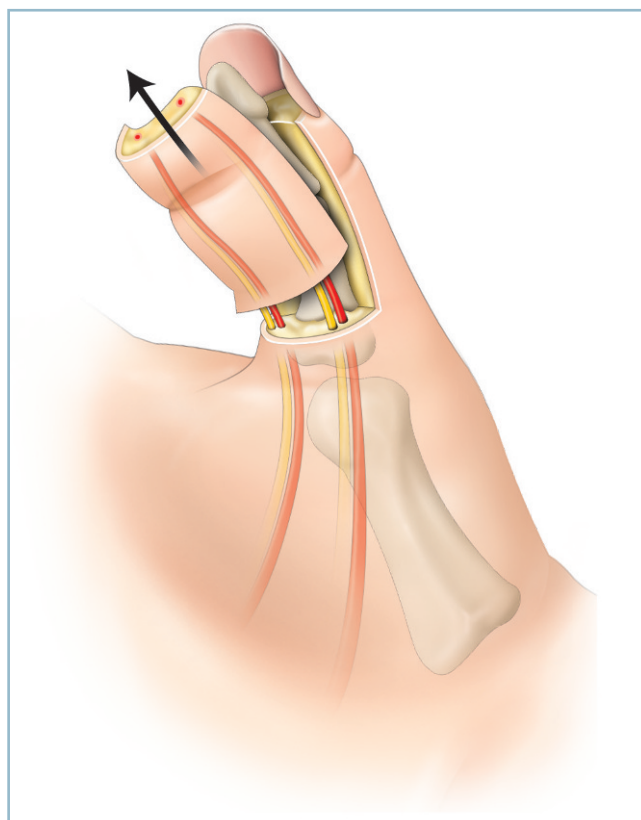
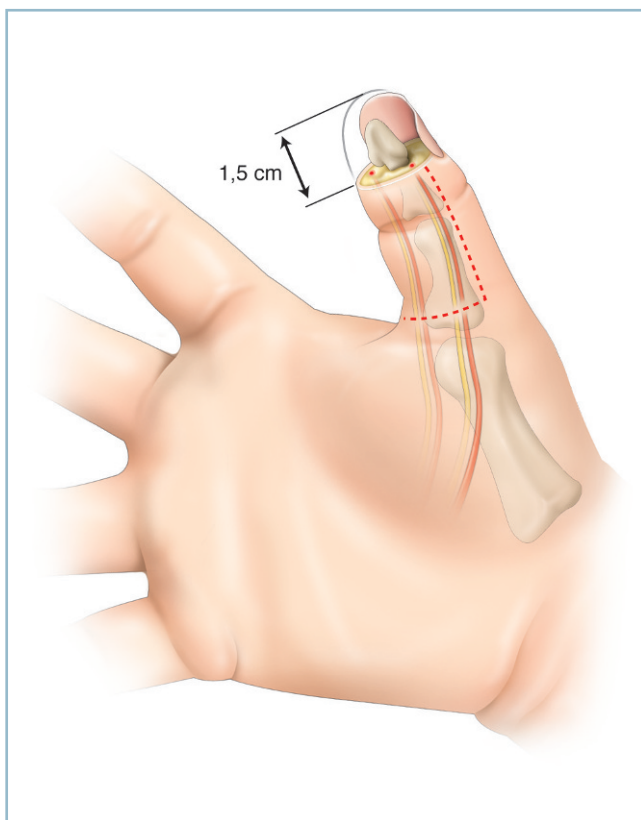
b



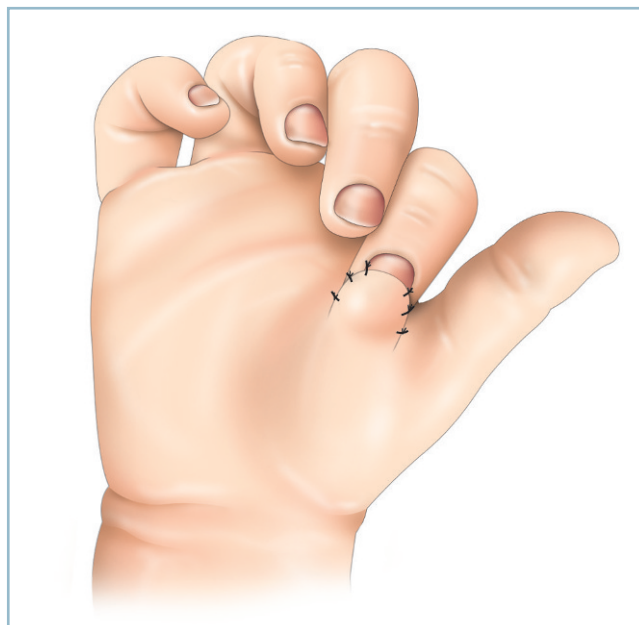
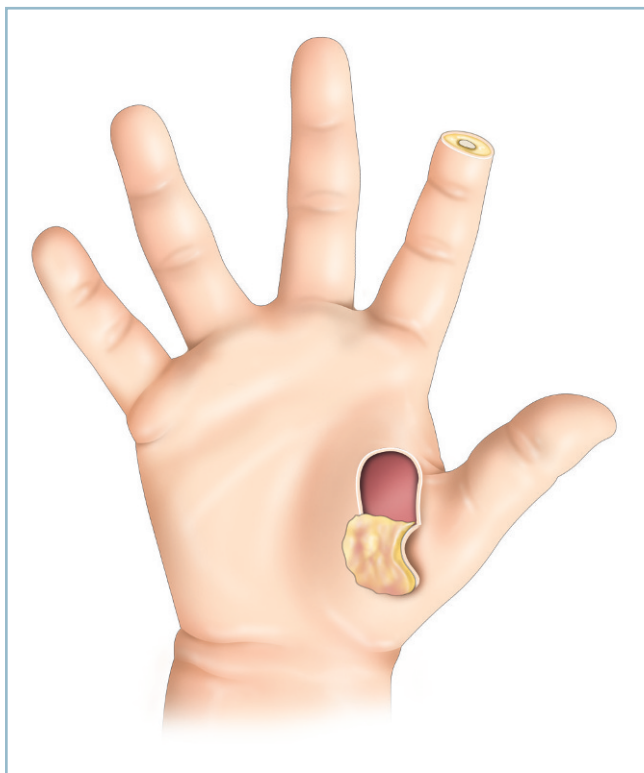
c



d



24.10 Le lambeau de O'Brien est utilisé préférentiellement pour le pouce mais présente l'inconvénient majeur d'une dissection des deux pédicules.



24.11 Le lambeau thénarien est utile dans certaines circonstances. Il est de réalisation aisée, en conservant une charnière proximale, mais nécessite un temps de sevrage secondaire.

chirurgie trop délabrante initialement. L'autre indication est la coexistence de lésions multiples des extrémités digitales, avec la nécessité de réaliser plusieurs lambeaux. Cela évite ainsi la dissection de plusieurs pédicules collatéraux.

En cas de d'amputation très proximale sur la phalange distale, et en cas d'impossibilité de replantation micro-chirurgicale, le transfert d'orteil secondaire doit être envisagé pour reconstruire le doigt. Une greffe de peau épaisse en urgence permet de couvrir l'extrémité du doigt en attendant le transfert d'orteil ultérieur qui sera discuté avec la famille.

COMPLICATIONS

Les complications précoces sont rares, et le plus souvent d'ordre infectieux (panaris post-traumatique, ostéite de la phalange). Un parage soigneux au bloc opératoire et une antibiothérapie post-opératoire permettent d'en diminuer la fréquence. Les complications septiques sont traitées le plus souvent par une reprise chirurgicale.

Les complications tardives sont surtout esthétiques, en raison d'un trouble de croissance de l'ongle (ongle en griffe, ongle strié...). La fréquence de ces complications peut être diminuée par la réparation du lit d'ongle. Les résultats ne peuvent être évalués que plusieurs mois après le traumatisme, lorsque la repousse de l'ongle est complète.

Pièges à éviter

- Sous-estimer la taille de la perte de substance à reconstruire.
- Analyser avec précision la forme à reconstruire afin de choisir le lambeau le plus adapté : il s'agit d'une reconstruction à la carte.

Astuces

- La réparation systématique du lit de l'ongle est une condition *sine qua non* pour un résultat cosmétique de qualité.
- En cas de lambeau thénarien, il est utile de fixer le doigt à la paume (par un point trans-unguéal), afin d'éviter toute traction intempestive sur le lambeau.

Bibliographie

- [1] Merle M, Dautel G. *La main traumatique, tome 1. L'urgence*. Masson, 1997.
- [2] Ardouin T, Poirier P, Rogez JM. Les traumatismes des extrémités digitales et de l'appareil unguéal chez l'enfant. À propos de 241 cas. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1997 ; 83 (4) : 330-4.

Syndactylie des doigts longs

S. BARBARY, G. DAUTEL

Pendant le développement embryonnaire normal, les doigts forment des condensations de mésoderme dans la palette terminale du membre. Ces condensations se différencient en doigts, et les espaces interdigitaux se creusent depuis l'extrémité distale en remontant proximement. Ce processus d'apoptose se produit entre la 6^e et 8^e semaine de vie embryonnaire, et une anomalie dans cette séquence entraîne une absence partielle ou complète de séparation des doigts c'est-à-dire une syndactylie.

L'incidence de cette malformation est d'une naissance sur 2 000 à 2 500 [1] avec une bilatéralité dans 50 % des cas. 10 % à 40 % des patients présentent des antécédents familiaux dont la transmission est autosomique dominante à pénétrance variable.

Les troisième et quatrième doigts sont les plus fréquemment affectés (57 %) puis l'espace D4/D5 (27 %) [2].

CLASSIFICATION

La syndactylie correspond à une fusion de deux ou plusieurs doigts adjacents, pour lesquels la peau voire le squelette et les tissus mous peuvent être intéressés. Cela est la base de la classification, qui outre un aspect descriptif, permet de définir les stratégies thérapeutiques.

On distingue ainsi plusieurs types de syndactylies.

Syndactylie complète et incomplète

Les syndactylies sont dites *complètes* lorsque l'accolement concerne la totalité de la longueur des doigts adjacents, les syndactylies *incomplètes* préservant un espace interdigital.

Syndactylie simple et complexe

Les syndactylies *simples* n'affectent que la peau, et elles sont distinctes des syndactylies *complexes* qui concernent également le squelette. Les structures neurovasculaires et tendineuses sont habituellement indépendantes dans les syndactylies simples. À l'inverse, la fréquence des variations anatomiques de ces structures augmente avec la complexité de la syndactylie.

PRINCIPES OPÉRATOIRES GÉNÉRAUX

Il est préférable que le programme chirurgical soit terminé avant que l'enfant ne soit scolarisé (3 ans). Par conséquent, les enfants sont souvent opérés vers l'âge de 10 à 12 mois.

Le pouce, s'il est concerné, doit faire partie des premiers doigts séparés, en raison des troubles de croissance qu'une telle syndactylie peut induire, et d'autre part pour permettre l'acquisition de la pince pollici-digitale sans retard particulier. Par ailleurs, une syndactylie incriminant deux doigts de longueur très différente doit aboutir à une séparation précoce, dès le sixième mois (ex. : D1/D2 ou D4/D5), afin d'éviter l'apparition d'une clinodactylie par asymétrie de croissance.

Dans les syndactylies touchant au moins trois doigts, il faut procéder en plusieurs étapes chirurgicales. En effet, un seul et unique coté du doigt est incisé lors de chaque intervention pour éviter les souffrances vasculaires. Ainsi pour les syndactylies touchant l'ensemble des doigts, sont séparés au cours de la même intervention D1/D2 et D3/D4, puis au troisième mois après la première intervention, sont séparés D2/D3 et D4/D5.

TECHNIQUE OPÉRATOIRE

Règles générales préalables

L'utilisation de moyens optiques grossissants est recommandée : lunettes binoculaires, microscope chirurgical le cas échéant.

La confection d'une commissure souple nécessite une peau de bonne qualité à l'aide de lambeaux locaux afin d'éviter à tout prix l'utilisation de greffes cutanées à ce niveau qui aboutissent fréquemment à une cicatrice rétractile.

Les incisions digitales en zig-zag palmaires et dorsales en miroir décrites par Cronin [3] ont fait la preuve de leur efficacité sur la prévention des brides rétractiles.

Le dégraissage interdigital et des lambeaux triangulaires permet de minimiser le recours aux greffes complémentaires tout en améliorant l'aspect esthétique [4].

L'utilisation de greffes de peau complémentaires, sur les versants latéraux des doigts séparés, est toujours nécessaire quels que soient la technique ou le dessin employé. La région inguinale en zone glabre est une source de peau totale quasi inépuisable mais qui se pigmente avec le temps. La région hypothénarienne a l'avantage de donner une peau de couleur identique au restant de la main et d'être dans le même site opératoire.

Reconstruction commissurale

Le lambeau rectangulaire dorsal est le plus souvent utilisé [5]. De multiples variantes ont été proposées (lambeau en oméga, triple lambeau dorsal...) mais le principe reste le même, à savoir, apporter dans le fond de la commissure une peau vascularisée expansible semblable à une commissure normale. La base de ce lambeau est en regard des têtes métacarpiennes puis il se prolonge jusqu'à la moitié de la face dorsale de P1, sans dépasser en largeur la moitié de la face dorsale de chaque doigt.

Dessin des incisions digitales

L'incision en zig-zag dorsale part du milieu du lambeau rectangulaire et se prolonge jusqu'à la matrice de l'ongle pour devenir rectiligne (*figure 25.1a*). Une incision palmaire est dessinée en miroir avec une base en « T » au niveau du point de descente du lambeau commissural. Ainsi, chaque lambeau en V palmaire vient combler la partie découverte par la levée du lambeau dorsal et inversement (*figure 25.1b*).

Dissection des lambeaux cutanés et dégraissage (*figure 25.1c*)

À la face dorsale, la dissection est simple : le passage se fait au ras du péritendon de l'extenseur. Le lambeau quadrangulaire est ensuite levé, puis les lambeaux triangulaires. L'espace interdigital dorsal est souvent comblé par un panicule adipeux qu'il convient d'exciser pour faciliter la fermeture et améliorer l'aspect esthétique. Les lambeaux cutanés sont également dégraissés (de manière importante à leur pointe, et un peu à leur base pour éviter les souffrances vasculaires). L'hémostase est faite à la demande. De chaque côté du lambeau commissural viennent se mettre en place les deux lambeaux triangulaires de la terminaison en « ancre de marine ». Cela permet ainsi d'avoir dans la commissure des lambeaux vascularisés, à l'exclusion de toute greffe cutanée (*figure 25.2a*).

À la face palmaire, les lambeaux triangulaires sont levés et dégraissés selon le même principe qu'à la face dorsale à la différence qu'il est effectué uniquement après avoir repéré les éléments pédiculaires vasculo-nerveux (*figure 25.2b*).

Dissection pédiculaire

Les pédicules vasculo-nerveux adjacents à la syndactylie sont disséqués et réclinés. Il n'est pas nécessaire et même dangereux de disséquer le deuxième pédicule vasculo-nerveux de chaque doigt. Il est parfois nécessaire de faire une intra-neurodissection en cas de division distale du nerf digital commun. En revanche, en cas de séparation haute de

l'artère digitale commune, il est nécessaire de sacrifier l'un des deux axes. Rappelons que l'artère dominante de l'index est l'artère collatérale ulnaire et que pour l'auriculaire, il s'agit de la collatérale radiale. Les troisième et quatrième doigts ont deux artères palmaires de calibre identique. Par conséquent, en cas de syndactylie D4/D5 il vaut mieux laisser l'artère commune au cinquième doigt. De même, pour une syndactylie D2/D3 il vaut mieux laisser l'artère commune au deuxième doigt (*figure 25.3*).

En cas de syndactylie simple, le temps de dissection s'arrête là. La séparation digitale se termine par la libération disto-proximale d'un tractus fibreux interdigital correspondant vraisemblablement à la coalescence des fascias de Cleland.

En cas de syndactylie complexe, les structures osseuses et/ou tendineuses sont également séparées.

Suture cutanée

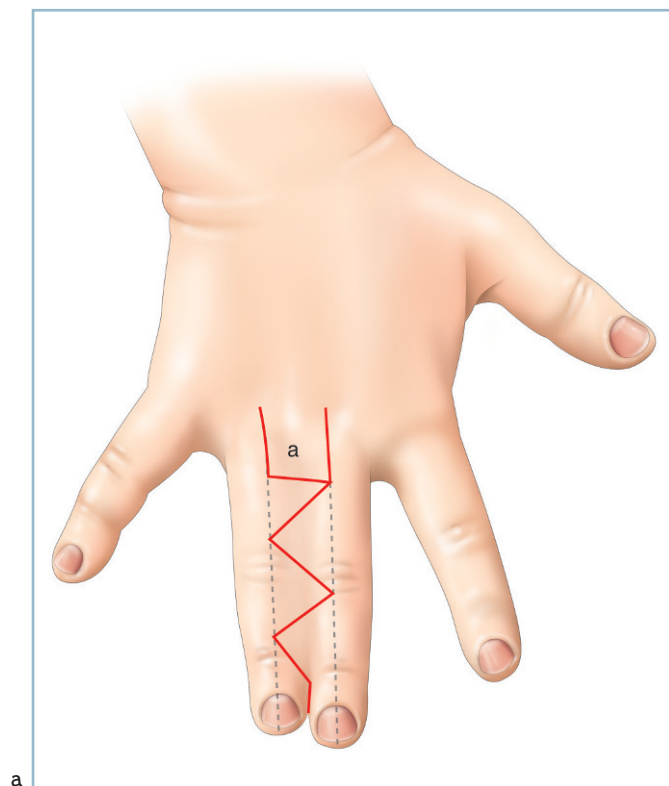
Nous utilisons du fil à résorption rapide 4/0 ou 5/0. Le lambeau quadrangulaire est agencé en premier dans le fond de la commissure, puis les lambeaux triangulaires sont suturés sans tension après avoir été dégraissés. Les greffes de peau sont quasiment toujours indispensables à la fermeture. Ainsi, il est inutile de vouloir couvrir les doigts à tout prix avec des points trop serrés : Ils strangulent les pédicules vasculaires et sont responsables d'éventuelle nécrose cutanée des lambeaux voire d'une souffrance vasculaire du doigt.

Grefe de peau

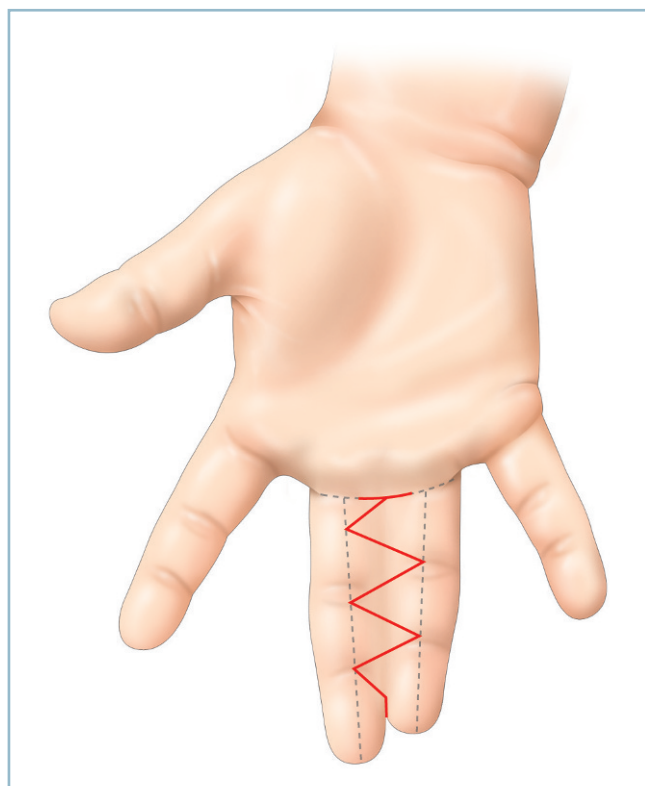
Nous avons l'habitude d'utiliser de première intention des greffes de peau mince aux dépens de l'éminence hypothénar. Elles s'intègrent parfaitement et donnent après 6 mois une peau souple, fine et de même coloration que le restant de la main. Elles sont prélevées tangentiellement en couche épaisse (et non totale) à l'aide d'une lame de bistouri de 15. Leur surface est cependant limitée à environ 2 cm².

À l'inverse, les greffes d'origine inguinale peuvent être étendues (10 cm² ou plus) mais elles se pigmentent souvent avec le temps et sont parfois le siège d'une trichose inesthétique lorsque le prélèvement est trop proche de la ligne médiane. Elles sont méticuleusement dégraissées et perforées avant d'être appliquées. La zone donneuse est refermée par un surjet intra-dermique de fil résorbable.

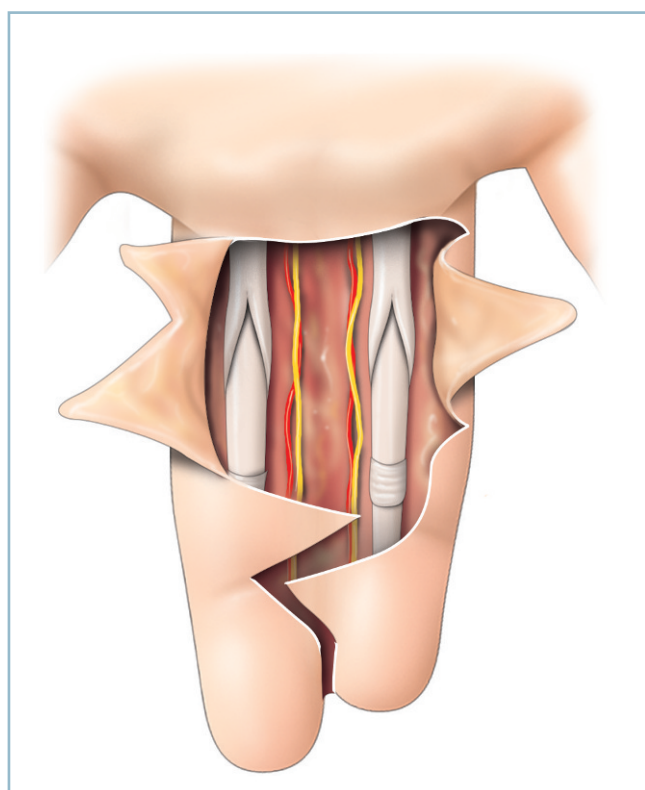
Il faut garder à l'esprit que le résultat est meilleur avec deux petites greffes de peau séparées par un lambeau cutané vascularisé plutôt qu'une seule greffe de peau de grande surface, tout particulièrement pour les versants latéraux des doigts.



a



b

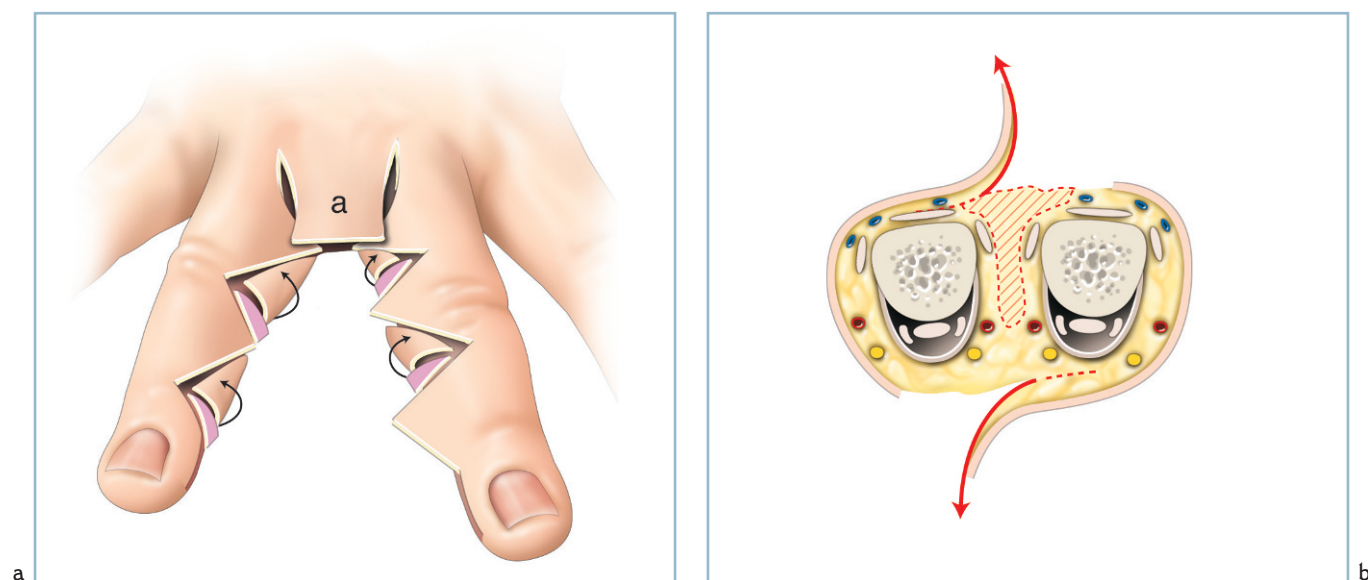


c

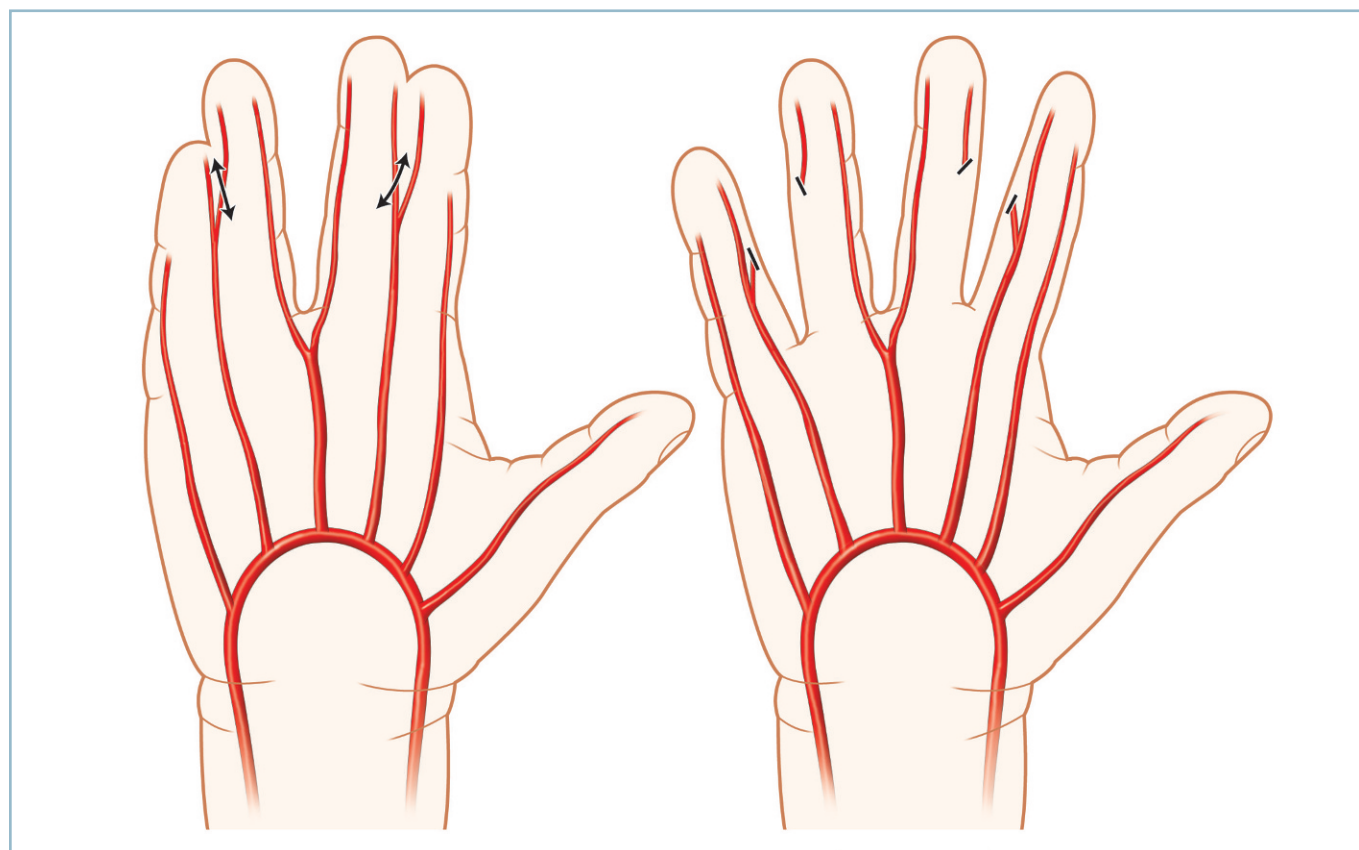
25.1 a. Dessins du lambeau quadrangulaire dorsal, avec les incisions cutanées dorsales ménageant des lambeaux triangulaires dont le point de réflexion se situe au niveau des plis de flexion. La pointe des lambeaux triangulaires ne dépasse pas la ligne médiane du doigt. Les tablettes unguéales sont séparées longitudinalement.

b. Incision palmaire, avec les lambeaux triangulaires qui sont dessinés en miroir par rapport aux lambeaux dorsaux. La terminaison à la base des doigts se fait en « T », ou en « ancre de marine ».

c. Dissection et levée progressive des lambeaux triangulaires palmaires, en repérant les pédicules vasculo-nerveux.



25.2 a. Mise en place du lambeau commissural ; la terminaison en « T » permet de créer deux petits lambeaux triangulaires qui viennent se positionner de part et d'autre du lambeau commissural afin d'éviter toute greffe de peau à ce niveau. Les lambeaux triangulaires viennent recouvrir les faces latérales des doigts, et les espaces libres sont comblés à l'aide d'une greffe de peau.
b. Principe de dissection des lambeaux triangulaires palmaires et dorsaux, qui sont inversés l'un par rapport à l'autre, de manière à venir s'appliquer sur chaque face latérale des doigts, après la séparation.

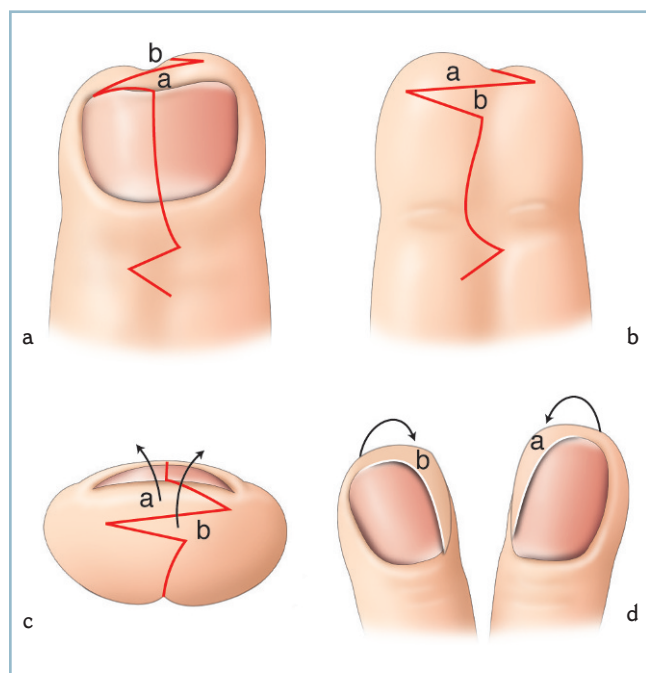


25.3 Principe de dissection des pédicules vasculaires digitaux, et des éventuels sacrifices nécessaires en cas de bifurcation distale des artères. On respecte l'artère dominante de chaque doigt, lors de la séparation digitale.

Séparation distale dans les syndactylies complexes

Les syndactylies complexes, outre l'existence d'un accolement osseux, présentent régulièrement une fusion du complexe unguéal, associée ou non à la fusion de la base, voire de la totalité de la troisième phalange. Ainsi, si pour toute la longueur du doigt, le but est d'éviter des cicatrices rétractiles par l'utilisation des lambeaux triangulaires, il faut pour l'extrémité digitale, reconstruire des sillons unguéo-pulpaux de bonne qualité.

L'intervention suit au début le même plan que pour une syndactylie simple complète, en restant particulièrement vigilant aux anomalies vasculo-nerveuses qui sont plus fréquentes dans ces types. Puis à l'aide du bistouri, la synostose de P3 et la fusion unguéale sont sectionnées longitudinalement. Il est recommandé d'utiliser la plastie pulpaire de Buck-Gramcko [6-8] pour reconstruire les sillons latéro-unguéraux (*figure 25.4*).



25.4 Plastie pulpaire selon Buck-Gramcko, montrant la séparation unguéale longitudinale (a), ménageant deux petits lambeaux triangulaires à l'extrémité de la pulpe (b), qui vont ensuite effectuer chacun une rotation de 90° (c), pour venir s'appliquer le long de chaque bord unguéal (d), afin de reconstruire et d'étoffer le pourtour de l'ongle.

Syndactylie incomplète (*figure 25.5*)

Lorsque l'accolement digital ne s'étend que jusqu'à l'articulation inter phalangienne proximale mais sans la dépasser, un simple approfondissement commissural suffit. Nous utilisons volontiers une plastie d'Ostrowski [9] : un lambeau quadrangulaire dorsal et deux lambeaux triangulaires palmaires sont dessinés sur la « palmure » interdigitale. Ce lambeau quadrangulaire formera le fond de la commissure et les deux lambeaux triangulaires s'agenceront sur les versants latéraux commissuraux.

Pansement chirurgical

Il ne faut pas le déléguer, cette dernière étape étant particulièrement importante. Effectivement, l'enfant va garder le même pansement pendant toute la cicatrisation, c'est-à-dire une quinzaine de jours. Il doit permettre d'appliquer correctement les greffes cutanées, de drainer par capillarité les petits saignements, être suffisamment respirant pour éviter la macération et suffisamment robuste pour résister pendant quinze jours aux différents mouvements de l'enfant.

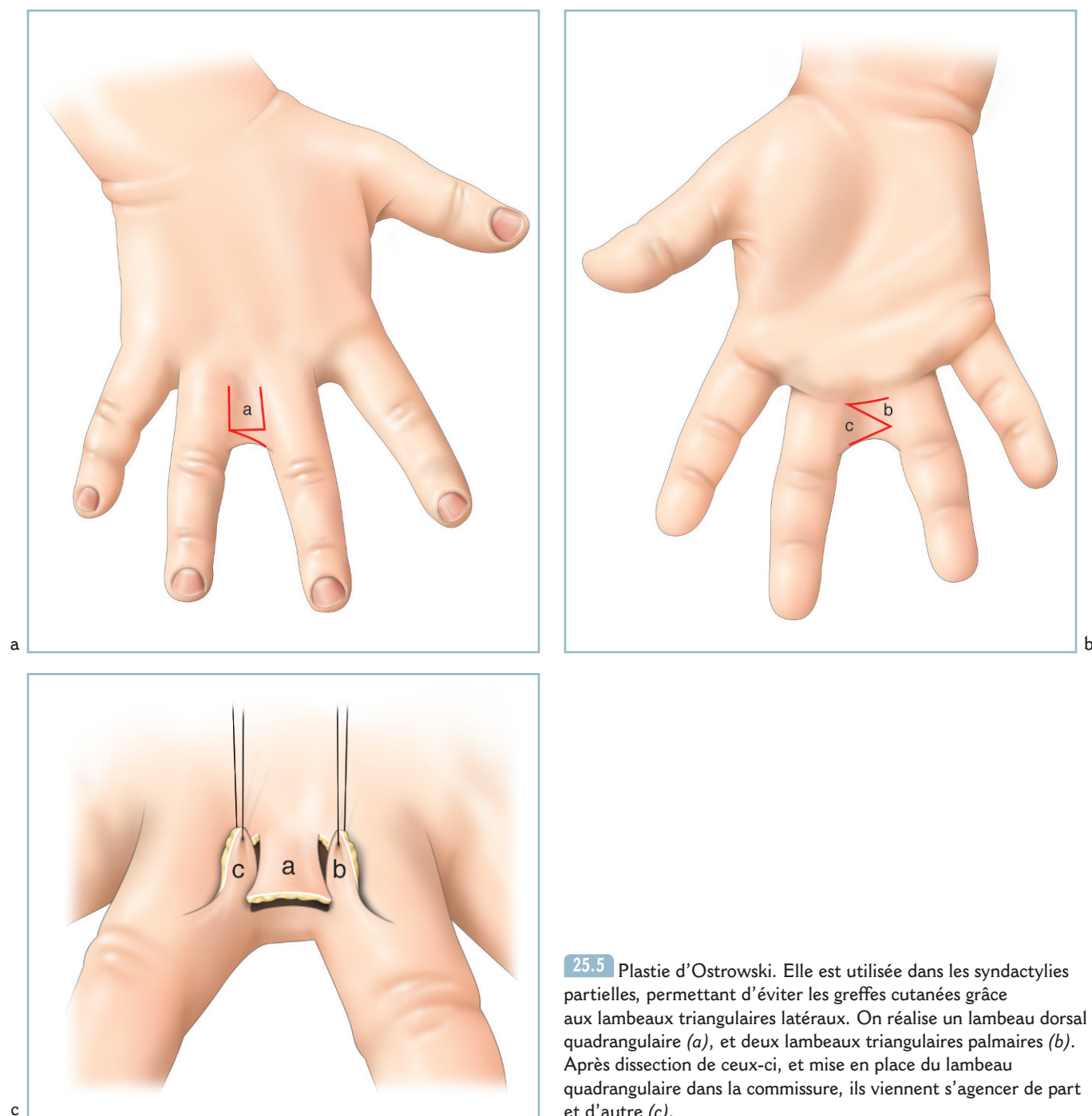
Nous appliquons tout d'abord un film cicatrisant (type compresse hydrocolloïde), pour éviter surtout l'adhérence intempestive des compresses sur les sutures. Puis les compresses de 10 × 10 sont découpées en 2 ou 4, pour tenir compte de la petite taille des doigts. Elles sont humidifiées et posées en large cravate sur chaque doigt ; une autre est pliée et agencée longitudinalement entre chaque doigt. Puis une bande mousse permet de compléter le bandage jusqu'à l'avant-bras. Une bande Velpeau de 5 ou de 2,5 est serrée avec réserve en contrôlant en permanence la coloration des pulpes qui sont toujours laissées visibles. Une bande élastoplaste vient renforcer le tout, voire une attelle plâtrée qui peut compléter ce montage.

Pièges à éviter

- Ne pas utiliser de greffes cutanées dans la commissure, car elles sont source de rétraction.
- Ne pas chercher à fermer coûte que coûte les faces latérales des doigts séparés, et le recours à une greffe cutanée est toujours nécessaire.

Astuces

- Dégraisser le lambeau commissural ainsi que les lambeaux triangulaires latéraux.
- Privilégier l'utilisation de greffe cutanée prélevée aux dépens de l'éminence hypothénar afin d'éviter une pigmentation secondaire.



25.5 Plastie d'Ostrowski. Elle est utilisée dans les syndactylies partielles, permettant d'éviter les greffes cutanées grâce aux lambeaux triangulaires latéraux. On réalise un lambeau dorsal quadrangulaire (a), et deux lambeaux triangulaires palmaires (b). Après dissection de ceux-ci, et mise en place du lambeau quadrangulaire dans la commissure, ils viennent s'agencer de part et d'autre (c).

Bibliographie

- [1] Toledo LC, Ger E. Evaluation of the operative treatment of syndactyly. *J Hand Surg Am* 1979 ; 4 : 556-64.
- [2] Flatt A, Littler J, Cramer L, Smith J. Practical factors in the treatment of syndactyly. In Mosby CV et al., *Symposium on Reconstructive Hand Surgery*. St. Louis, 1974 : 144-56.
- [3] Cronin TD. Syndactylism. Results of zig-zag incision to prevent post-operative contracture. Abstract. *Plast Reconstr Surg* 1956 ; 18, 460-8.
- [4] Greuse M, Coessens BC. Congenital syndactyly : defatting facilitates closure without skin graft. *J Hand Surg Am* 2001 ; 26 : 589-94.
- [5] Moss AL, Foucher G. Syndactyly : can web creep be avoided ? *J Hand Surg Br* 1990 ; 15 : 193-200.
- [6] Golash A, Watson JS. Nail fold creation in complete syndactyly using Buck-Gramcko pulp flaps. *J Hand Surg Br*, 2000 ; 25 : 11-4.
- [7] Sommerkamp TG, Ezaki M, Carter PR, Hentz VR. The pulp plasty : a composite graft for complete syndactyly fingertip separations. *J Hand Surg Am* 1992 ; 17 : 15-20.
- [8] Buck-Gramcko D. Congenital malformation : syndactyly and related deformities. In Nigst H, Buck-Gramcko D, Millesi H, Lister G, *Hand Surgery*. New York, Thieme Medical, 1988.
- [9] Ostrowski DM, Feagin CA, Gould JS. A three-flap web-plasty for release of short congenital syndactyly and dorsal adduction contracture. *J Hand Surg Am* 1991 ; 16 : 634-41.

Clinodactylie (phalange delta)

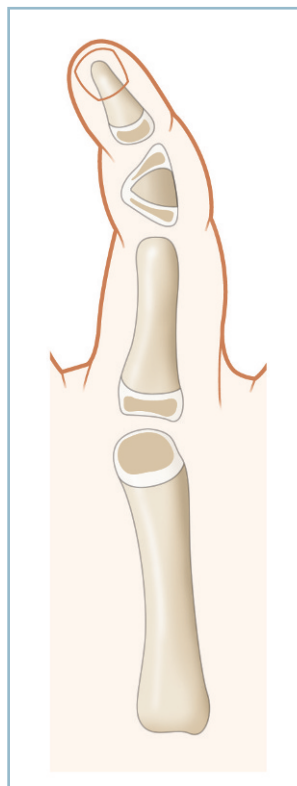
A. BEIGNET SOULIÉ, F. OUACEL,
F. LAUMONIER

La clinodactylie est une inclinaison dans le plan frontal d'un doigt (le plus souvent le cinquième, mais tous les doigts longs y compris le pouce pouvant être atteints) due à une anomalie de l'épiphyse proximale de la phalange intermédiaire (figure 26.1).

En effet, le cartilage de croissance de l'épiphyse proximale est dans cette pathologie en continuité avec un cartilage de croissance distal, d'où l'autre nom de phalange delta.

Cette anomalie cartilagineuse induit un raccourcissement et une inclinaison frontale progressive de la phalange, par asymétrie de croissance, dont la conséquence est essentiellement cosmétique.

Après l'âge de trois ou quatre ans, plusieurs interventions peuvent être proposées lorsque l'angle pré-opératoire entre les deux interlignes articulaires proximaux et distaux excède 30° : trois interventions consistent en une correction immédiate : l'ostéotomie de fermeture externe, l'ostéotomie d'ouverture interne, ou l'ostéotomie cunéiforme inversée. Une quatrième intervention permet une correction progressive de la déformation avec la croissance, sans aucun résultat immédiat : la physiolyse. En cas de réalisation précoce de cette dernière intervention (avant 6 ans), la correction est complète dans un tiers des cas.

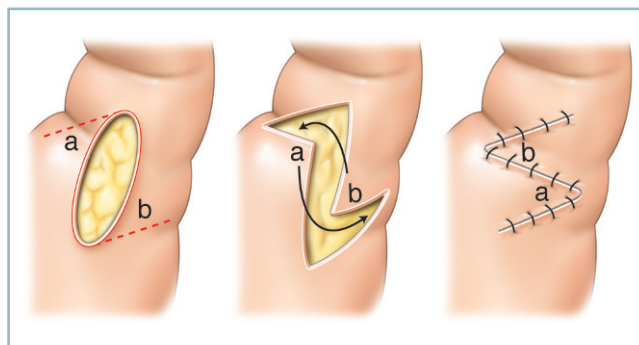


26.1 Aspect d'une phalange delta, avec un pont cartilagineux reliant les deux extrémités de la phalange malformée, entraînant la déviation digitale par asymétrie de croissance osseuse.

OSTÉOTOMIE D'OUVERTURE

Principe chirurgical

L'incision est latérale longitudinale, en regard de la phalange pathologique, dans la concavité de la déformation. Parfois, en raison d'une clinodactylie trop importante, il est nécessaire de réaliser une plastie en Z ou en VY pour permettre l'expansion cutanée (figure 26.2). Une greffe cutanée reste exceptionnelle.



26.2 Plastie cutanée, appelée plastie en Z, permettant d'obtenir un effet d'allongement des parties molles lorsque l'incision est faite dans la concavité de la déformation.

RECOMMANDATIONS D'INSTALLATION

L'enfant est installé en décubitus dorsal, le membre supérieur concerné sur une table à bras.

Un garrot pneumatique, qui sera gonflé à 200 mmHg, est installé à la racine du membre supérieur, protégé par un adhésif pour éviter que le badigeon n'aille sous le garrot.

Plusieurs techniques peuvent être utilisées, la plus habituelle étant l'ostéotomie d'ouverture sur le versant radial, technique qui sera décrite dans sa totalité.

Le paquet vasculo-nerveux est respecté. Le périoste est incisé. Deux micro-écarteurs de Homann sont mis en place de part et d'autre des faces antérieures et postérieures de la phalange.

Une ostéotomie d'ouverture est réalisée à l'aide d'un bistouri froid lame 15. En cas d'inefficacité, une lame de Pauwels de petite taille est utilisée. Si possible, le cortex opposé est conservé pour faciliter la consolidation osseuse et éviter tout trouble de rotation (*figure 26.3*).

Après ouverture, P3 est réaligné sur P1, en faisant bailler l'ouverture de l'ostéotomie par manœuvres externes.

Si l'angle d'ouverture est très important, un petit coin osseux (d'origine iliaque ou pris aux dépens de la métaphyse radiale distale) peut y être introduit. Cela est rarement nécessaire, et cette ostéotomie est le plus souvent fixée par deux broches de Kirschner de 8/10 en croix pour maintenir l'ouverture qui se comblera et consolidera spontanément en quatre à six semaines (*figure 26.4*).

Une autre façon de faire consiste, après avoir réalisé l'ostéotomie d'ouverture, à basculer le fragment distal de P2,

et pour réaligner le doigt, l'impacter en bilboquet dans le fragment proximal. Le maintien de la correction est assuré par une broche axiale trans P3-P1 comme le montre la *figure 26.5*.

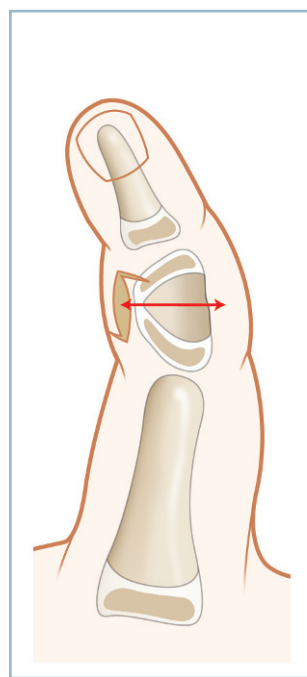
Le périoste est fermé au vicryl 5,0. La fermeture cutanée est assurée par des points séparés de vicryl rapide 5,0.

Une antibioprophylaxie lors du geste opératoire est conseillée.

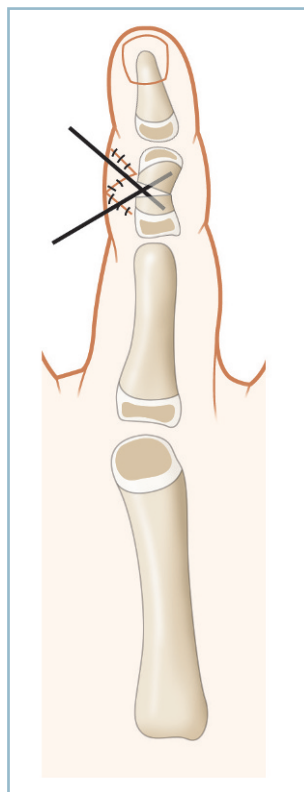
Cette technique maintient la longueur du doigt, et n'entraîne pas particulièrement d'excédent cutané sur le versant convexe de la déformation.

Suites opératoires

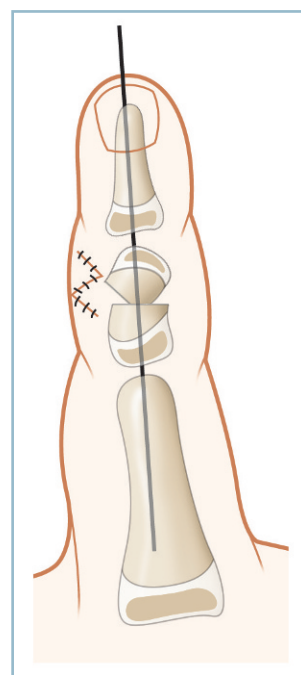
Il est réalisé en post-opératoire immédiat un gros pansement type moufle pour quatre semaines. Le pansement n'a pas à être refait en attendant la consultation, et les broches, laissées apparentes, sont retirées lors de la consultation.



26.3 Réalisation de l'ostéotomie transversale phalangienne, au bistouri froid, ou à la fine lame de Pauwels.



26.4 Correction par ouverture de l'ostéotomie, et maintien par brochage en croix, avec ou sans adjonction d'un greffon osseux.



26.5 Correction de la clinodactylie selon le principe du bilboquet, en impactant le coin fragment distal dans le fragment proximal, le tout étant maintenu par une broche axiale.

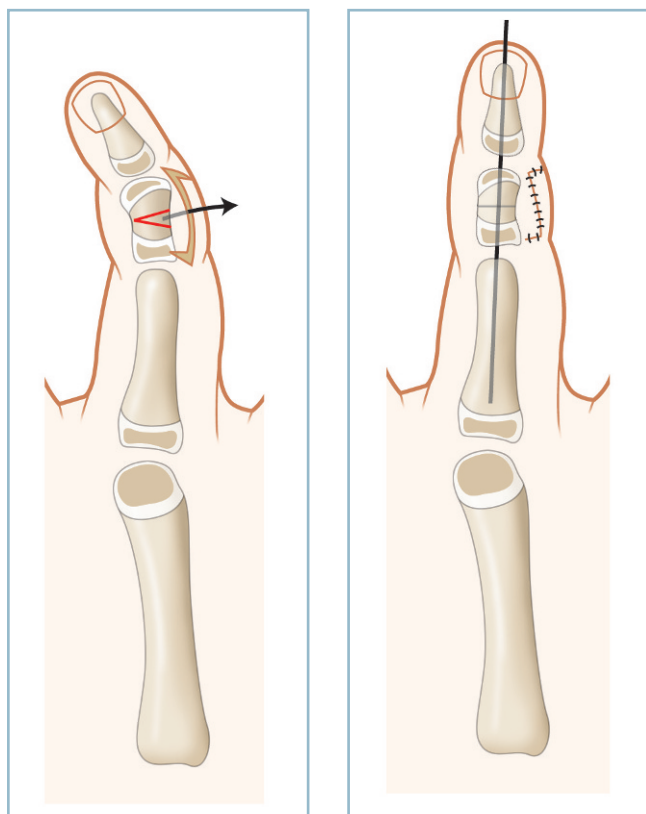
OSTÉOTOMIE DE FERMETURE

L'incision se fait du côté de la convexité de la déformation. Les deux tranches d'ostéotomie sont réalisées dans un plan perpendiculaire à l'axe de P1 pour l'ostéotomie proximale, et de P3 pour l'ostéotomie distale. Le coin osseux est retiré, et l'ostéosynthèse est maintenue par deux broches en croix ou une broche longitudinale trans P3-P1 (*figure 26.6*).

La fermeture de la phalange induit un raccourcissement du segment digital, et de ce fait, un excédent cutané qu'il convient de réséquer. Ainsi, il est possible d'effectuer un artifice plastique par une incision convexe longitudinale, suivie de deux triangles de résection cutanée à chaque extrémité (*figure 26.7*).

OSTÉOTOMIE « INVERSÉE »

L'incision cutanée est dorsale, en allant de part et d'autre du tendon extenseur. Après avoir introduit les écarteurs de Homann, on réalise une ostéotomie de fermeture du côté



26.6 Ostéotomie de fermeture dans la convexité de la déformation, avec résection du coin osseux, le tout maintenu par une broche axiale.

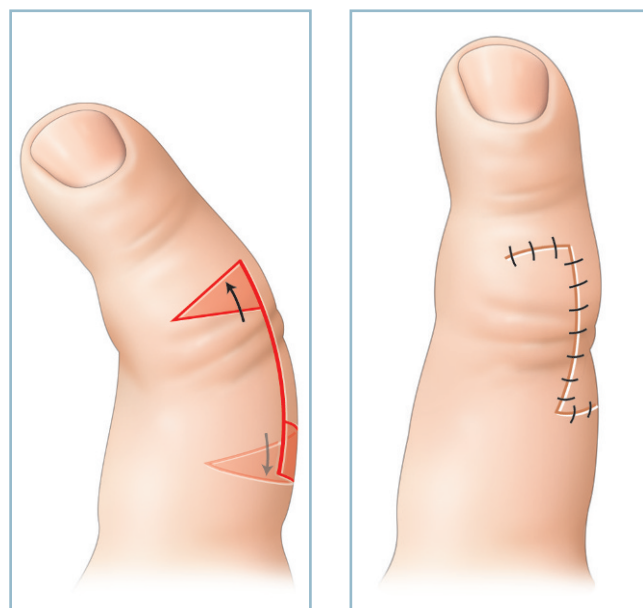
de la convexité, en prenant soin de conserver en entier le fragment osseux en coin. Celui-ci est prélevé et introduit dans l'ostéotomie d'ouverture du côté de la concavité (*figure 26.8*). L'ensemble est maintenu par une broche axiale.

Le risque de défaut de rotation et d'atteinte épiphysaire, est plus important dans cette technique, qui est à réserver chez les grands enfants, afin d'éviter le prélèvement d'un greffon osseux.

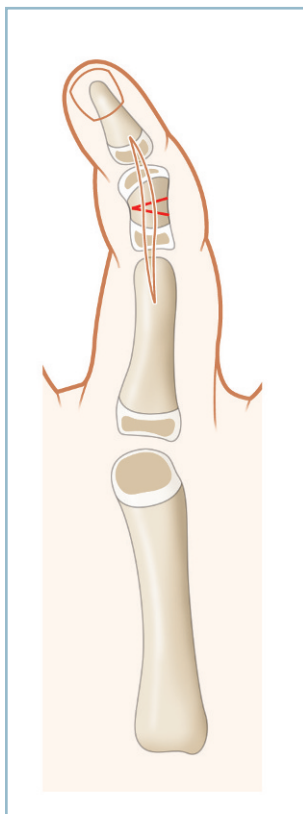
PHYSIOLYSE

L'incision est réalisée du côté de la concavité de la déformation. Le principe consiste à exciser le pont de cartilage de croissance de localisation anormale, qui unit les deux épiphyses. À l'aide d'une curette de 2 mm, d'une petite pince Gouge ou d'une fraise de petite taille, l'excision doit être réalisée jusqu'à apercevoir l'os sous-jacent (*figure 26.9 et 26.10*).

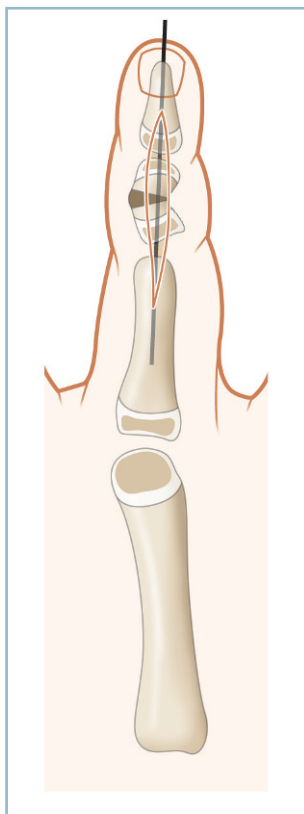
Après résection de la portion souhaitée de cartilage de croissance, on met en place une greffe de tissu adipeux qui peut être prélevée le plus souvent au niveau de l'éminence hypothénar, ou de la face antérieure de l'avant-bras. Cette intervention, décrite par Vickers, permet une poursuite de la croissance, sans ostéotomie correctrice initiale, avec une correction progressive de la déformation. S'il persiste une angulation en fin de croissance, une ostéotomie complémentaire est toujours possible.



26.7 Plastie cutanée d'accourcissement, permettant de réséquer l'excédent de peau induite par la perte de longueur de la phalange lors d'une ostéotomie de fermeture.



26.8

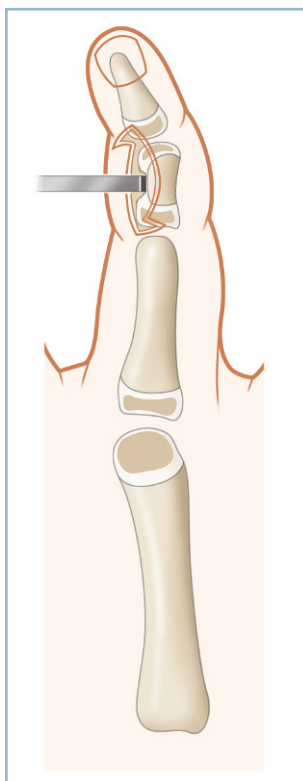


26.10

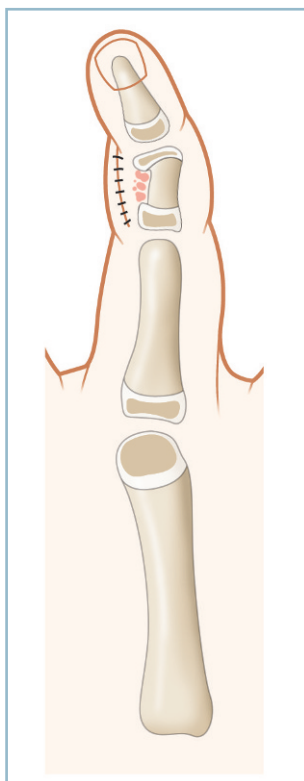
26.8 Ostéotomie de fermeture-ouverture, avec le prélèvement d'un coin osseux dans la convexité de la phalange, qui est introduite dans la concavité.

26.9 Résection du pont ostéo-cartilagineux anormal dans la concavité de la déformation, sans ostéotomie correctrice, afin de permettre une poursuite de la croissance de la phalange.

26.10 Interposition d'un fragment graisseux dans l'interstice de résection, afin d'éviter une ossification précoce, qui pourrait être source de récurrence.

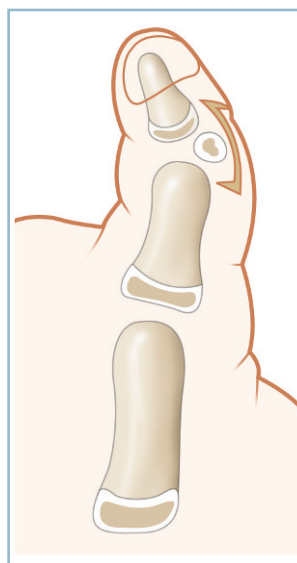


26.9

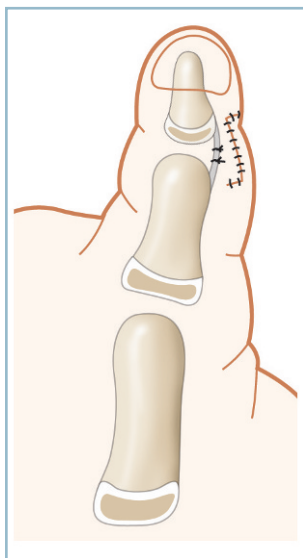


CLINODACTYLIE PAR PHALANGE SURNUMÉRAIRE

La clinodactylie est due à une phalange intermédiaire delta supplémentaire (figure 26.11). Le doigt le plus souvent atteint est le pouce, et on parle alors de pouce triphalangique, mais les doigts longs peuvent également être en cause.



26.11 Aspect de pouce triphalangique, avec une phalange delta surnuméraire, responsable de la déformation.



26.12 Excision de la phalange surnuméraire, en reconstruisant le plan ligamentaire convexe, afin d'éviter toute instabilité ultérieure.

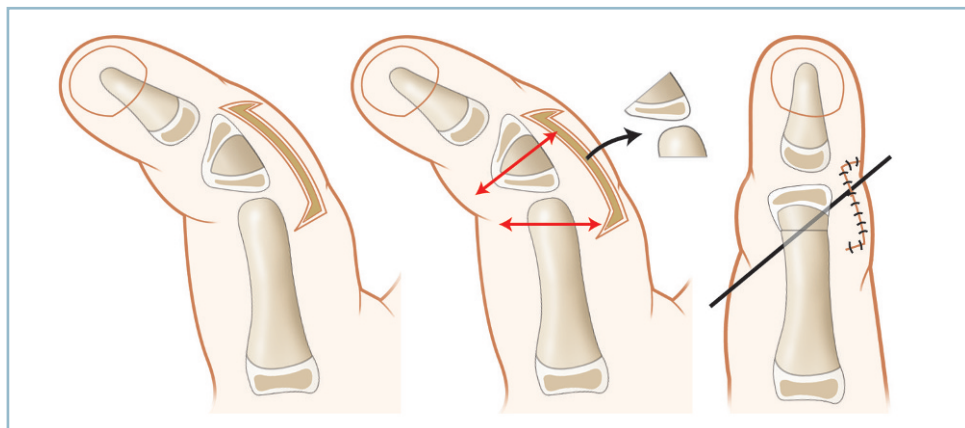
Chez les enfants jeunes, avant 2 ans en moyenne, le traitement de choix consiste à exciser précocement et en totalité la phalange intermédiaire, en reconstruisant l'articulation interphalangienne avec suture ligamentaire lorsque la phalange surnuméraire est de petite taille (*figure 26.12*).

Pièges à éviter

- Éviter de provoquer un trouble de rotation du doigt.
- Ne pas opérer avant 3 ou 4 ans, sauf pour les phalanges surnuméraires.

Astuces

- Avant 5-6 ans, la physiolyse selon Vickers est recommandée, en raison d'un potentiel de croissance restant adéquat avec une correction.
- Après 6 ans, l'ostéotomie de fermeture est conseillée, si la taille de la phalange le permet. Si celle-ci est de trop petite taille, il faut essayer d'obtenir un effet d'allongement en utilisant la technique du bilboquet.



26.13 Résection d'une partie de la phalange surnuméraire, en utilisant sa zone articulaire distale pour reconstruire une nouvelle articulation.

Parfois, si la phalange surnuméraire est de taille plus importante, ou si l'enfant est plus âgé, il est possible de n'en réséquer qu'une partie, en reconstruisant une articulation fonctionnelle. On utilise pour cela la partie distale de la phalange delta, en réséquant toute sa portion proximale. On résèque ensuite la zone articulaire de la tête de la phalange proximale, et la zone articulaire distale de la phalange delta vient s'appliquer sur la phalange proximale, synthésée par deux broches en croix (*figure 26.13*). Cela permet de reconstruire une articulation fonctionnelle utilisant les structures capsulo-ligamentaires distales, et en réséquant l'excédent osseux et cutané.

Le traitement des phalanges surnuméraires se fait réellement « à la carte », en fonction de la déformation, et de l'aspect de la phalange malformative.

Bibliographie

- [1] Gilbert A. *Malformations congénitales de la main et de l'avant-bras*. Éditions techniques.
- [2] Techniques chirurgicales, Orthopédie, Traumatologie. *Encycl Méd Chir*, 44-445, 1993.
- [3] Gilbert A. Les malformations du pouce et des doigts. In Griffet J, *Les anomalies congénitales du membre supérieur*. Sauramps médical, 1998 : 135-52.
- [4] Vickers D. Clinodactyly of the little finger : a simple operative technique for reversal of the growth abnormality. *J Hand Surg* 1987 ; 12B : 335-42.

Pouce flexus adductus

Le pouce flexus ou flexus-adductus, est défini par un pouce rétracté dans la paume. Il ne s'agit pas toujours d'une entité particulière mais fait habituellement plutôt partie d'un syndrome. Du fait de l'hypertonie périphérique naturelle du nourrisson, le diagnostic est souvent fait après trois mois, devant l'absence de relâchement du pouce et l'absence d'extension et de rétropulsion lors de l'ouverture de la main.

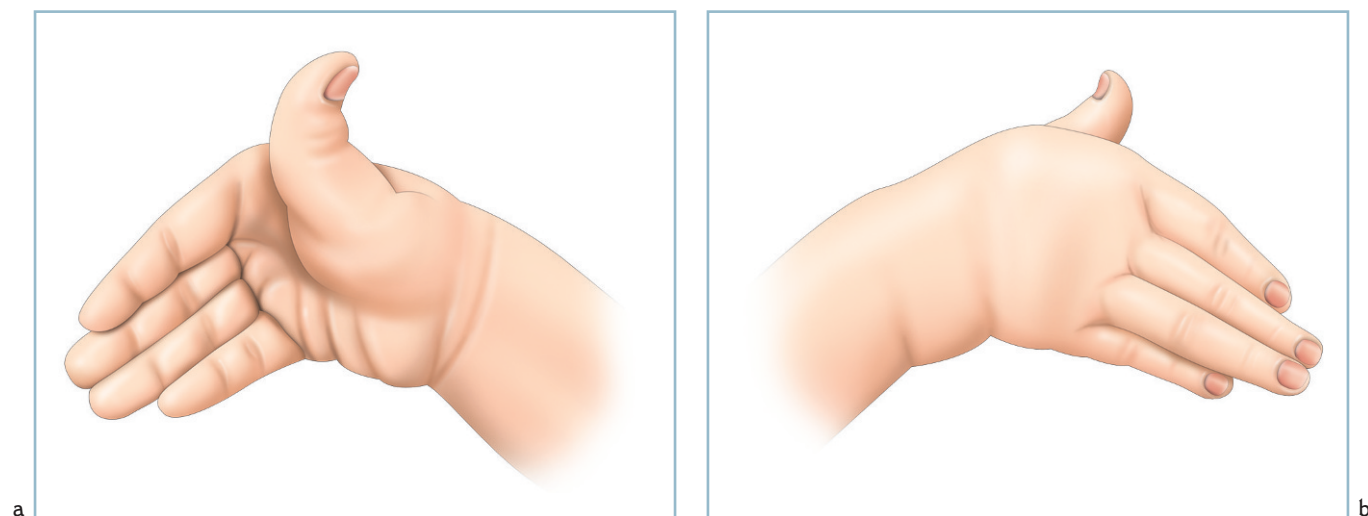
Weckesser a établi une classification en quatre groupes qui permet de les différencier tout en y incluant des notions de stratégie thérapeutique : le groupe 1 est un défaut d'extension et de rétropulsion active isolées du pouce. Le groupe 2 associe, en plus de la déformation du pouce, une attitude en flexion intrinsèque et en coup de vent ulnaire des doigts longs, comme dans l'arthrogrypose (figure 27.1) et le syndrome de Freeman-Sheldon (dit aussi syndrome du siffleur car il s'y associe une morphologie faciale particulière avec une position de la bouche représentant un sifflement). Le groupe 3 associe un certain degré d'agénésie des extenseurs, et le groupe 4 rassemble les pouces difficiles à classer (spastiques, malformatifs). Nous détaillons surtout le traitement des types 1 et 2, les autres faisant partie intégrante d'autres pathologies.

TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

Quel que soit le type, le traitement précoce est tout d'abord orthopédique : manipulations quotidiennes, encadrées par un kinésithérapeute deux fois par semaine durant les trois premiers mois. Dès l'âge de trois mois, une attelle thermoformable sur mesure est mise en place dans la première commissure. Elle vise à maintenir la première commissure ouverte, en contenant l'articulation métacarpo-phalangienne en rectitude et en antepulsion de pouce. Elle est portée pendant toutes les périodes de sommeil. Elle est révisée tous les trois mois, amenant progressivement la colonne du pouce en meilleure rétropulsion et en extension des articulations métacarpo et inter-phalangienne. Dans les types 1 ce traitement par orthèse est quasiment toujours suffisant, et le problème est en général réglé à l'âge de deux ans.

Lorsque l'enfant est vu tardivement avec une forme enraidie ou dans les types 2 comportant un important déséquilibre entre le puissant tonus du fléchisseur et la faiblesse relative de l'appareil extenseur, il est nécessaire de faire un gantelet thermoformable avec une lame dynamique d'extension métacarpo-phalangienne. Ce traitement progressif apporte une chance supplémentaire de succès et peut être poursuivi plusieurs années la nuit dans ces formes sévères, particulièrement enraidies, à condition que l'on obtienne l'adhésion de l'enfant et de ses parents.

Le traitement chirurgical est réservé aux échecs ou aux résultats insuffisants des attelles, mais ne dispense pas du port d'attelle nocturne éventuel en post-opératoire, ce qu'il faut bien faire comprendre préalablement à la famille.



27.1 Le pouce flexor adductus de l'arthrogrypose, associant une rétraction de la première commissure, une hyperextension réactionnelle de l'articulation interphalangienne, et une déviation en coup de vent cubital des doigts longs. Vue palmaire (a) et dorsale (b).

TRAITEMENT CHIRURGICAL

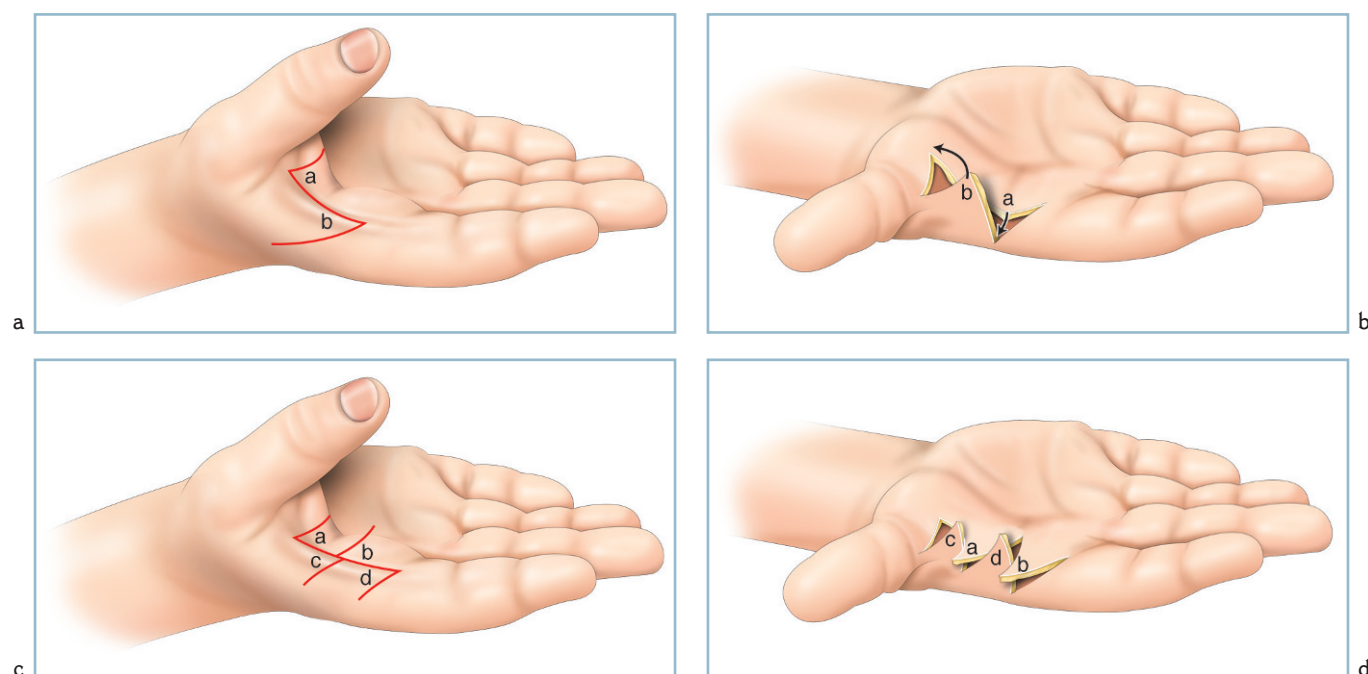
Il comporte plusieurs volets successifs, qui sont complémentaires, et tous nécessaires pour corriger l'ensemble des anomalies.

Brièveté cutanée de la première commissure

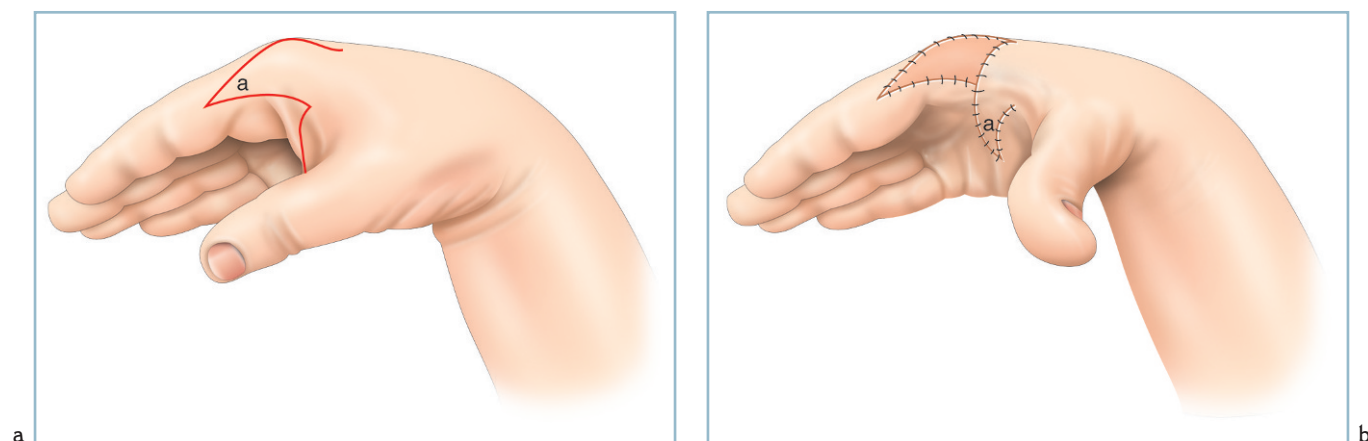
Dans les formes mineures, chez l'enfant jeune, les plasties cutanées de première commissure peuvent suffire

(figure 27.2). Cependant elles ont pour effet surtout d'approfondir la commissure, le gain en ouverture est modéré et l'aspect esthétique final de la commissure n'est pas très naturel.

Le plus souvent, en particulier dans les syndromes apparentés aux arthrogryposes, du fait d'une brièveté cutanée antérieure, il faut un apport cutané absolu, réalisé par un lambeau. Nous n'utilisons plus le lambeau dorso-latéral de l'index (figure 27.3) car les séquelles esthétiques de la greffe de peau sur l'index sont trop visibles, et parce que ce lambeau apporte une peau teintée et poilue dans la paume, ce qui choque les enfants. Nous utilisons un lam-

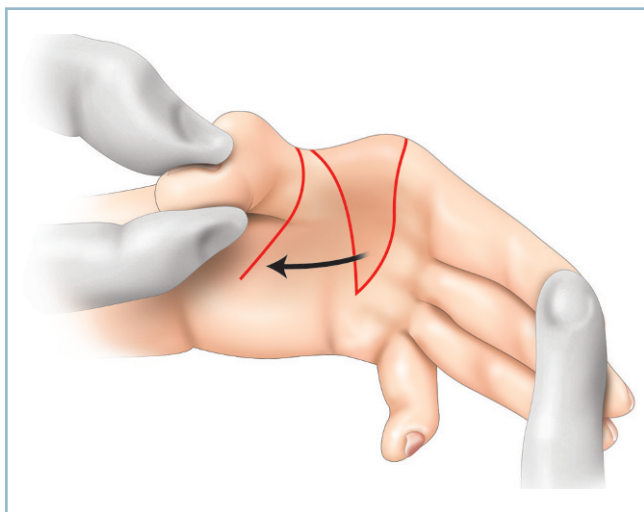


27.2 L'agrandissement de la commissure par différentes plasties locales en Z (a et b), ou en double Z (c et d) est en réalité modeste, et souvent insuffisant.



27.3 Lambeau dorso-latéral de l'index qui est basculé dans la commissure (a). Son principal inconvénient est la différence de texture et de pilosité du lambeau, et la visibilité de la greffe cutanée sur l'index donneur (b).

beau arciforme, de dimensions 2 1/2 sur 1, dessiné en regard de la face palmaire des MP des deux ou trois premiers doigts longs (*figure 27.4*). Le site donneur est fermé par une greffe de peau totale isochrome, c'est-à-dire rose pâle et non pileuse prélevée transversalement au pli de flexion du poignet en regard du pisiforme et fermée directement. Il est parfois nécessaire de faire une incision transversale au pli de flexion de l'articulation métacarpo-phalangienne du pouce, et de la couvrir également par une greffe de peau épaisse.



27.4 Dessin du lambeau commissural prélevé à la face antérieure des MP des deux ou trois premiers doigts longs. Il faut rester à distance des commissures, et faire un dessin arciforme correspondant à la perte de substance. Le site donneur est fermé directement ou greffé en peau isochrome prélevée au pli de flexion du poignet.

Libération des aponévroses et des muscles du premier espace

Elle est le plus souvent nécessaire dans les types 2 et impose une stratégie de libération bien particulière : Après avoir prévu dans les incisions le lambeau final de couverture (*figure 27.5a*), les aponévroses sont ouvertes une à une : superficielle dorsale et palmaire, puis les aponévroses musculaires dorsales et palmaires de l'adducteur et du premier interosseux dorsal (*figure 27.5b*). Si la première commissure ne s'ouvre pas, ou s'il persiste un flessum de l'articulation métacarpo-phalangienne du pouce, on y associe une désinsertion extra-périostée, au ras des deuxième et troisième métacarpiens du muscle adducteur du pouce, et au ras du premier métacarpien du muscle premier interosseux dorsal. Ces désinsertions, essentielles pour ouvrir la commissure se font à la demande, pas à pas. On obtient en général une bonne ouverture commissurale et la mise en extension et rétropulsion du pouce devient possible. Le

manque de substance cutanée du premier espace devient alors évident : le défaut est souvent de 15 à 20 mm au sommet de la commissure, et le lambeau cutané antérieur se place automatiquement pour la couvrir.

Il est parfois utile, pour maintenir l'ouverture de la première commissure, de réaliser un brochage temporaire selon Iselin, qui sera ensuite relayé, après son ablation, par une attelle thermoformée (*figure 27.5c*).

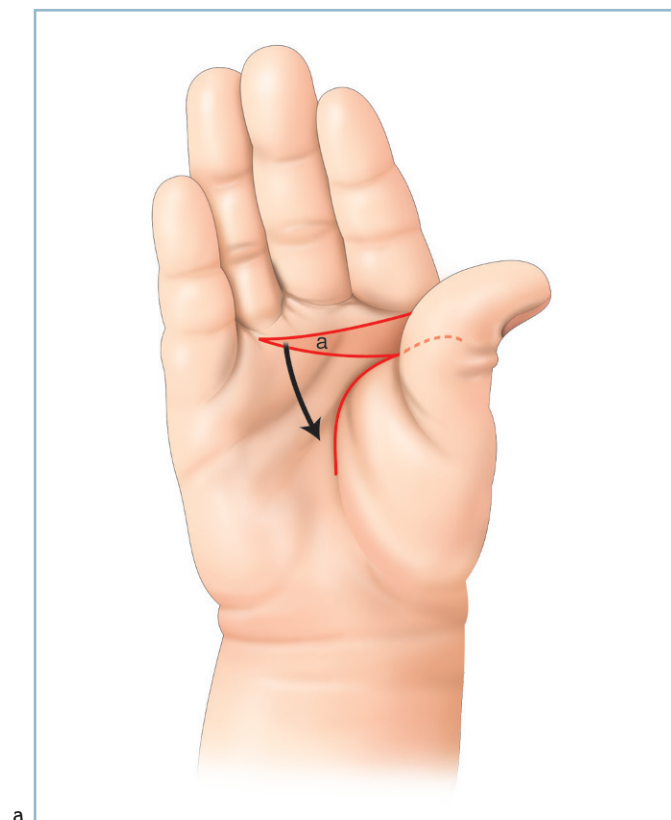
Faut-il faire un transfert d'extension ?

Dans notre expérience, dans les syndromes de Freeman-Sheldon et les autres types d'arthrogrypose, le court et le long extenseur du pouce sont toujours présents, parfois seulement distendus par le déséquilibre musculaire avec le fléchisseur. Le fait d'ouvrir la commissure, de libérer le flessum métacarpo-phalangien et de prescrire un gantelet dynamique nocturne pendant plusieurs mois en post-opératoire, suffit à remettre en activité l'extenseur. Il nous est cependant arrivé chez certains adolescents ayant un pouce raide, de faire une plicature de l'extenseur au dos de l'articulation métacarpo-phalangienne, afin de simplement le retendre, en association avec la libération du premier espace et maintenue par un appareillage post-opératoire. Nous n'avons jamais eu à réaliser d'arthrodèse métacarpo-phalangienne dans nos cas pédiatriques, mais cela peut être une indication dans les flessus importants et totalement fixés vus tardivement, associée systématiquement à la libération du premier espace.

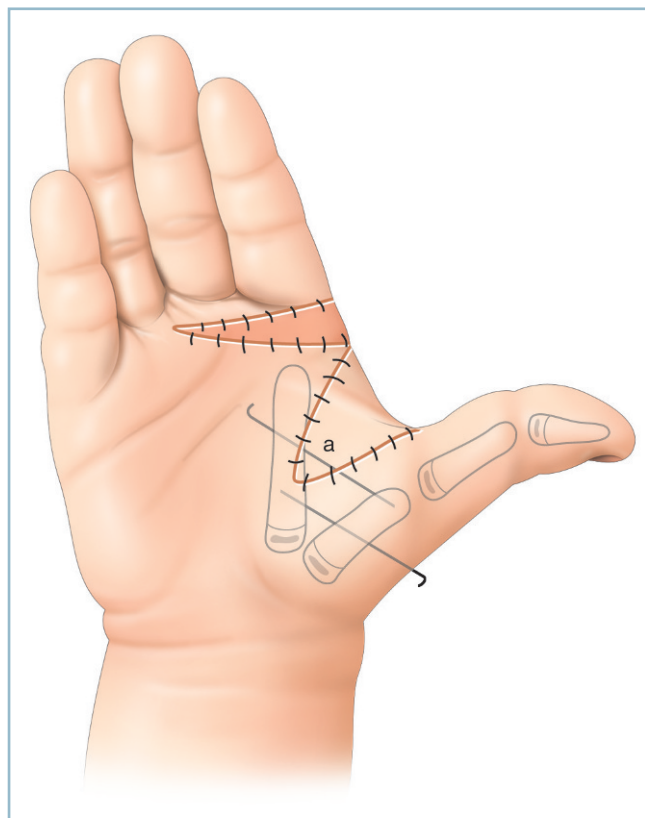
Si après un temps d'appareillage et de rééducation, l'extension du pouce n'est pas redevenue active, il est possible de réaliser un transfert d'extension, en utilisant un muscle actif, ce qui diffère d'un enfant à l'autre dans les arthrogryposes (muscle extenseur propre de l'index, ou muscle premier radial par exemple).

Cette situation peut également se rencontrer dans les pouces flexor type 3, par agénésie du court et long extenseur. Elle s'accompagne d'un déficit d'extension de l'index et est une autre entité. Le transfert de l'extenseur propre de l'index est donc contre-indiqué. Les constatations opératoires sont des tendons de l'extenseur pollicis longus, de l'extenseur pollicis brevis et parfois même l'extenseur propre de l'index, très grêles, réduits à l'état de petit reliquat fibreux, avec un corps musculaire absent ou hypoplasique. Dans cette situation, il est nécessaire de réaliser un transfert tendineux utilisant soit le muscle premier radial, soit le tendon du fléchisseur superficiel du quatrième doigt.

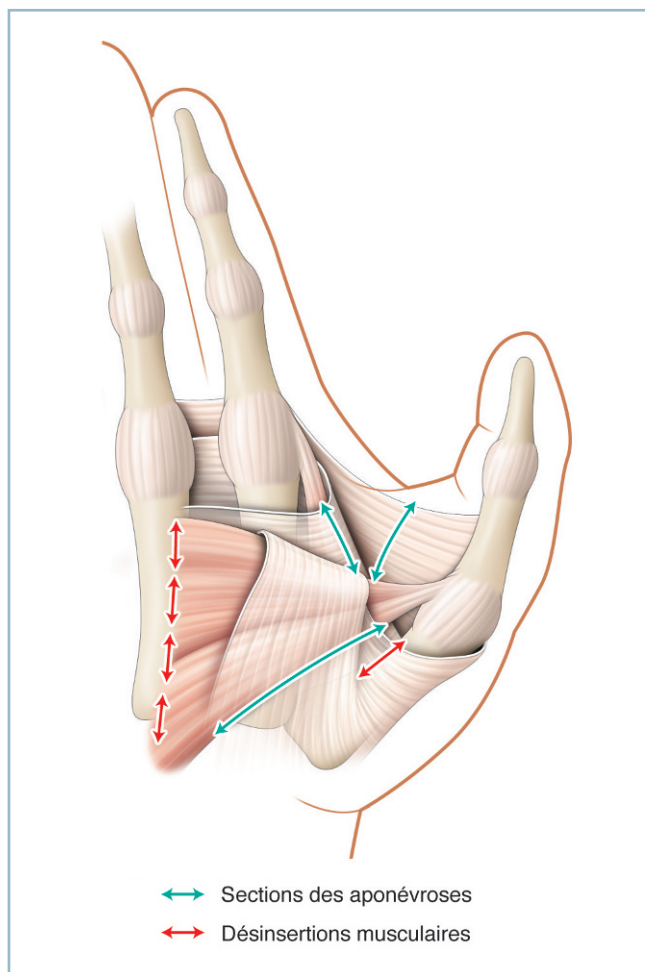
Lorsque ces enfants ont été opérés, il faut rester vigilant pendant toute la croissance, car, à l'instar des camptodactylies, lors des fortes poussées de croissance notamment à la puberté, le problème est susceptible de récidiver et il ne faut pas hésiter à faire porter une attelle dynamique nocturne quelques mois par an pour passer un cap, ce que les parents et l'enfant comprennent souvent très bien.



a



c



b

27.5 a. Incisions cutanées pour une libération musculaire commissurale, prévoyant à l'avance le lambeau cutané de couverture.

b. Libération de la première commissure par section à la demande, des différentes aponévroses, associées ou non à des désinsertions extra-périostées des muscles thénariens (muscle adducteur du pouce), et du muscle premier interosseux dorsal.

c. Après libération, le lambeau est mis en place, et l'ouverture est éventuellement maintenue par un brochage temporaire.

Pièges à éviter

- Faire une plastie cutanée isolée sans tenir compte des rétractions des éléments aponévrotiques.
- Ne pas maintenir l'ouverture obtenue par une attelle sur mesure.

Astuces

- Respecter les colorations et trophicité cutanée dans les lambeaux de couverture.
- Ne pas hésiter à maintenir l'ouverture commissurale obtenue par un brochage temporaire.

Bibliographie

- [1] McCarroll HR Jr. Congenital flexion deformities of the thumb. *Hand Clinics* 1985 ; 1 : 567-76.
- [2] Mih AD. Congenital clasped thumb. *Hand Clinics* 1998 ; 14 : 77-84.
- [3] Weckesser EC, Reed JR, Heiple KG. Congenital clasped thumb (congenital flexion adduction deformity of the thumb). A syndrome, not a specific entity. *J Bone Joint Surg Am* 1968 ; 50 : 1417-28.

Duplications du pouce de types 1, 2 et 4

On pourrait imaginer que le traitement des duplications du pouce est simple, et qu'il suffirait de faire l'exérèse du pouce surnuméraire pour obtenir un résultat satisfaisant. Il faut toujours se rappeler qu'aucun des deux pouces n'est strictement normal dans une duplication, et lorsque l'exérèse du pouce le plus hypoplasique est faite, il faut ensuite reconstruire au mieux le pouce restant car il est lui-même hypoplasique et faire en sorte qu'il reste aligné et fonctionnel lors de la croissance. Toute instabilité, toute désaxation laissée en place est susceptible de s'aggraver. La chirurgie elle-même peut être source de désaxations et d'instabilités évolutives, qui sont à l'origine de déformations complexes difficiles à reprendre à l'âge adulte. La technique chirurgicale découle de façon pragmatique de la classification de Wassel (figure 28.1). On rappelle qu'elle indique le siège de la duplication, de distal en proximal de 1 à 6 : les types impairs désignent une duplication diaphysaire, les types pairs désignent un niveau de duplication articulaire. Ainsi le type 4, de loin le plus fréquent, est une duplication au niveau de l'articulation métacarpo-phalangienne, et mérite un soin thérapeutique particulier. Le type 7 associe une triphalangie de l'un des deux pouces, voire des deux, et la technique doit prendre en compte ce problème supplémentaire.

L'âge idéal pour l'intervention se situe entre huit et douze mois, car l'enfant commence à utiliser la pince fine pulpaire pollici-digitale vers l'âge de huit à dix mois. Il n'y a aucun bénéfice à opérer avant six mois, car cela pose davantage de difficultés techniques et anesthésiques. À l'inverse, on peut opérer les enfants plus tardivement, voire à l'âge adulte en sachant que la technique sera souvent plus complexe.

Il est bon, quelle que soit la forme, de respecter certains principes fondamentaux :

- dans les formes articulaires (types 2, 4, 6, 7) la conservation d'un lambeau capsulo-périosté est essentielle et permet de reconstruire le plan ligamentaire latéral ou médial après exérèse du pouce anormal, évitant ainsi l'instabilité articulaire secondaire, fortement préjudiciable à la fonction ;
- il est important de traiter toutes les déviations osseuses existantes en un temps, pour qu'elles ne s'aggravent pas

avec la croissance. Leur traitement secondaire est souvent plus complexe et imparfait ;

- il faut vérifier le bon centrage des tendons conservés, particulièrement du long fléchisseur du pouce, car un moment d'action anormal, latéralisé ou médialisé, entraînera une clinodactylie et un trouble de rotation évolutifs ;

- enfin il faut éviter de créer une lésion iatrogène, sur la peau (bride) ou sur les cartilages de croissance lors de la fixation du lambeau capsulaire. Pour cette raison il faut éviter les cicatrices latérales et les lambeaux en raquette prélevés sur le pouce sacrifié car ils sont responsables après plusieurs années de cicatrices profondes, qui prennent la corde de l'arc et sont source également de clinodactylie progressive.

TECHNIQUE OPÉRATOIRE

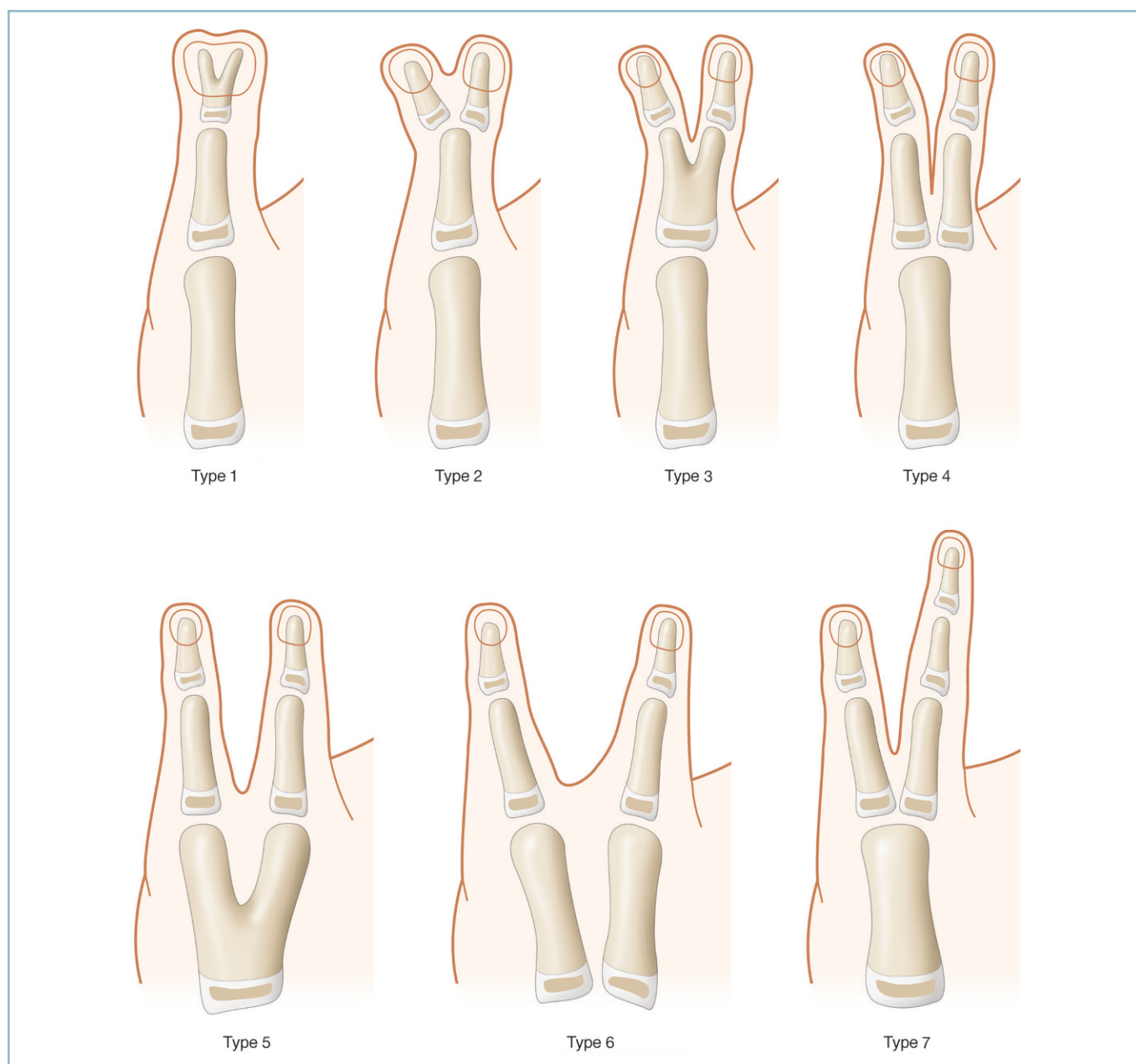
Certains principes sont communs à l'ensemble des formes de duplications. L'intervention a lieu sous garrot pneumatique à pression contrôlée (150 à 200 mm Hg selon l'âge), sur une table à bras, avec des instruments adaptés à la chirurgie fine. Il est utile de s'adjoindre un moyen optique grossissant. Avant l'âge de deux ans, les ostéotomies sont faites à la lame de bistouri 15, éventuellement avec une petite lame de Pauwells fine et étroite. Les ostéotomies sont fixées par une broche axiale, de 8 ou 10/10 de diamètre, au moteur rapide adapté aux ostéosynthèses fines (type moteur à main à verrouillage automatique des broches) et sous amplificateur de brillance. Toutes les sutures cutanées sont effectuées au vicryl rapide 5/0 ou 6/0, et le premier pansement n'est pas fait avant 10 jours en l'absence d'ostéosynthèse. En post-opératoire les enfants de moins de deux ans sont immobilisés dans un plâtre type brachio-ante-brachio-palmaire, bien cotonné, en résine souple s'il y a une broche, pour une durée de 4 à 6 semaines afin d'éviter toute sollicitation excessive des réparations ligamentaires et de l'ostéosynthèse.

TRAITEMENT CHIRURGICAL DES TYPES 1 ET 2

Dans ces formes distales le problème essentiel est la reconstruction de l'appareil unguéal.

Formes Wassel 1

Les duplications de P2 distale, non articulaires ne sont pas toujours chirurgicales. Certaines formes sont occultes avec un ongle simplement élargi, et la radio montre une deuxième phalange bifide ou en « duckbill » (deux pha-



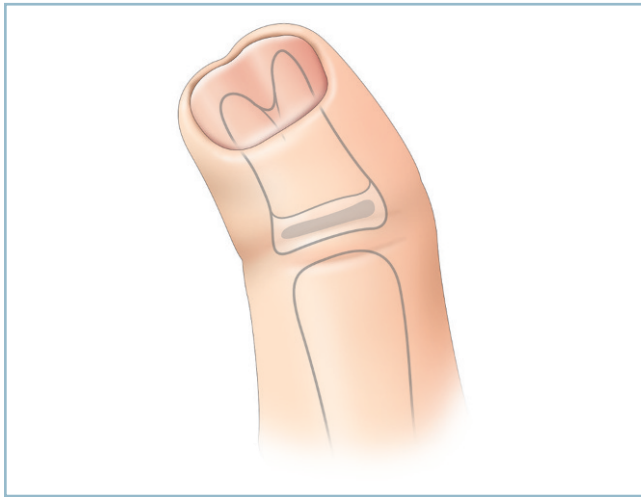
28.1 Classification de Wassel. Les types pairs correspondent à une duplication d'origine articulaire, alors que les types impairs sont des duplications diaphysaires. Le type 7 est une entité particulière, correspondant à une triphalangie sur l'un ou les deux pouces. Il faut noter la dystrophie unguéale présente parfois dans les types 1 ou 2.

langes distales accolées avec un petit pertuis central d'où le nom de bec de canard) (figure 28.2). La demande est souvent formulée pour les jeunes filles, et le geste le plus adapté est une réduction latéro-longitudinale de l'appareil unguéal et des deux replis latéro-pulpaire à visée esthétique. Il vaut mieux souvent ne pas chercher à réduire la phalangette bifide (figure 28.3).

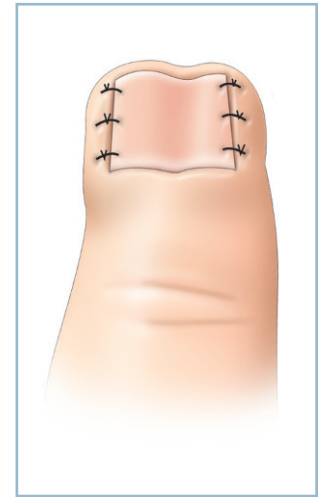
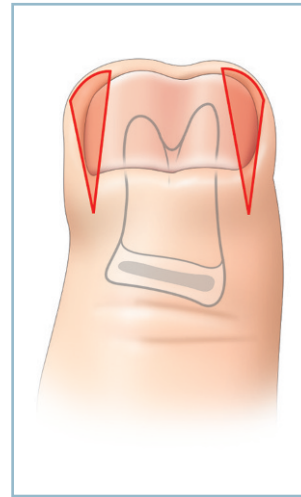
Formes Wassel 2

Dans les formes déséquilibrées, asymétriques, le pouce le plus hypoplasique et le moins fonctionnel (souvent radial) est sacrifié. L'ongle peut être unique ou double.

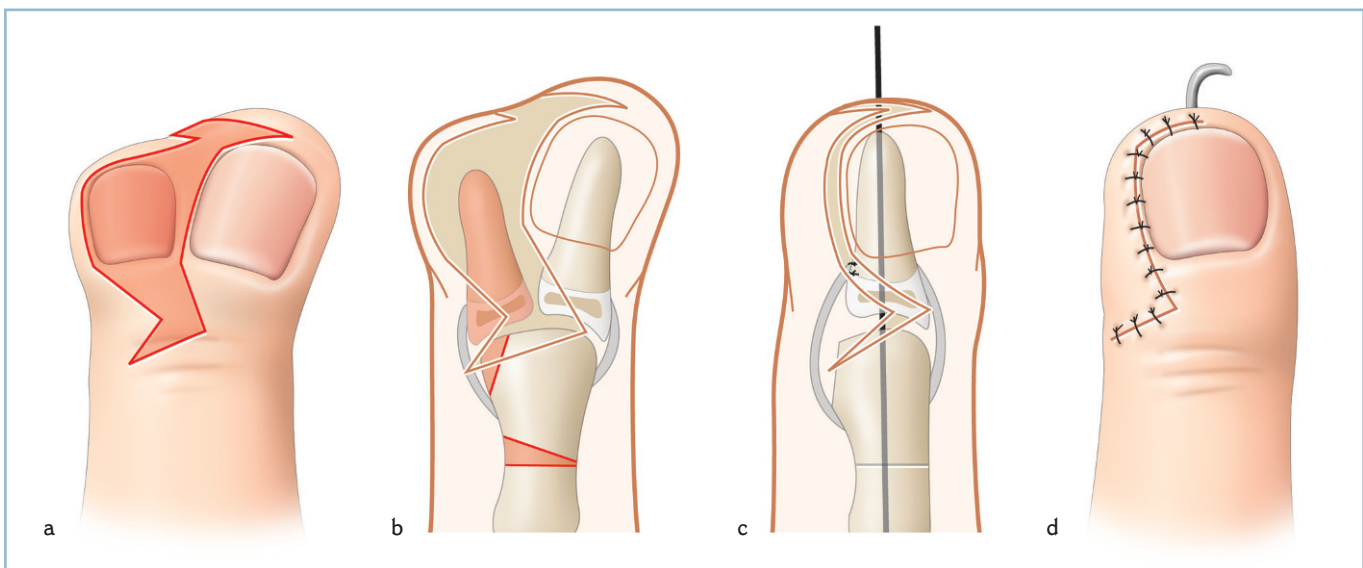
Nous conseillons d'éviter l'incision en raquette latéro-pulpaire levée sur le pouce sacrifié, car ce lambeau crée une cicatrice latérale profonde et une bride secondaire sur l'IP,



28.2 Duplication de type 1, avec aspect élargi de l'angle, et bifidité de la deuxième phalange.



28.3 En cas d'ongle élargi de manière homogène, on peut réduire sa largeur par résection latéro-pulpaire incluant la matrice, soit sur un seul bord, soit sur les deux.



28.4 Lorsque la duplication est asymétrique, il faut faire une incision brisée réséquant l'excédent cutané et la totalité de l'appareil unguéal (a), puis réséquer la phalange surnuméraire, en pratiquant si nécessaire une ostéotomie de la tête de P1 (b). On recentre la phalange restante en fixant le tout par une broche axiale, et en suturant le ligament collatéral (c), puis la suture cutanée permet la réduction des parties molles (d).

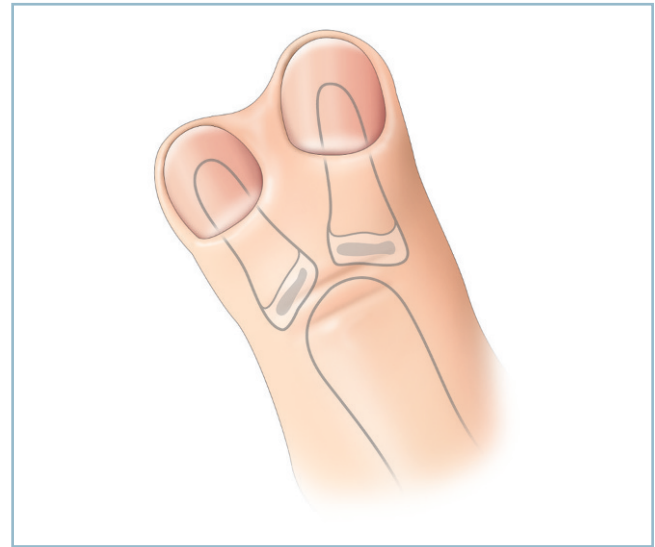
ainsi que sur le bord de l'ongle. Une seule voie dorsale brisée est dessinée au milieu de la duplication. La peau est décollée au ras du plan tendineux sur le pouce sacrifié et l'IP est visualisée (*figure 28.4a*). On pratique une arthrotomie dorsale verticale, pour visualiser l'épiphyse de P2 du pouce surnuméraire. On peut ainsi réséquer l'ensemble de la phalange dupliquée, en prenant soin de conserver l'insertion proximale sur la tête de P1 du ligament collatéral, afin de pouvoir le réinsérer. Il est souvent nécessaire de réduire aussi le condyle latéral du côté du pouce sacrifié,

si la surface articulaire a une double pente. En faisant ce geste il faut garder la continuité périostée au col de P1 et lever un lambeau capsulo-périosté latéral sur le pouce sacrifié pour reconstruire le plan latéral de l'interphalangienne restante (*figure 28.4b*).

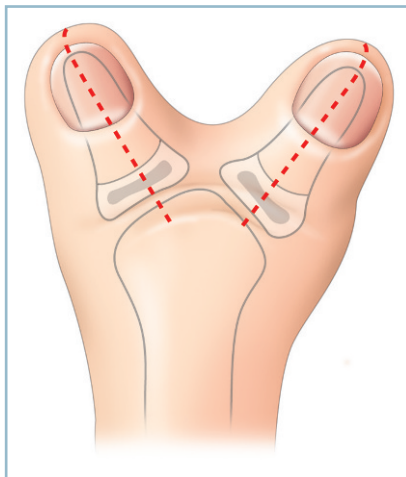
Si l'interphalangienne du meilleur pouce préservé est oblique, il faut la réaxer dans ce temps opératoire et ne pas négliger une déviation qui sera susceptible de s'aggraver. Une petite ostéotomie de soustraction est faite au col de P1 en gardant une charnière. L'ostéotomie est fixée par une

broche axiale fine (de 8/10^e) trans-IP laissée 4 à 6 semaines. Le lambeau capsulo périosté est apposé sur la face latérale de l'interphalangienne sans tension par un seul point léger de fil monobrin fin en évitant le cartilage de croissance de P2 (risque d'épiphysiodèse ou de bride profonde) (*figure 28.4c*). L'excédent cutané est ramené de palmaire en dorsal et les recoupes sont effectuées à la demande à ce moment seulement, pour retrouver une seule suture brisée dorsolatérale sur le pouce reconstruit (*figure 28.4d*).

L'intervention de Bilhaut Cloquet ne se discute véritablement que si la duplication est distale, symétrique (*figure 28.5*), et que les deux ongles sont chacun très hypoplasiques (de largeur inférieure aux deux tiers d'un ongle normal). Cette technique consiste à faire une résection centrale des tissus mous, de l'os et de l'interphalangienne des deux hémipouces médians et de reconstruire un pouce unique en rapprochant les deux hémipouces latéraux par une ostéosuture ou une synthèse par broche, puis une suture fine de l'appareil unguéal (*figure 28.6*). Les inconvénients de cette technique sont un enraidissement de

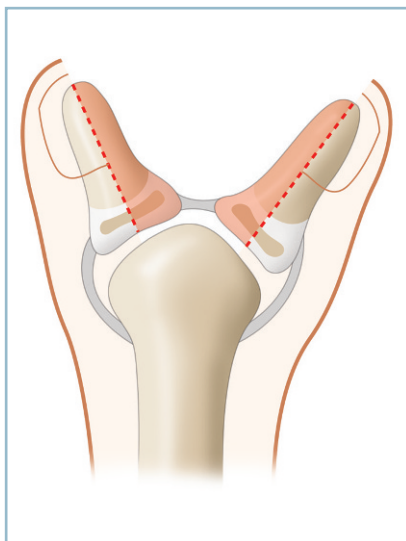


28.5 Duplication Wassel 2, avec hypoplasie symétrique des phalanges et des ongles.

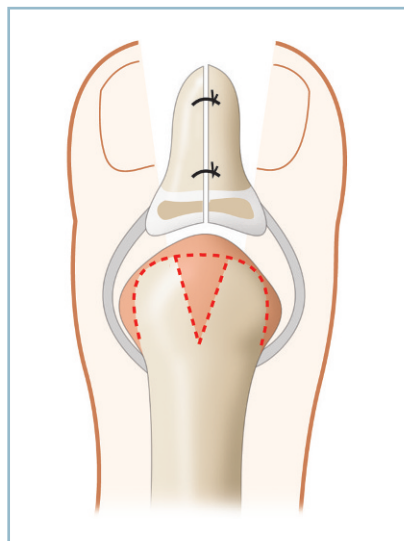


a

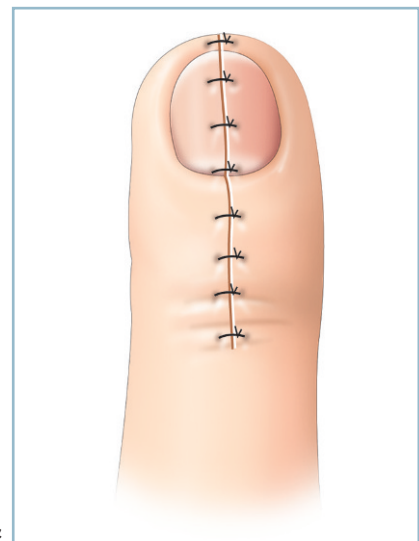
28.6 Intervention de Bilhaut-Cloquet, utilisée dans les types Wassel 1 et 2, comportant une résection médiane qui emporte les parties molles, une partie du lit unguéal, et les deux moitiés opposées des phalanges distales (a et b). Le rapprochement est ensuite effectué, par suture des différents éléments (c), et la tablette unguéale retaillée en dernier (d).



b



c



d

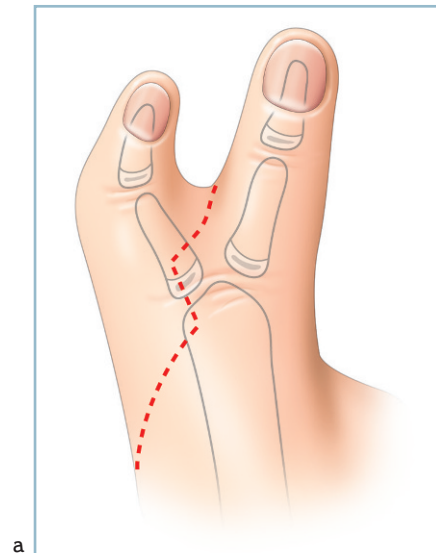
l'interphalangienne par incongruence articulaire et par une mise en tension importante des ligaments latéraux. D'autre part la suture médiane de la matrice et du lit de l'ongle laisse dans le meilleur des cas une cannelure, sinon une fissure distale ou totale de la tablette, des synéchies du repli proximal ou de l'hyponychium et un ongle à double convexité (*figure 28.6d*).

Le traitement chirurgical des formes proximales comporte plusieurs risques : l'instabilité articulaire métacarpo-phalangienne et les déformations en Z de la métacarpo-phalangienne et de l'inter-phalangienne, parce que les désaxations osseuses ou tendineuses n'ont pas été traitées per primam, ou iatrogènes (brides cutanées ou profondes,

épiphysiodèses), et enfin dynamiques parce que le muscle long fléchisseur du pouce a un moment d'action latéral et n'a pas été recentré. Il faut donc prendre ces points en compte.

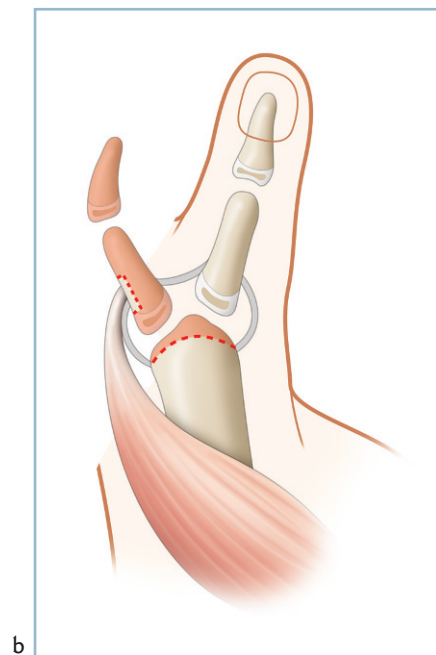
Formes Wassel 4

Les principes sont les mêmes que pour les Wassel 2 : on réalise une seule incision dorso latérale, brisée sur les inter-lignes articulaires pour éviter les brides latérales profondes. Dans les formes dites divergentes, l'articulation métacarpo-phalangienne est exposée et les deux épiphyses de P1 sont séparées verticalement au bistouri lame de 15, le condyle

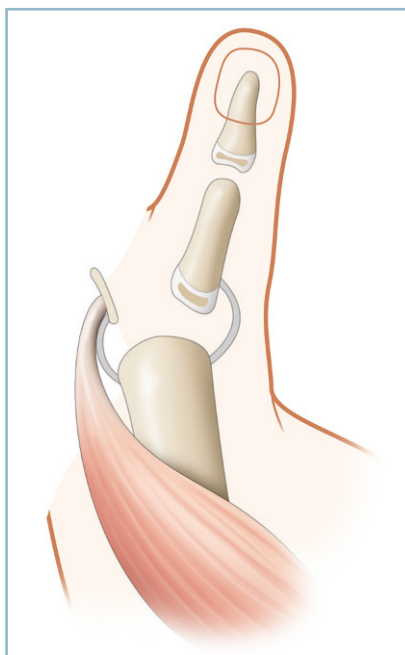


a

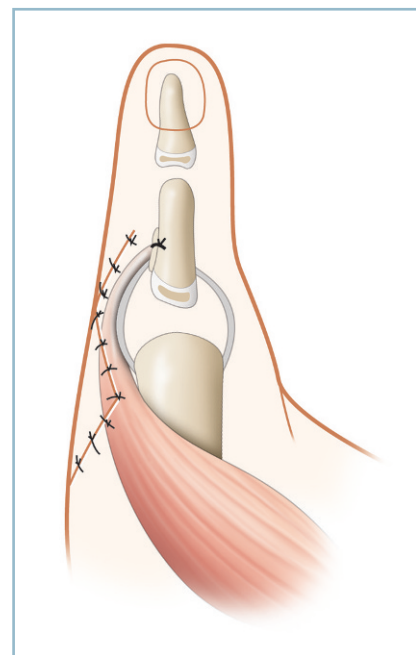
28.7 Résection du pouce hypoplasique dans une duplication Wassel 4 de forme divergente (*a*), en conservant un lambeau capsulo-périosté (*b*), qui est réinséré avec les muscles thénariens pour stabiliser l'articulation métacarpo-phalangienne (*c* et *d*). Il est parfois nécessaire de réaliser un remodelage de la tête du premier métacarpien à l'aide du bistouri.



b



c

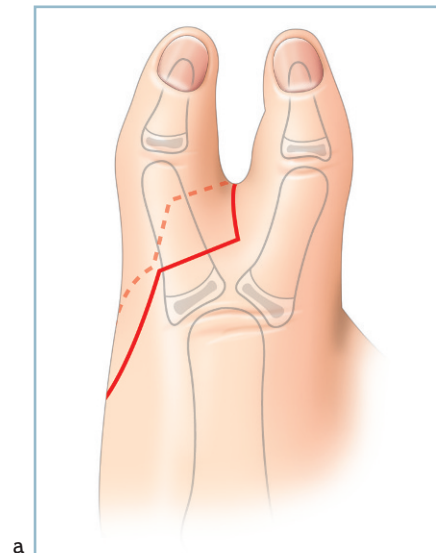


d

en regard du pouce sacrifié est recoupé, en préservant un lambeau capsulo périosté au bord latéral de ce dernier, pour stabiliser le plan latéral du pouce reconstruit. En fin d'intervention ce lambeau sera apposé par une seule suture fine sur la première phalange en aval de la plaque de croissance, sans tension excessive. L'insertion de l'abducteur est déplacée avec le lambeau capsulo-périosté. La séparation de la duplication faite, le pouce le plus hypoplasique est progressivement extrait en faisant le bilan artériel (il n'y a souvent que deux artères en tout pour les deux pouces), et surtout tendineux (*figure 28.7*). Il est souvent nécessaire d'abréger la tête cartilagineuse du premier métacarpien à l'aide du bistouri froid, afin de lui redonner une forme harmonieuse hémisphérique, car sa forme initiale dans les

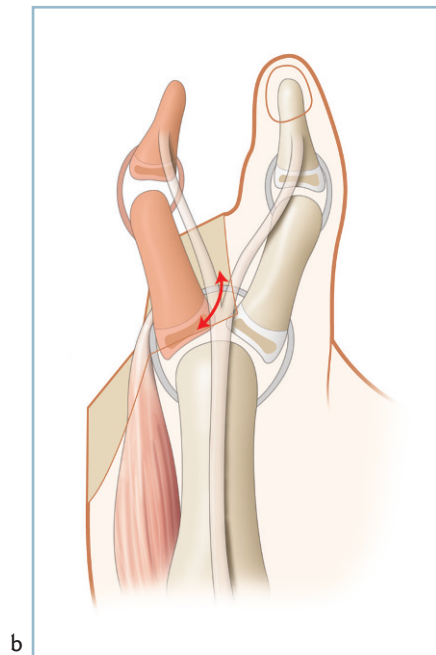
formes divergentes est dite en « accent circonflexe » ou en « chapeau chinois ».

Le contingent de l'extenseur est simplement réséqué, en revanche le tendon fléchisseur du pouce mérite une attention particulière. Dans les formes dites « en pince », convergentes, le fléchisseur est souvent en Y et se trouve au milieu de la duplication, prenant la corde de l'arc au niveau de l'articulation inter-phalangienne. Il faut le cliver loin en proximal et bien réséquer le contingent pour le pouce sacrifié en évitant un conflit sous la poulie proximale. L'insertion distale du long fléchisseur du pouce est souvent excentrée, de sorte que les deux hémitemdons s'insèrent en miroir sur le versant médial de chaque pouce. Si on ne recentre pas le tendon, il y aura, même avec une ostéotomie, une cli-

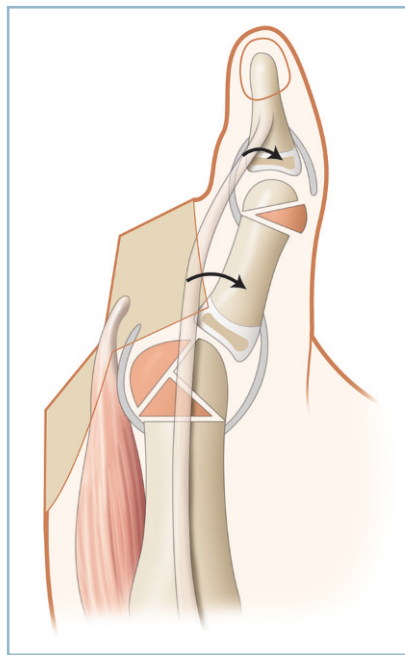


a

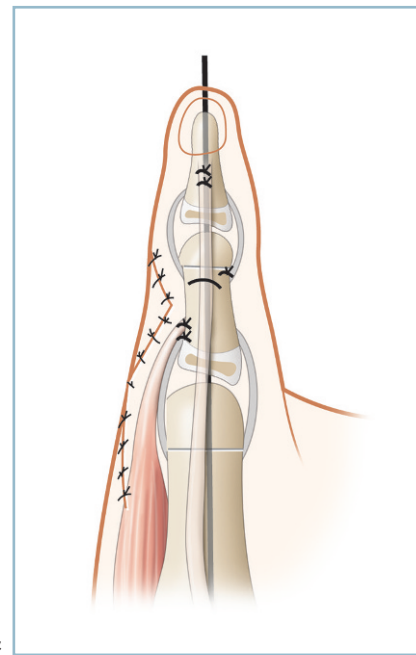
28.8 Dans les formes Wassel 4 convergentes (a), après résection du pouce surnuméraire (b), il est nécessaire de traiter l'ensemble des déformations osseuses en 1 temps par des ostéotomies multiples, tout en recentrant le tendon du long fléchisseur du pouce (c), celui-ci prend habituellement la corde, et est responsable en partie de la clinodactylie. Le pouce est ensuite fixé transitoirement par une broche axiale (d).



b



c



d

nodactylie progressive et un trouble de rotation secondaire. Il faut donc lever la moitié la plus latéralisée de l'insertion du tendon du long fléchisseur du pouce avec un lambeau périosté de P2 et le retourner sur lui-même, sans interrompre sa continuité, pour le recentrer à la face palmaire de P2. La suture est faite par la courte voie d'abord située sur la convexité du pouce en Z, effectuée pour l'ostéotomie du col de P1 (*figure 28.8*).

Parfois enfin la poulie proximale est absente ou située au centre de la duplication, commune pour les deux tendons. La poulie est recentrée ou reconstruite de novo en utilisant si besoin le périoste local. La peau en excès est ramenée sur le pouce principal, les recoupses sont faites à la demande pour obtenir une cicatrice finale unique dorsolatérale.

Il ne faut pas tolérer d'interligne oblique résiduel métacarpo-phalangien ou inter-phalangien car il n'y aura aucune correction de l'axe du pouce au cours de la croissance : au contraire la clinodactylie ira en s'aggravant. Deux ostéotomies étagées sont souvent nécessaires : l'une de soustraction au col du premier métacarpien, l'autre de soustraction au versant opposé du col de P1 par un court abord direct sous périosté. L'ensemble est protégé par une broche axiale fine (8/10) trans inter-phalangienne et métacarpo-phalangienne laissée le moins longtemps possible (quatre semaines chez l'enfant jeune).

On le voit, toutes ces difficultés techniques expliquent que certains résultats de duplication Wassel 4, surtout des formes très convergentes dites « en pince », ne soient pas si bons avec le recul et justifient parfois une reprise chirurgicale ultérieure.

Pièges à éviter

- Ne pas faire d'incision cutanée en raquette sur le bord latéral du pouce à exciser, car cela est source de brides cutanées ultérieures.
- Ne pas négliger les déformations osseuses ou tendineuses associées.

Astuces

- Analyser la déformation initiale afin d'adapter la technique chirurgicale selon chaque type de duplication.
- Recentrer l'articulation métacarpo-phalangienne par la suture du lambeau capsulo-périosté et réaliser un remodelage cartilagineux de la tête de M1 dans les types 4 divergents, en particulier lorsque la tête de M1 a une forme en « chapeau chinois ».
- Recentrer l'articulation métacarpo-phalangienne par des ostéotomies, et par l'ajustement du tendon du long fléchisseur du pouce dans les types 4 convergents.

Bibliographie

- [1] Wassel HD. The results of surgery for polydactyly of the thumb. *Clin Orthop* 1969 ; 64 : 175-793.
- [2] Bilhaut M. Guérison d'un pouce bifide par un nouveau procédé opératoire. *Congrès Français de Chir* (4 sessions 1889) 1890 ; 4 : 576-80.
- [3] Journeau P, Dautel G. Anomalies congénitales du pouce. *Encycl Med Chir Pédiatrie*, 4-005-C-10, 2005.

Pollicisation de l'index

G. DAUTEL, S. BARBARY

La pollicisation de l'index est une intervention consistant à créer un pouce à partir de l'index, stratégie qui s'envisage dans les hypoplasies congénitales graves ou les aplasies du pouce. L'aplasie ou l'hypoplasie du pouce se rencontrent dans plusieurs contextes malformatifs différents. Dans les mains botes radiales, les anomalies du pouce sont l'expression sur la main de l'hypoplasie touchant aussi le rayon latéral de l'avant-bras (hypoplasie ou aplasie du radius). Une hypoplasie ou aplasie du pouce peut aussi se rencontrer isolément, sans aucune malformation associée de l'avant-bras.

En 1937, Muller [1] a initié les bases de la première description des hypoplasies du pouce. Nous utilisons aujourd'hui la classification en cinq stades qui a été proposée par Blauth en 1967 [2] (tableau 29.1) :

- type I : le pouce est simplement d'une longueur et d'une circonférence inférieure à celle du pouce controlatéral, il n'y a aucun retentissement fonctionnel. Toutes les structures musculaires, ligamentaires, tendineuses sont présentes, et compétentes. Aucun traitement n'est requis à ce stade ;

- type II : le pouce est aussi plus petit et plus grêle que le pouce controlatéral, toutes les pièces squelettiques carpiennes, métacarpiennes et phalangiennes sont présentes, même si elles sont un peu plus grêles que du côté controlatéral. Les muscles hypothénariens sont hypoplasiques, et l'ouverture de la première commissure est plus restreinte que du côté opposé ;

- type III : ces types ont en commun une composante accrue d'hypoplasie sur les pièces squelettiques, les muscles thénariens sont absents, et les tendons fléchisseurs et extenseurs extrinsèques sont grêles, rudimentaires, voire absents. Manske et McCarroll [3] ont proposé de subdiviser à leur tour ce type III en deux sous-groupes, selon la situation de l'articulation carpo-métacarpienne. Cette distinction est toujours d'actualité, et reste essentielle pour comprendre la hiérarchie des indications chirurgicales dans ce type III :

- type IIIA : toutes les caractéristiques du type III existent, mais l'articulation carpo-métacarpienne du pouce est présente sur les radiographies,

- type IIIB : à ce stade, l'articulation trapézo-métacarpienne est absente ;

- type IV : le pouce est dit « flottant », rattaché à la main seulement par une charnière de parties molles contenant les éléments pédiculaires ;

- type V : il correspond à l'aplasie du pouce.

Tableau 29.1 Classification de Blauth des hypoplasies du pouce.

	Type 1	Type 2	Type 3 A	Type 3 B	Type 4	Type 5
Taille du pouce	Discrète hypoplasie	Hypoplasie	Hypoplasie	Hypoplasie	Hypoplasie sévère (pouce flottant)	Aplasia complète
Squelette	Os tous présents parfois hypoplasiques	Os tous présents toujours hypoplasiques	Os tous présents toujours hypoplasiques (notamment trapézo-métacarpienne stable)	Absence base premier métacarpien (instabilité trapézo-métacarpienne)	Absence base premier métacarpien, trapèze et scaphoïde	Aplasia complète
Muscles extrinsèques	Normaux	Normaux	Anomalies des tendons long fléchisseur et long extenseur	Anomalies des tendons long fléchisseur et long extenseur	Tous absents	Aplasia complète
Muscles intrinsèques	Court abducteur et opposant hypoplasiques	Court abducteur et opposant hypoplasiques ou absents	Court abducteur et opposant absents ou très hypoplasiques	Court abducteur et opposant absents ou très hypoplasiques	Tous absents	Aplasia complète
Ligaments	Normaux	Instabilité ulnaire métacarpo-phalangienne	Instabilité ulnaire et radiale métacarpo-phalangienne	Instabilité ulnaire et radiale métacarpo-phalangienne	Absents	Aplasia complète
Première commissure	Normale	Étroite et peu profonde	Étroite et peu profonde	Étroite et peu profonde	Inexistante	Aplasia complète

INDICATIONS DANS LES HYPOPLASIES ET APLASIES DU POUCE

Le recours à une pollicisation de l'index se conçoit aux stades V (aplasie), IV (pouce flottant) et IIIB (hypoplasie profonde comportant une agénésie de l'articulation carpo-métacarpienne de premier rayon). Si, dans le stade I, l'abstention est la règle, au stade II et IIIA, l'attitude dépend des demandes de l'enfant et de la famille. La chirurgie, si elle doit intervenir à ce stade, consiste en un programme d'amélioration du pouce existant, passant par la réalisation de plasties de commissures et/ou de transferts musculaires pour améliorer l'opposition, associés à une stabilisation de l'articulation métacarpo-phalangienne [4]. Dès le stade IIIB, nous sommes partisans de la réalisation d'une pollicisation de l'index, considérant que l'hypoplasie du pouce est trop marquée pour qu'une reconstruction du doigt « natif » aboutisse à une solution fonctionnellement satisfaisante. Néanmoins, il est des cas d'hypoplasie de grade IIIB où la pollicisation de l'index n'est pas acceptée par la famille qui poursuit l'objectif inconditionnel de l'obtention d'une main à cinq doigts. Dans ces circonstances, le recours à un transfert microchirurgical ostéo-articulaire à partir d'orteil a pu être proposé [5-8], mais la plupart des auteurs semblent confirmer que les résultats de cette chirurgie en plusieurs temps restent en deçà de ceux obtenus par la pollicisation d'un index.

L'évaluation de ces enfants en pré-opératoire est purement clinique. Le point essentiel à évaluer est la souplesse de la chaîne digitale à polliciser, en particulier dans les mains botes radiales où une composante de raideur des articulations interphalangiennes est souvent présente, à même de grever le résultat fonctionnel final de la pollicisation. Lorsque l'enfant a déjà pris l'habitude, en l'absence de pouce « fonctionnel », d'utiliser une pince de substitution latéro-latérale entre l'index et le troisième doigt, c'est autant de chemin déjà fait dans le sens de l'intégration du futur néo-pouce. Cette chirurgie est réalisée vers l'âge d'un an, à un moment où tous les automatismes concernant l'usage des pinces pollici-digitales ne sont pas encore totalement ancrés.

TECHNIQUE CHIRURGICALE

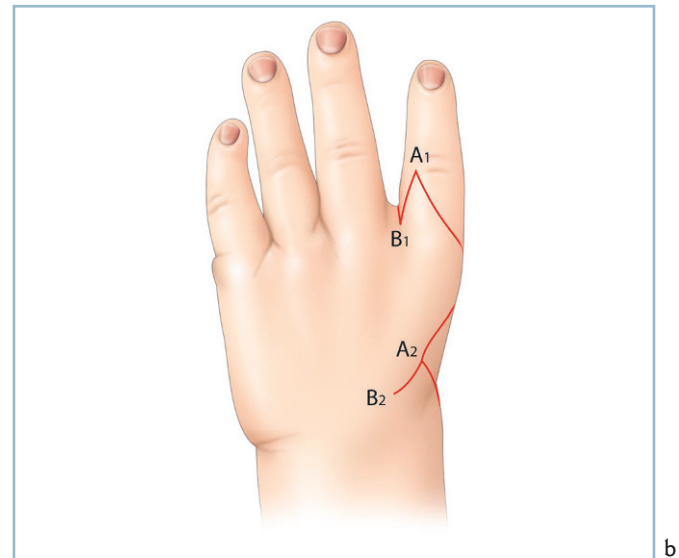
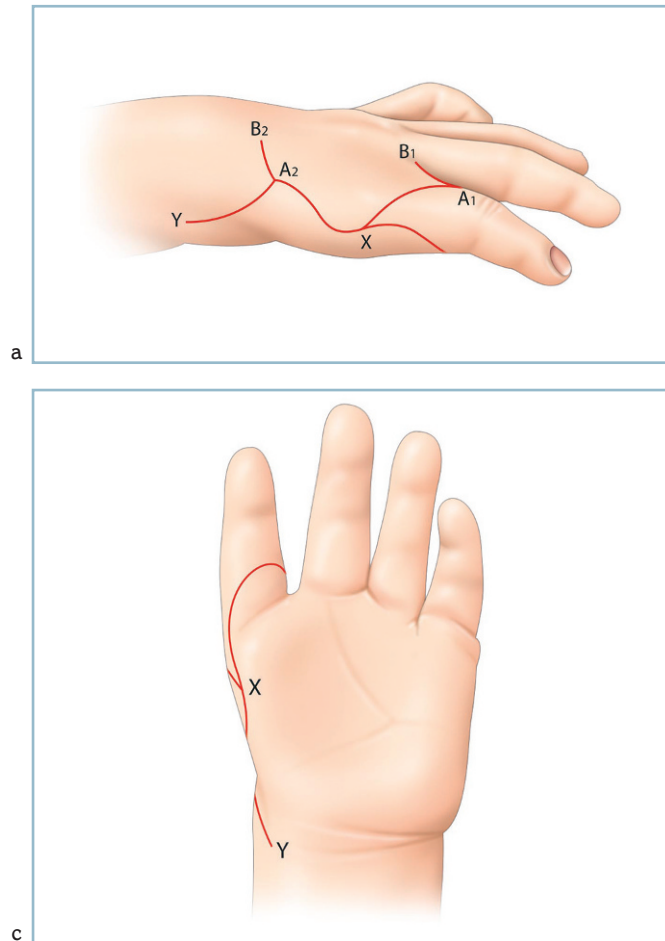
Tracé des incisions

L'incision que nous utilisons dérive de celles proposées par Buck-Gramcko [9] et Blauth [10]. Cette incision circonscrit la base d'implantation de l'index à sa face palmaire, puis se prolonge par un tracé sinusoïdal le long du

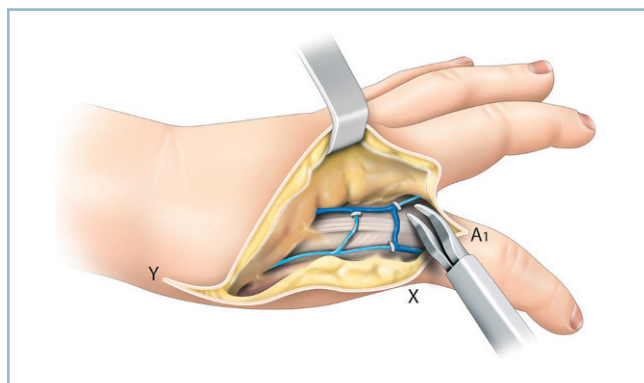
bord radial de la main. Le placement exact de cette incision nous semble un des points les plus difficiles de la pollicisation. Les repères sont essentiels pour ce tracé. Le point Y marque la limite proximale de la dissection. Ce point se situe sur le bord radial de la main, quelques millimètres plus distal que le pli de flexion palmaire du poignet (*figure 29.1*). Le large lambeau palmaire bilobé délimité par l'incision sinusoïdale est destiné à former le versant palmaire du néo-pouce et de la première commissure. À la face palmaire de l'index, cette incision doit atteindre le pli de flexion de l'interphalangienne proximale. Si cette incision est trop proximale, à travers la première phalange de l'index, ou dans la région du pli de flexion palmaire digital basal, l'effet obtenu sera celui d'un néo-pouce à trois phalanges, trop fin et trop grêle à sa base. Le placement correct de cette incision transversale est donc capital pour le résultat définitif. Le point X ou point d'angle proximal, marquant la limite proximale du lambeau cutané dorsal, est situé sur le bord latéral de l'index en un point qui pourrait représenter le prolongement latéral du pli de flexion palmaire distal de la main. Ce point d'angle va migrer en direction proximale et palmaire lors de la pollicisation pour atteindre sa destination finale représentée par le point Y, limite de l'incision latérale. L'incision A2-B2 est destinée à permettre l'intégration du segment A1-B1. Cette incision est réalisée à la fin de l'intervention, lorsque le néo-pouce est en place.

Dissection de la veine dorsale superficielle de drainage

La dissection débute par la réalisation de l'incision sinusoïdale du bord radial. La berge dorsale est alors soulevée, permettant d'accéder au réseau veineux dorsal superficiel. Une veine dorsale unique est sélectionnée et disséquée pour assurer le retour veineux du néo-pouce. Toutes ses branches collatérales sont ligaturées et sectionnées (*figure 29.2*). La dissection de la veine doit être effectuée sur toute la longueur de cette exposition dorsale et le minimum de tissu graisseux doit être conservé au contact de cette veine, afin de ne pas augmenter le volume du pédicule de l'index, ce qui rendrait délicat le temps ultérieur d'agencement cutané. Les branches sensitives du nerf radial destinées à l'index peuvent être disséquées au cours de la même étape et conservées en continuité. Elles assureront l'innervation sensitive dorsale du transplant. Une fois la veine parfaitement dégagée et réclinée, l'accès devient libre à toutes les autres structures dorsales. L'appareil extenseur de l'index est facilement identifié (extenseur propre et extenseur commun), en vue des étapes ultérieures. L'aponévrose du premier muscle interosseux dorsal est aussi incisée lors de ce temps dorsal.



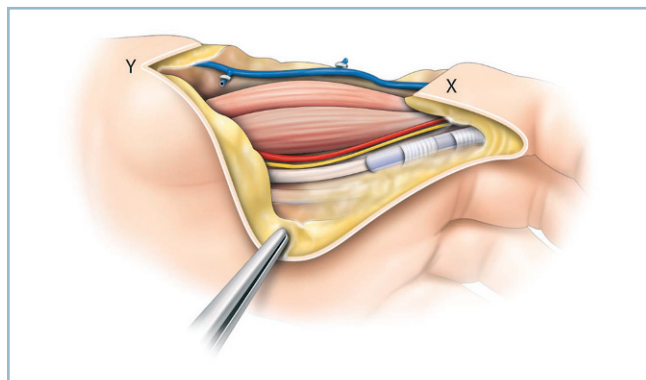
29.1 a. Vue radiale de l'incision : le point X correspondant à l'angle proximal du lambeau dorsal va « reculer » lors de la pollicisation et se trouvera en fin d'intervention en situation Y. Le point X est situé sur le versant dorso-latéral radial de l'interligne MCP, dans le prolongement du pli palmaire distal. Le point Y se situe sur le bord radial de la main, à quelques millimètres du pli de flexion palmaire du poignet.
b. Vue dorsale de l'incision : le tracé « A1-B1 » est destiné à prendre place dans l'incision A2-B2 au terme du recul de l'index. Les longueurs de ces deux segments sont égales.
c. Vue palmaire de l'incision : l'arrondi distal de l'incision atteint le pli de flexion palmaire de l'IPP de l'index.



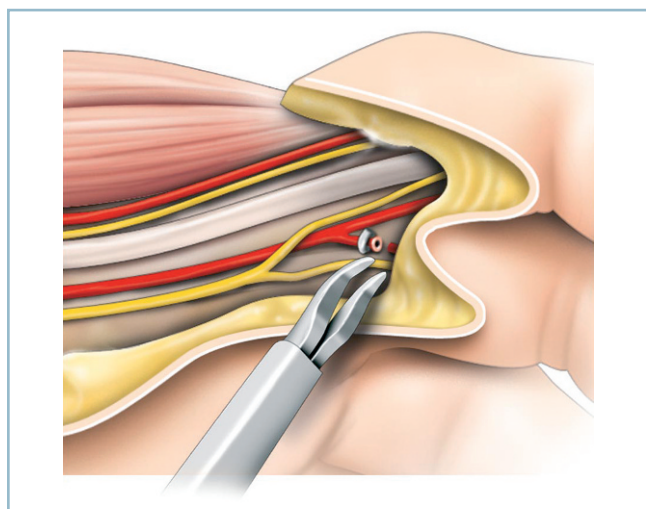
29.2 Temps de dissection dorsale : exposition et dissection de la veine efférente assurant le drainage de l'index pollicisé. Les branches collatérales sont ligaturées, une seule veine est prélevée, assurant la totalité du retour veineux.

Dissection des éléments pédiculaires palmaires

La valve palmaire de l'incision est maintenant soulevée. La dissection débute en distal, à hauteur de la face palmaire de P1 de l'index. La première structure recherchée et disséquée est représentée par le pédicule collatéral palmaire de l'index, côté radial. L'artère, structure la plus dorsale, est repérée, puis le nerf immédiatement palmaire. Ces deux structures doivent être disséquées sur toute la longueur de l'incision palmaire (*figure 29.3*). La dissection se poursuit alors en direction médiale, soulevant le lambeau cutané en regard de la gaine du tendon fléchisseur jusqu'à rencontrer le pédicule collatéral palmaire ulnaire. L'artère et le nerf sont identifiés à hauteur de la phalange proximale, puis suivis de distal en proximal. La dissection de l'artère va alors conduire jusqu'à la division de l'artère digitale commune du deuxième espace. Cette bifurcation en Y est soigneusement identifiée, puis l'artère collatérale palmaire radiale du troisième doigt est ligaturée puis sectionnée (*figure 29.4*). Désormais, l'alimentation artérielle de l'index

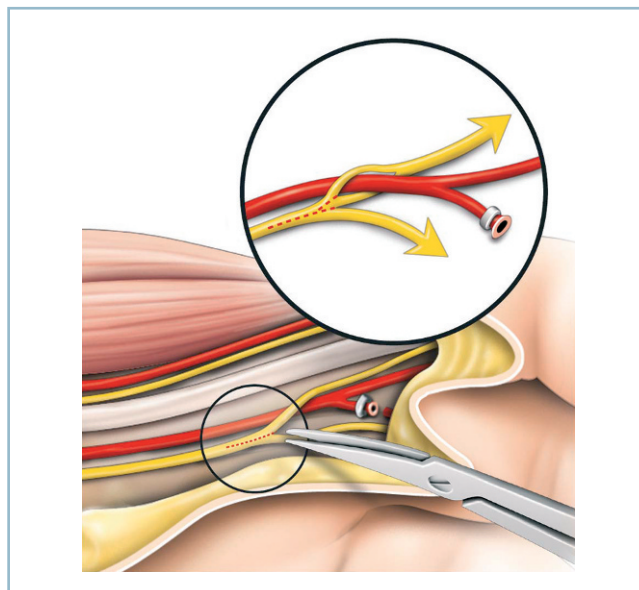


29.3 Temps de dissection palmaire : exposition du pédicule collatéral radial de l'index. L'artère et le nerf sont identifiés, suivis et totalement libérés sur toute leur longueur.



29.4 Temps de dissection palmaire : le pédicule collatéral ulnaire de l'index a été identifié, l'artère collatérale radiale du troisième doigt, issue de la division de l'artère inter-digitale, est sectionnée.

est assurée par l'artère digitale commune du deuxième espace. Pour augmenter la longueur utile globale du pédicule, il faut également réaliser une intra-neuro-dissection sur le nerf digital commun, séparant le contingent fasciculaire destiné à l'index de celui allant vers le troisième doigt (figure 29.5). Une disposition anatomique particulière doit être mentionnée ici et consiste en un passage de l'artère digitale dans un dédoublement du nerf correspondant. On parle alors d'une boutonnière vasculaire et ce type de disposition est susceptible de limiter les possibilités de dissection proximale de l'artère. Si, pour des raisons d'arc de rotation, la dissection doit se poursuivre au-delà de cette boutonnière vasculaire, une des seules solutions est parfois de sacrifier un petit contingent fasciculaire du nerf (figure 29.5, en cartouche).



29.5 Intra-neuro-dissection sur le nerf digital commun du deuxième espace : le contingent fasciculaire destiné à l'index est séparé de celui destiné au troisième doigt. Il existe parfois une boucle vasculaire qu'il est nécessaire de disséquer (en cartouche).

Ouverture de la gaine du tendon fléchisseur

Une fois les structures pédiculaires disséquées, il est facile d'ouvrir longitudinalement au bistouri la gaine du tendon fléchisseur, incision menée de la poulie A1 à la poulie A3. La continuité des tendons fléchisseurs ne sera pas interrompue. À l'inverse de ce qui sera réalisé sur les tendons extenseurs, aucun raccourcissement de ces tendons n'est nécessaire, le corps charnu ayant la possibilité de se rétracter « spontanément » pour s'adapter à la nouvelle longueur de l'index après pollicisation. Notre expérience ne confirme pas les travaux de Bartlett [11], qui considère qu'un raccourcissement des fléchisseurs est utile, susceptible d'optimiser la flexion de l'IP du néo-pouce.

Dissection des muscles intrinsèques

L'étape suivante de la dissection est représentée par l'identification et la libération des deux unités musculo-tendineuses destinées à reconstruire les muscles intrinsèques du néo-pouce. Le muscle premier interosseux dorsal est destiné à reconstruire les muscles thénariens externes, remplaçant le court abducteur du pouce. Le premier muscle interosseux palmaire est destiné à remplacer l'adducteur du pouce. Pour chacun de ces deux transferts musculaires, il convient d'aller sectionner le tendon distal d'insertion le

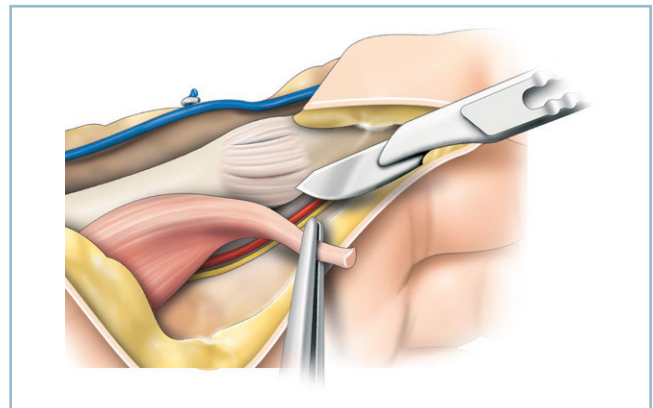
plus loin possible, au niveau où il rejoint la bandelette sagittale de l'appareil extenseur extrinsèque à la face dorsale de P1. Cette technique permettra de disposer d'une languette distale assez longue pour permettre le passage « en lasso » que nous décrirons plus loin, autorisant un raccourcissement extemporané du muscle lors de sa réinsertion distale. Il faut garder à l'esprit que sur le versant latéral du métacarpien, on dissèque un interosseux dorsal, alors que sur le versant ulnaire du métacarpien, la dissection porte sur un interosseux palmaire, plus profondément situé et donc plus difficile d'accès. Pour ces deux muscles, la dissection à hauteur de l'interligne MCP est difficile car il n'existe pas de plan de clivage naturel entre le tendon d'insertion et le plan ligamentaire latéral de la MCP. On progresse donc au bistouri (figure 29.6) en veillant à ne pas léser le plan ligamentaire de l'articulation métacarpo-phalangienne, dont l'intégrité est nécessaire pour permettre la reconstruction de l'interligne carpo-métacarpien du néopouce. Au niveau de leurs insertions proximales, les corps charnus musculaires doivent être clivés du métacarpien en extra-périosté, sur toute la longueur de la future zone de résection osseuse, soit pratiquement jusqu'à la base du métacarpien. Ce clivage doit s'effectuer très soigneusement de manière à ne léser ni le muscle ni son innervation.

Section du ligament intermétacarpien palmaire

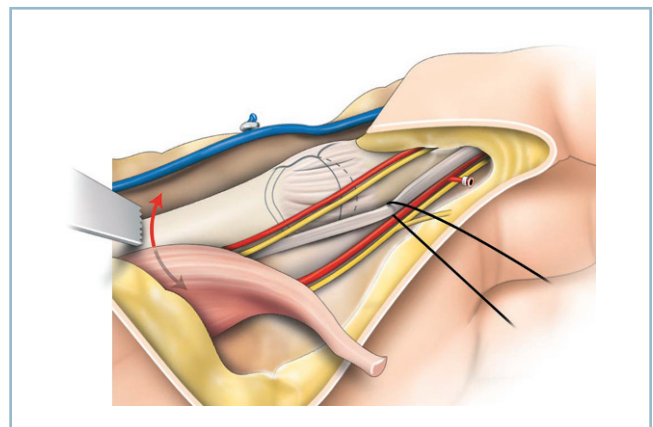
Une fois les deux muscles intrinsèques identifiés et disséqués, une seule structure – le ligament intermétacarpien palmaire – s'oppose encore à la divergence passive entre le deuxième et le troisième métacarpien. L'aide exerce une traction sur l'index en déviation radiale et cette structure ligamentaire est identifiée sur le versant ulnaire du col du second métacarpien. Le ligament est incisé au bistouri, après avoir récliné le pédicule artériel, tout proche.

Ostéotomies

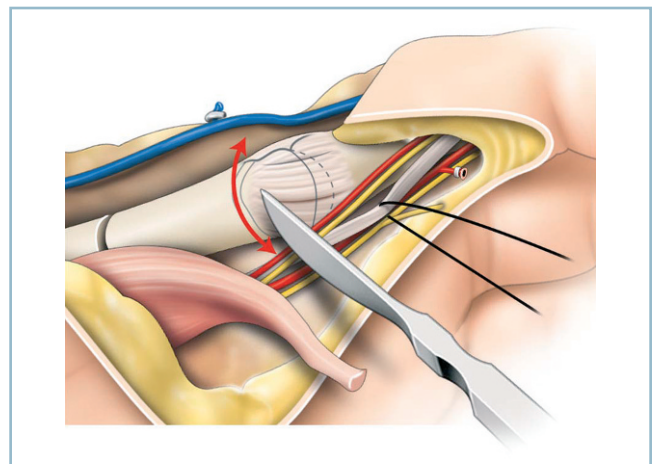
La base du second métacarpien est exposée en sous-périosté. C'est en zone métaphysaire que cette première ostéotomie doit être réalisée. Le recours à l'amplificateur de brillance n'est pas nécessaire et on peut se fier à l'élargissement du calibre osseux pour localiser cette métaphyse. Une scie oscillante est utilisée, franchissant la corticale de manière circonférentielle (figure 29.7a). Le niveau de la seconde ostéotomie (distale) se situe aussi proche que possible de la plaque de croissance du col du second métacarpien. Il est possible de repérer à l'aide d'une aiguille la position de cette plaque de croissance puis d'amorcer le trait d'ostéotomie au bistouri (figure 29.7b). La scie oscillante intervient ensuite et on résèque le fragment osseux intermédiaire individualisé entre ces deux traits d'ostéotomie.



29.6 Dissection rétrograde du premier muscle interosseux dorsal. Au voisinage de l'interligne articulaire métacarpo-phalangien, la dissection s'effectue au bistouri sans léser le plan ligamentaire de la MCP.



a



b

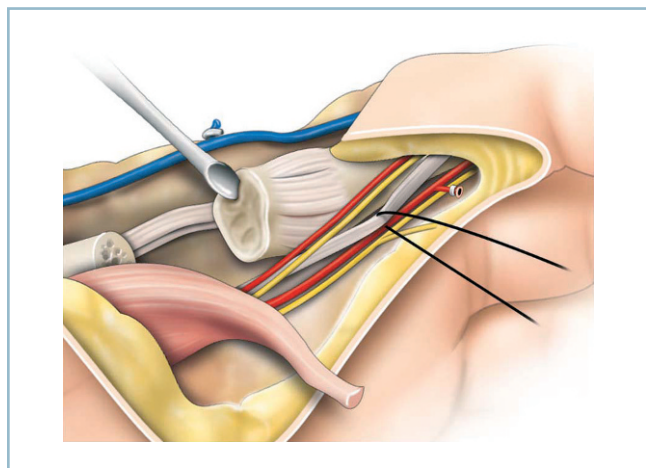
29.7 Réalisation de l'ostéotomie proximale à travers la métaphyse proximale du deuxième métacarpien (a) et de l'ostéotomie distale à travers la plaque de croissance distale du métacarpien (b).

Épiphysiodèse (plaque de croissance du col du métacarpien)

Dans une pollicisation de l'index, c'est à l'articulation métacarpo-phalangienne qu'il revient de former la nouvelle articulation carpo-métacarpienne. À cet effet, un os long tubulaire (le second métacarpien) doit se transformer à terme en un os court (le néo-trapèze). Pour atteindre cet objectif, il convient de ne garder que le segment correspondant au col et à l'épiphyse distale du second métacarpien, mais aussi de stériliser définitivement la plaque de croissance correspondante. Si ce temps n'est pas méticuleusement réalisé, la croissance reprend sur le segment transféré de métacarpien, reformant un os tubulaire trop long et mécaniquement inapte à la fonction de « néo-trapèze ». Toute l'attention doit donc être apportée à cette étape qui s'effectue à la curette et/ou au bistouri, à travers la tranche osseuse d'ostéotomie (figure 29.8). Il faut veiller à éliminer tout reliquat de ce cartilage de croissance, ne gardant que la « coquille d'œuf » du cartilage articulaire de la tête du métacarpien, sans le franchir toutefois.

Préparation de l'ostéosynthèse et bascule épiphysaire

L'articulation métacarpo-phalangienne de l'index dispose d'un important secteur d'hyperextension qu'il convient de neutraliser pour en faire un interligne carpo-métacarpien efficace, et éviter tout effet d'hyperextension du néo-pouce.

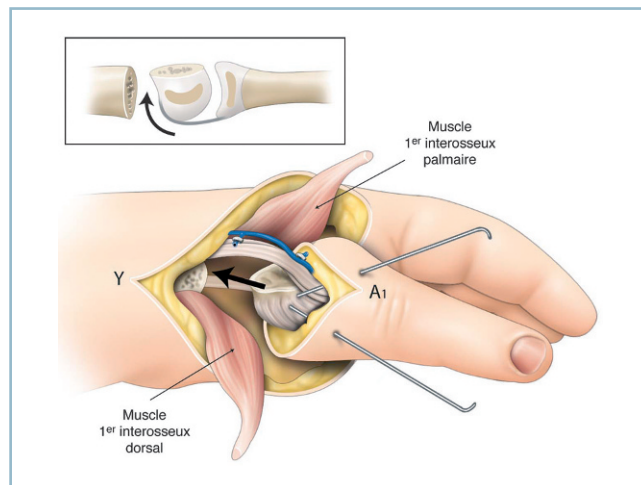


29.8 Curetage de la plaque de croissance du col du deuxième métacarpien pour éviter la reformation d'un os « tubulaire ».

À cet effet, la tête du métacarpien doit être basculée en extension maximale (de sorte que la tranche d'ostéotomie devienne dorsale et superficielle). Deux broches d'ostéosynthèse divergentes sont alors placées au moteur, pérennisant impérativement cette position d'extension (figure 29.9). On peut éventuellement s'aider d'une suture au fil résorbable sur la face dorsale de la capsule articulaire, pour maintenir la position d'extension le temps de la mise en place des broches.

Réglage de la position et fixation *in situ*

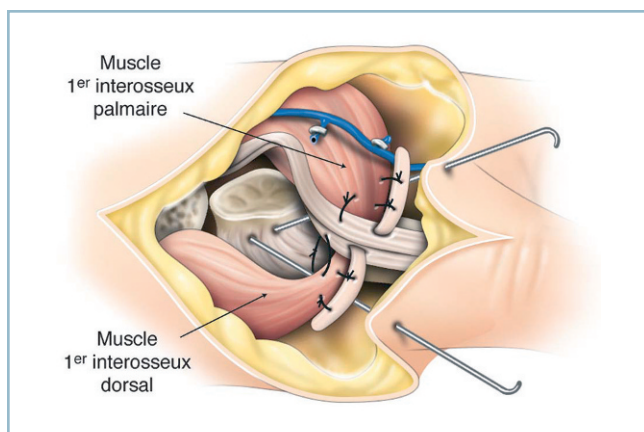
Le noyau ostéo-articulaire de la tête du deuxième métacarpien, destiné à former le « néo-trapèze » une fois basculé dans sa position d'extension, peut être fixé *in situ* au contact de la tranche de section osseuse métaphysaire proximale du second métacarpien. Une fois le réglage en rotation effectué, les deux broches sont poussées au moteur jusqu'à se ficher dans le massif carpien sous-jacent. Les recommandations varient quant au réglage en rotation du néo-pouce. Si l'on se réfère à l'axe représenté par le troisième métacarpien, une position du néo-pouce en antépulsion et en opposition de 45° est habituellement recommandée. La position en rotation axiale est jugée quant à elle en faisant référence au plan de l'angle, comparativement au plan de l'angle du troisième doigt. Une rotation axiale dans le sens de la pronation, d'au moins 90°, est nécessaire (entre 90 et 130°).



29.9 Ostéosynthèse et réglage de la position en rotation du néo-pouce : deux broches de Kirchner divergentes de calibre 8/10° sont utilisées. La tête du métacarpien, destinée à former le « néo-trapèze », est fixée en position d'extension maximale ; le pouce est en abduction et antépulsion (45°) ; sa rotation axiale, par rapport au troisième doigt, est de 90 à 130° dans le sens de la pronation.

Réinsertion des intrinsèques et reconstruction de la dossière de l'extenseur

Les deux muscles intrinsèques qui ont été individualisés (premier interosseux dorsal et premier interosseux palmaire) doivent être réinsérés avec un effet de raccourcissement pour s'adapter à la nouvelle longueur de l'index. Une incision de 3 mm est pratiquée au bistouri sur le bord correspondant de la bandelette sagittale de l'appareil extenseur à hauteur de P1. Un dissecteur permet d'introduire dans cette incision le tendon d'insertion du muscle intrinsèque qui est ensuite suturé à lui-même après un passage « en lasso ». Ce procédé permet de régler précisément la tension, en se fiant aux effets de ce réglage sur la position en abduction ou adduction du pouce. La position « d'équilibre » du pouce au terme de ce réglage doit rester la même : environ 45° d'antépulsion et d'abduction. Pour compléter cette réinsertion des intrinsèques quelques points séparés de fils résorbable peuvent solidariser la partie distale du corps charnu musculaire au bord latéral de l'appareil extenseur, reconstruisant une « dossière de l'extenseur » (figure 29.10).



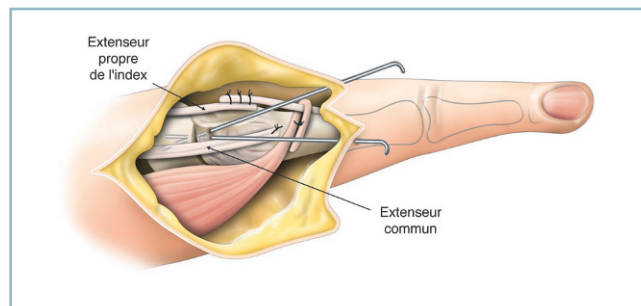
29.10 Réinsertion et réglage des muscles intrinsèques.

Sur le versant radial du néo-pouce, le muscle premier interosseux dorsal devient l'équivalent d'un court abducteur du pouce ; sur le versant ulnaire, le muscle premier interosseux palmaire devient l'équivalent d'un adducteur du pouce.

Raccourcissement des extenseurs extrinsèques

À la différence des fléchisseurs qui doivent être gardés en continuité et qui peuvent s'adapter spontanément à la nouvelle longueur du pouce, les tendons extenseurs doivent être raccourcis lors du temps de pollicisation. À une simple plicature, nous préférons la réalisation d'une ténotomie suivie d'une suture latéro-latérale qui permet un

réglage précis de la tension. Ce raccourcissement-suture est réalisé sur l'extenseur propre de l'index qui devient ainsi le long extenseur du néo-pouce. L'extenseur commun peut être simplement raccourci selon une méthode identique, devenant alors un équivalent de court extenseur, ou être réinséré sur la base de P1 de l'index (néo premier métacarpien) devenant alors un substitut au long abducteur du pouce (figure 29.11).



29.11 Réglage et raccourcissement des tendons extenseurs extrinsèques : l'extenseur propre de l'index fait l'objet d'une ténotomie et d'une suture latéro-latérale en raccourcissement. Il devient ainsi l'équivalent d'un tendon long extenseur du pouce. L'extenseur commun est lui aussi ténotomisé puis fait l'objet d'une réinsertion transosseuse à la base de la première phalange, jouant le rôle d'un long abducteur.

Lâcher du garrot et hémostase

Compte tenu de la complexité des étapes à réaliser, il est habituel que ce dernier temps de raccourcissement des tendons extenseurs soit aussi la dernière étape qu'il est possible d'effectuer sous garrot. Il faut alors le dégonfler, juger de la revascularisation du néo-pouce, effectuer l'hémostase complémentaire si nécessaire, avant de débiter le temps de fermeture cutanée.

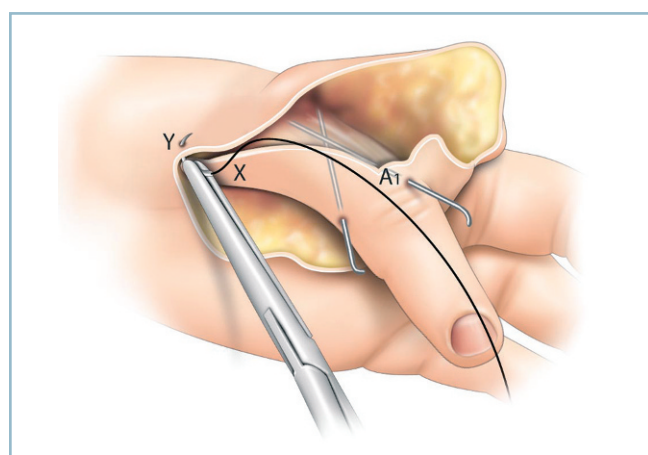
Agencement des lambeaux cutanés

La dernière étape de l'intervention avec les sutures cutanées va permettre de juger du résultat immédiat de la pollicisation, au moins du point de vue esthétique, permettant d'apprécier l'exactitude du tracé des incisions initiales. Cet agencement s'effectue en plusieurs étapes que nous détaillons ci-dessous. Il est capital de garder en mémoire qu'aucune ligne de suture, dans l'idéal ne doit s'effectuer le long du bord libre de la première commissure qui va être créée par ce temps d'agencement. Cinq étapes successives vont être requises :

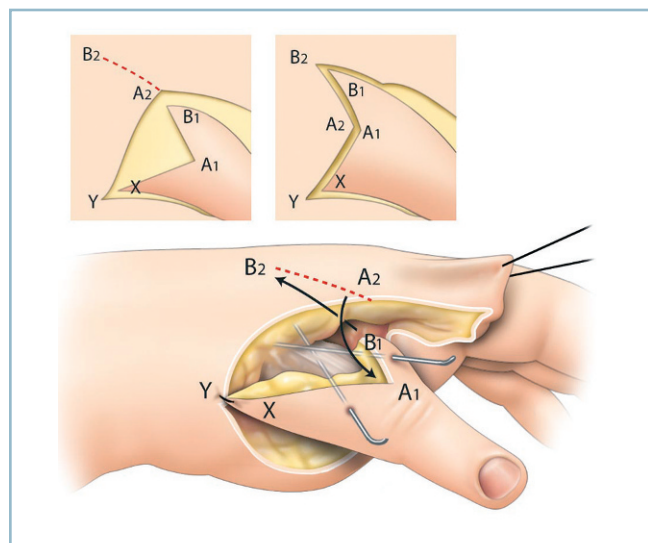
– *étape 1* : le premier point sur la peau est celui concernant le point d'angle externe, marquant la limite de l'îlot cutané dorsal triangulaire (repéré par la lettre X sur la figure 29.1). Ce point « migre » en proximal lors du recul

de l'index accompagnant la pollicisation et se trouve en situation « Y » au moment de la suture. Il est possible de jouer sur l'ajustage fin de la position de cette suture pour agir sur la position du pouce : plus on recule ce point en direction proximale (au besoin en allongeant en direction proximale la cicatrice sinusoïdale utilisée lors de l'abord), plus on augmente la divergence de repos du néo-pouce (abduction). À l'inverse si cette suture est placée plus distalement, la composante d'ouverture de la première commissure s'atténue (*figure 29.12a*) ;

– étape 2 : une fois ce premier point placé, et la position du pouce ajustée, il devient possible de réaliser l'incision



a



b

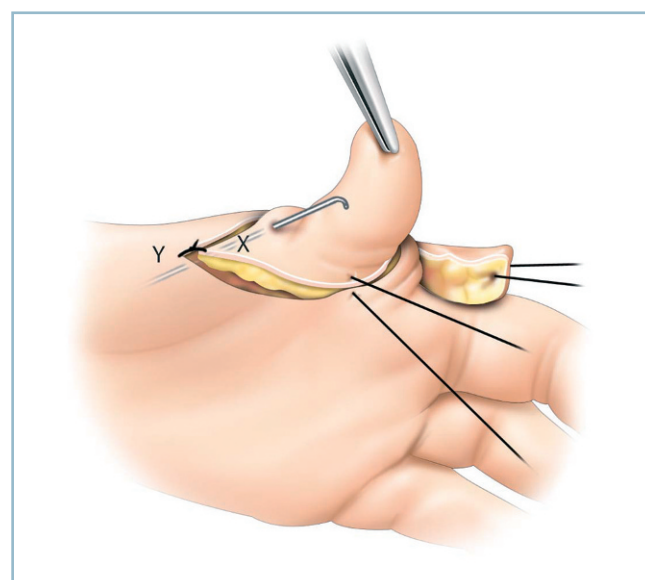
29.12 Temps de fermeture cutané : le premier point placé est le point d'angle proximal « point X ». Il permet d'ajuster la position de repos du pouce, et plus particulièrement la position d'ouverture de la première commissure (a). Réalisation de l'incision complémentaire A2-B2. Cette incision n'est pas nécessaire à l'étape de dissection et peut donc être différée jusqu'à ce stade. Cette incision doit accueillir le triangle A1-B1 et permettre d'élargir la largeur apparente de la base du pouce (b).

« A2-B2 ». On peut en effet juger avec précision de la position du segment A1-B1 lorsque le néo-pouce est définitivement en place. Une fois cette incision réalisée, le triangle dorso-latéral de la base de l'index, délimité par ce segment « A1-B1 » est suturé en place. Ce temps est décisif pour permettre d'élargir la base d'implantation du pouce et améliorer son aspect morphologique (*figure 29.12b*) ;

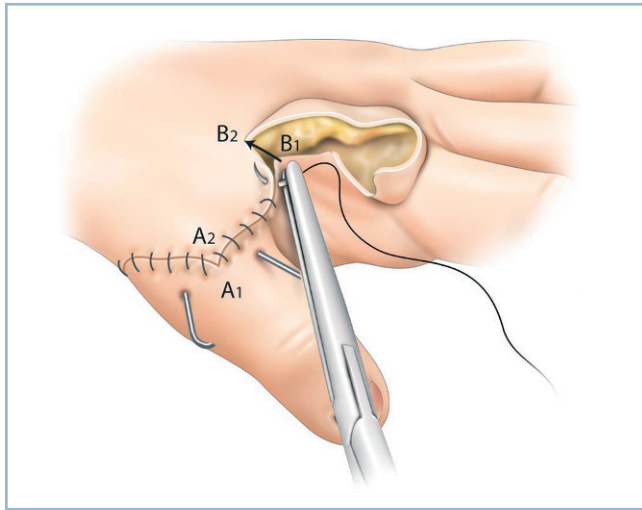
– étape 3 : la face palmaire du pouce et le versant palmaire de la première commissure sont alors « drapés » par le large lambeau palmaire individualisé par l'incision sinusoïdale utilisée lors de l'abord initial. C'est à ce moment que l'on mesure l'importance d'une cicatrice transversale palmaire sur l'index se situant à hauteur du pli de flexion palmaire de l'IPP (et non pas à la base du doigt en P1). L'aspect obtenu par ce temps de drapage palmaire est celui d'un pouce à deux et non pas trois phalanges (*figure 29.13*) ;

– étape 4 : la partie toute distale du large lambeau palmaire (correspondant à la peau phalangienne palmaire de P1 de l'index) est retournée pour être suturée en dorsal et contribuer ainsi à la création de la première commissure (*figure 29.14*) ;

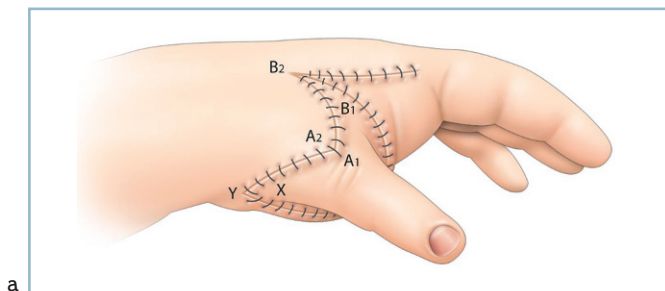
– étape 5 : le bord latéral du troisième doigt peut faire l'objet d'une simple fermeture qui va se situer sur la ligne dorso-palmaire. Cette fermeture s'effectue après un temps d'excision cutanée « à la demande ». L'aspect final du pouce est obtenu au terme de ces différentes sutures et agencement, proche de ce qu'il sera au terme de la cicatrisation (*figure 29.15*). Néanmoins, il est normal de n'avoir à ce stade aucun « tonus » en flexion, puisque seuls les extenseurs ont été raccourcis et qu'il reste aux fléchisseurs extrinsèques à s'adapter à la nouvelle longueur de l'index pollicisé.



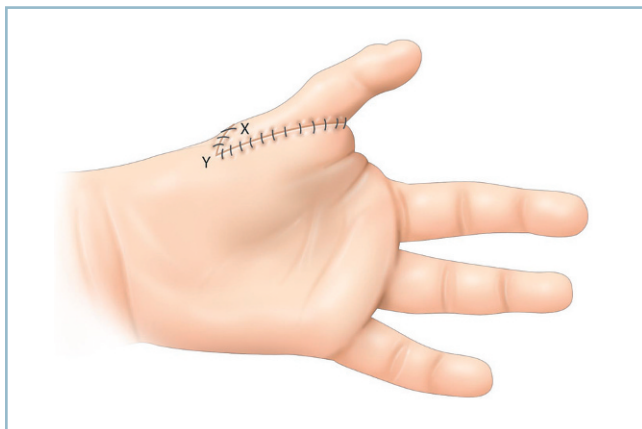
29.13 Habillage du pouce par le large lambeau palmaire délimité par l'incision initiale.



29.14 Agencement de la première commissure. Excision cutanée « à la demande » lors du temps de suture sur le bord dorso-latéral du troisième doigt.



a



b

29.15 Aspect du néo-pouce au terme de l'agencement cutané, en vue dorsale (a), et palmaire (b).

Pansement, surveillance post-opératoire, complications

Le pansement débute par la mise en place d'une feuille de type hydrocolloïde non adhérent au contact de la peau, suivi de plusieurs épaisseurs de compresses stériles. Nous avons l'habitude d'humidifier la première couche de ces compresses pour permettre un drainage par capillarité. Ces compresses sont recouvertes de quelques tours d'une bande Velpau stérile. Seule l'extrémité de l'index pollicisé reste apparente, permettant la surveillance de l'état circulatoire en post-opératoire. Une immobilisation par un plâtre brachio-antébrachio-palmaire en résine est ensuite mise en place sur tout le membre supérieur, prenant le coude à 90° de flexion, seul moyen d'obtenir une immobilisation fiable permettant de franchir sans encombre la phase d'agitation du réveil, puis celle de l'activité quotidienne de l'enfant.

La surveillance post-opératoire porte sur la coloration. Dans l'idéal, le pansement et l'immobilisation plâtrée en résine qui ont été réalisés au bloc opératoire sont conçus pour durer trois, voire quatre semaines. Aucune réfection « intempestive » de ce pansement en consultation n'est autorisée. Si le plâtre devait être mouillé, fendu, détruit, s'il glisse et ne remplit plus sa mission, il doit être changé sous anesthésie générale. Au bout de trois à quatre semaines, le plâtre post-opératoire peut être enlevé, le relais étant pris par une orthèse de posture amovible de port nocturne, dans la même position d'extension et d'opposition du pouce.

Les complications post-opératoires les plus préoccupantes sont de nature vasculaire. Nous n'avons jamais été confrontés à une insuffisance artérielle ou veineuse conduisant à une réintervention précoce, mais la possibilité d'une telle complication doit être gardée à l'esprit, pouvant conduire à mobiliser la totalité de l'arsenal applicable dans ce type de situation (vérification de l'absence de compression des éléments pédiculaires, traitement d'un spasme vasculaire). La survenue d'une lésion accidentelle du pédicule lors de la dissection doit aussi être mentionnée, aucun opérateur, même entraîné, n'étant totalement à l'abri de ce type de complication. Le recours à un pontage veineux pour remplacer le segment d'artère ou de veine accidentellement lésé est la solution ultime, ce qui suppose que tout chirurgien entreprenant ce type d'intervention soit rodé aux techniques microchirurgicales en cas de complications.

Chirurgie secondaire

Même si l'idéal poursuivi est d'obtenir une fonction optimale dès le stade de la pollicisation, évitant toute chirurgie secondaire, il persiste des indications à des gestes complémentaires visant à améliorer la mobilité du pouce. Mentionnons le transfert du muscle court abducteur du cinquième doigt [12, 13], envisagé dans le cas où le premier interosseux dorsal ne suffit pas à redonner une opposition correcte.

Pièges à éviter

- Le curetage du cartilage de croissance distal du métacarpien est une étape fastidieuse. Les conséquences d'une reprise de la croissance du métacarpien sont cependant redoutables avec la réapparition d'un os tubulaire en lieu et place de ce que l'on espérait être un « néo-trapèze ». Cette situation est ensuite difficile à corriger secondairement. Il faut donc être très méticuleux sur cette étape.
- Une incision initiale mal établie, trop proximale autour de la racine de l'index, aboutira à ce pouce ayant l'aspect d'un pouce à trois phalanges, disgracieux.

Astuces

Les facteurs influençant le résultat fonctionnel final sont multiples. Le réglage extemporané de la position du néo-pouce est un de ces facteurs. Il faut tenir compte lors de ce réglage de l'absence de tout tonus des fléchisseurs dont la longueur initiale a été préservée et qui s'adapteront progressivement. Il convient donc de placer le pouce dans une position de référence en extension et rétropulsion.

Bibliographie

- [1] Muller W. *Die Angeborenen Fehlbildungen der menschlichen Hand*. Leipzig, George Thieme, 1937.
- [2] Blauth W. The hypoplastic thumb. *Arch Orthop Unfallchir* 1967 ; 62-3 : 225-46.
- [3] Manske PR, McCarroll HR, Jr. Reconstruction of the congenitally deficient thumb. *Hand Clin* 1992 ; 8-1 : 177-96.
- [4] Dautel G. Hypoplasies congénitales du pouce. *Chir Main* 2006 ; 25-1 : 1-15.
- [5] Foucher G, Gazarian A, Pajardi G. Reconstruction des hypoplasies du pouce de grade III. *Chir Main* 1999 ; 18-3 : 191-6.
- [6] Foucher G, Medina J, Navarro R. Microsurgical reconstruction of the hypoplastic thumb, type IIIB. *J Reconstr Microsurg* 2001 ; 17-1 : 9-15.
- [7] Nishijima N, Matsumoto T, Yamamuro T. Two-stage reconstruction for the hypoplastic thumb. *J Hand Surg Am* 1995 ; 20-3 : 415-9.
- [8] Shibata M, Yoshizu T, Seki T et al. Reconstruction of a congenital hypoplastic thumb with use of a free vascularized metatarsophalangeal joint. *J Bone Joint Surg Am* 1998 ; 80-10 : 1469-76.
- [9] Buck-Gramcko D. Pollicization of the index finger. Method and results in aplasia and hypoplasia of the thumb. *J Bone Joint Surg Am* 1971 ; 53-8 : 1605-17.
- [10] Blauth W. Thumb hypo and apasias. In Blauth W, Schneider-Sickert F, eds. *Congenital deformities of the Hand. An atlas of their surgical treatment*. Berlin, Springer-Verlag, 1981:123-52.
- [11] Bartlett GR, Coombs CJ, Johnstone BR. Primary shortening of the pollicized long flexor tendon in congenital pollicization. *J Hand Surg Am* 2001 ; 26-4 : 595-8.
- [12] Huber E. Hilfsoperation der Medianuslähmung. *Dtsch Z Chir* 1921 ; 162 : 271-5.
- [13] Littler JW, Cooley SGE. Opposition of the thumb and its restoration by abductor digiti quinti transfer. *J Bone Joint Surg* 1963 ; 45A : 1389.

Infections aiguës de la main

Les infections de la main nécessitant un traitement chirurgical regroupent les panaris, les phlegmons des gaines des tendons fléchisseurs, les abcès des espaces cellulo-grasieux, les arthrites et les rares ostéomyélites avec collection intra-osseuse ou sous périostée. La présence d'une collection purulente impose un drainage chirurgical dans le but de limiter la nécrose tissulaire et de favoriser la pénétration des antibiotiques.

La prise en charge des infections aiguës de la main de l'enfant obéit à un schéma précis tant sur le plan diagnostique que thérapeutique (encadré ci-contre). Le diagnostic est parfois difficile à poser, surtout chez le jeune enfant. Il repose sur un interrogatoire précis de l'enfant et de son entourage (traumatisme récent, morsure, piquûre, environnement, état immunologique) et un examen clinique attentif (recherche de points douloureux, mobilisation digitale, œdème et rougeur localisée...). La radiographie standard est systématique à la recherche d'une lésion osseuse associée (lyse, fracture, décollement épiphysaire) ou de corps étranger. Le doute peut nécessiter le recours à des examens complémentaires (échographie, IRM) s'ils sont faciles à obtenir. Ils permettent de confirmer le diagnostic et de rechercher un éventuel corps étranger non visible sur les radiographies standards. Ils ne doivent en aucun cas retarder la prise en charge chirurgicale. Dans certains cas (phlegmon des gaines par exemple), le doute diagnostique ou la suspicion imposent l'exploration chirurgicale d'emblée. Il existe en effet une relation directe entre le délai de prise en charge et la rapidité de guérison, ainsi que la survenue d'éventuelles complications.

Infections aiguës de la main de l'enfant : principes thérapeutiques

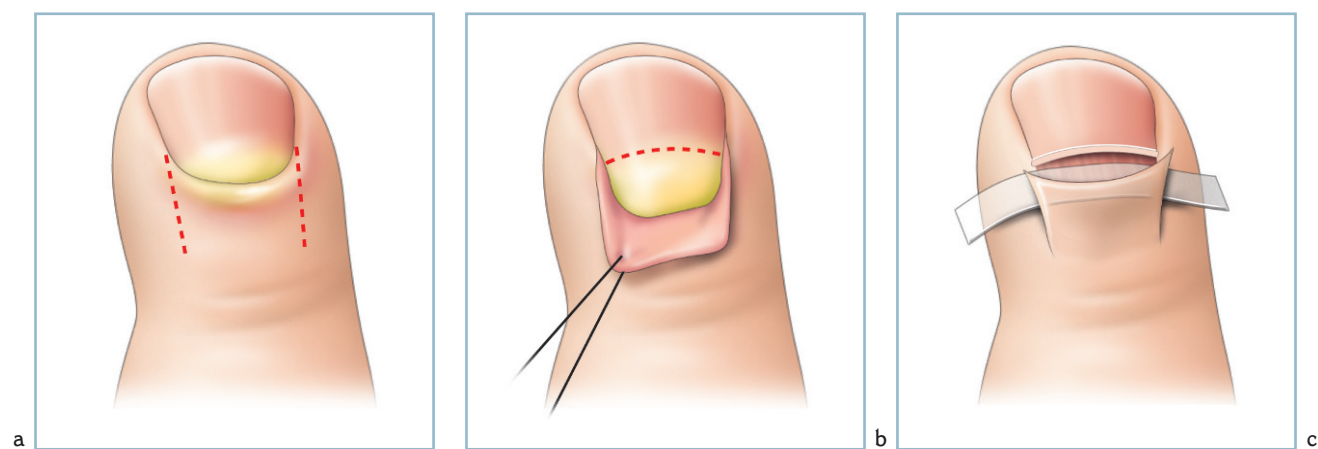
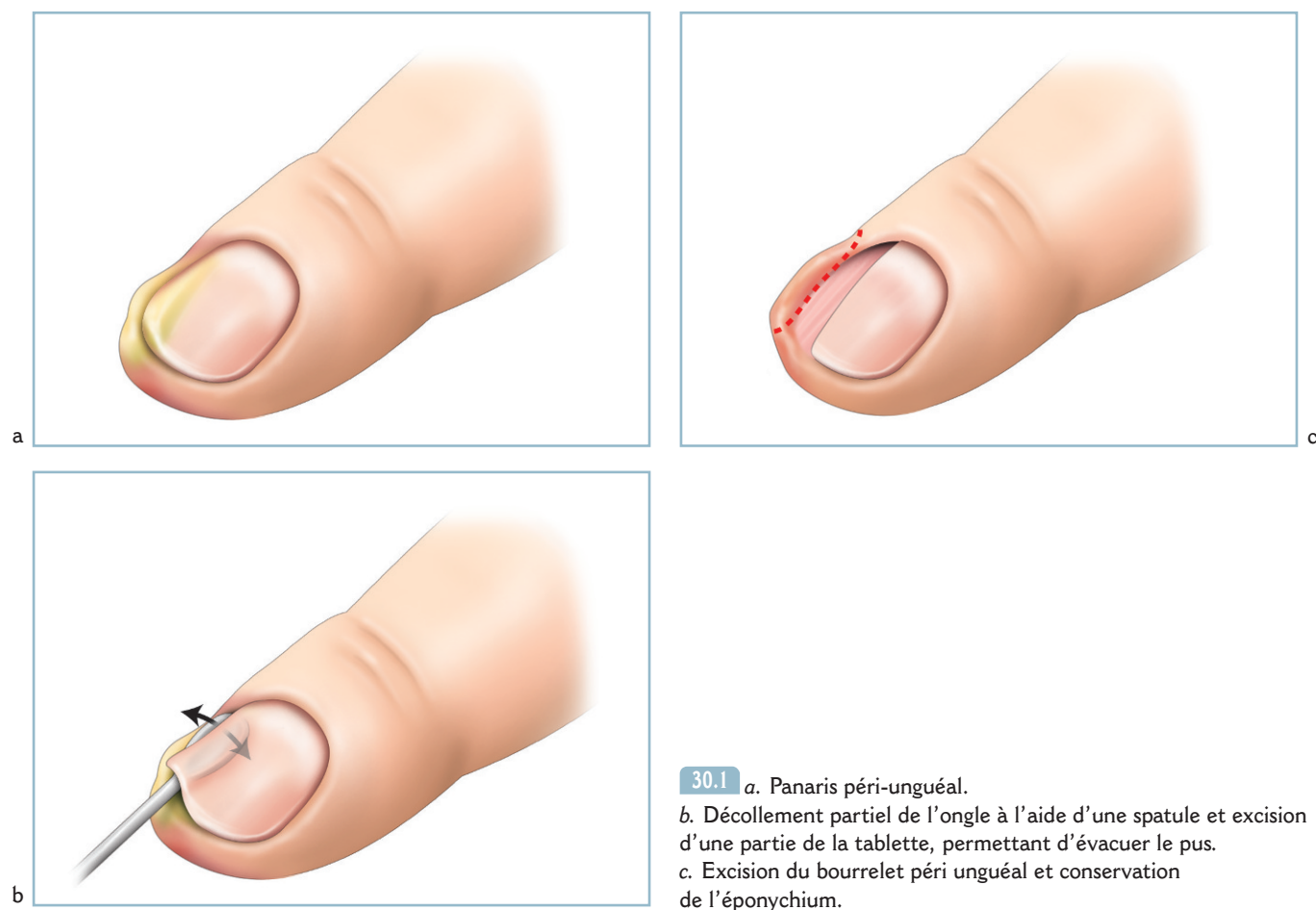
1. Prise en charge en milieu chirurgical
2. Anesthésie générale ou locorégionale :
 - selon la localisation de la lésion
 - selon l'âge de l'enfant
3. Exsanguination par simple surélévation du membre (3 à 5 minutes) pour contrôle des éléments nobles
4. Débridement et évacuation complète de la collection
5. Prélèvements bactériologiques multiples :
 - recherche de germes aérobies et anaérobies
 - recherche de germes atypiques (mycobactéries) dans certaines conditions
6. Fermeture par points lâches ou cicatrisation dirigée en fonction de la localisation
7. Antibiothérapie éventuelle adaptée au contexte et au germe, et vérification de la vaccination antitétanique
8. Premier pansement à J2 (sous mélange protoxyde d'azote et oxygène si nécessaire).

PANARIS PÉRI-UNGUÉAL

Il s'agit de l'infection la plus fréquente chez l'enfant. Elle est la conséquence de la pénétration de corps étrangers, d'arrachage de peau péri unguéale (dans le cadre d'une onychophagie par exemple) ou d'hématome sous unguéal. Les germes les plus fréquents sont le staphylocoque, le streptocoque (donnant fréquemment des lésions chroniques) ou une flore multi bactérienne avec germes anaérobies.

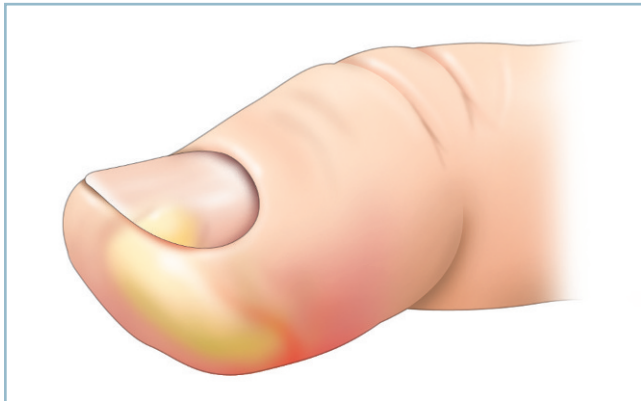
À une brève période de rougeur et de douleur succède une tuméfaction rouge centrée par une phlyctène blanchâtre douloureuse (*figure 30.1a*). Il faut savoir avant toute chose reconnaître le panaris viral à Herpès caractérisé par la présence de vésicules qui ne relève pas d'un traitement chirurgical.

Le choix de l'incision dépend du site exact de l'infection. L'incision est verticale et parallèle au bord unguéal (*figure 30.1b*). Le bourrelet péri-unguéal est excisé avec conservation de l'éponychium (*figure 30.1c*). La matrice doit être préservée de façon à éviter toute synéchie cicatricielle (*figure 30.2*). La présence de pus sous unguéal conduit au décollement et à l'excision partielle de l'ongle. Après prélèvement bactériologique, la zone est laissée en cicatrisation dirigée avec un pansement gras. Le pansement est refait au deuxième jour post-opératoire. Des soins réguliers sont assurés jusqu'à la cicatrisation complète.



PANARIS EN BOUTON DE CHEMISE DE CHEMISE ET PANARIS PULPAIRES

La stabilité et le contrôle de la déformabilité pulpaire sont assurés par des cloisons fibreuses s'étendant du derme au périoste (septae). Cette configuration particulière en multiples compartiments explique le retentissement clinique en cas d'infection. La douleur et l'augmentation de volume surviennent rapidement. Puis s'installent des douleurs pulsatiles avec perte de la pseudo-fluctuation de la pulpe qui apparaît tendue à la palpation. En l'absence de traitement ou lors d'un traitement inadapté, l'infection se propage rapidement vers l'os, l'articulation et la gaine des tendons fléchisseurs.



30.3 Panaris en bouton de chemise.

Le panaris en bouton de chemise se caractérise par la présence d'une collection pulpaire profonde communiquant avec la surface par un fin pertuis (*figure 30.3*).

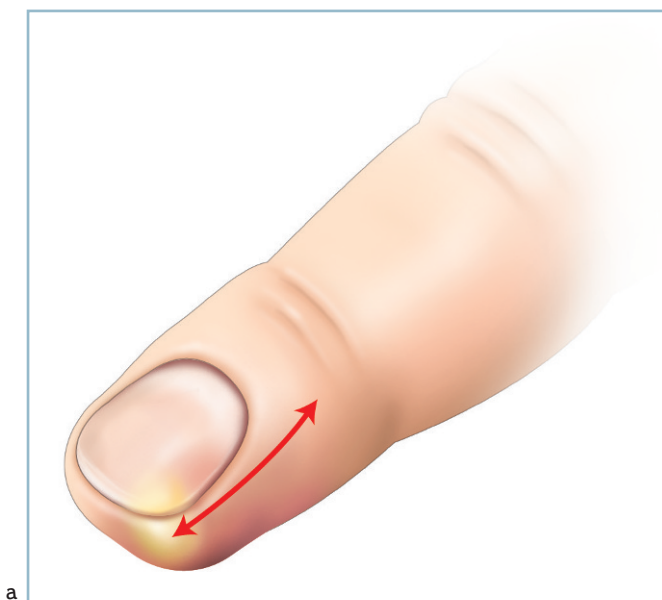
Différentes incisions pour drainer ces collections sont proposées. Les incisions palmaires doivent être évitées en raison des risques de lésions nerveuses et des douleurs cicatricielles séquellaires. Les incisions latérales sont recommandées en privilégiant les incisions unilatérales (*figure 30.4a*). Elles sont préférentiellement situées sur le bord ulnaire pour les deuxième, troisième et quatrième doigts et sur le bord radial pour le pouce et le cinquième doigt. Les incisions en gueule de requin risquant de dévasculariser le lambeau pulpaire distal sont réservées aux infections étendues (*figure 30.4b*).

Les différents septae doivent être effondrés et toutes les poches de collection drainées. L'incision doit à tout prix préserver l'articulation située en amont ainsi que la gaine tendineuse.

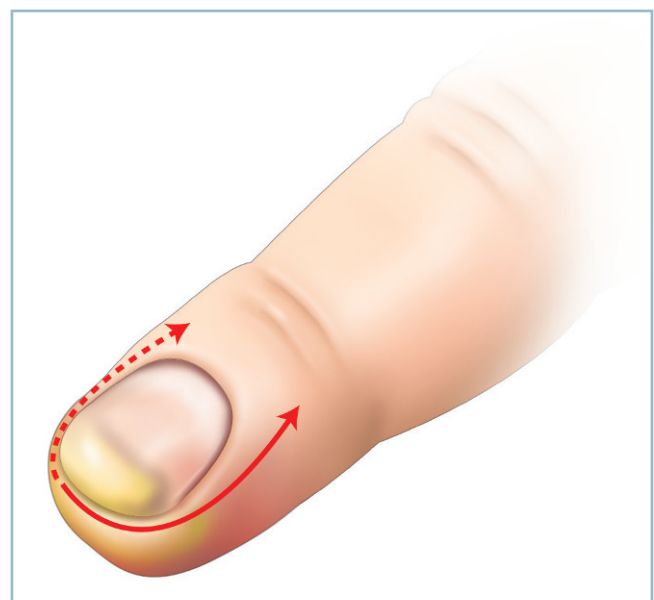
Le pansement est refait au deuxième jour post-opératoire. Des soins réguliers sont assurés jusqu'à l'obtention de la cicatrisation complète.

PHLEGMONS DES GAINES DES FLÉCHISSEURS

L'inoculation directe d'une gaine des tendons fléchisseurs par un agent vulnérant est le mode de contamination habituel à l'origine des phlegmons des gaines digitales. Une origine hématogène peut cependant être rencontrée, mais reste beaucoup plus rare (contexte dysimmunitaire particulier).



a

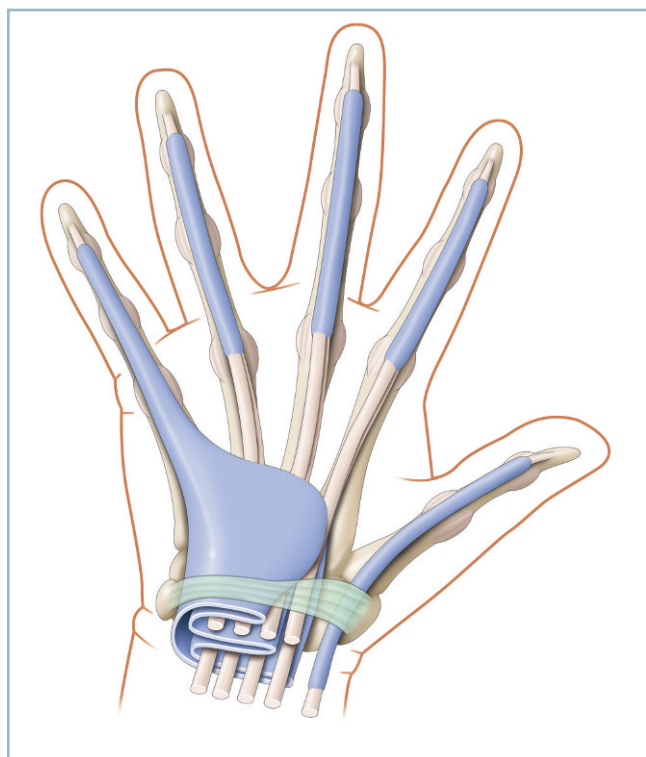


b

30.4 Panaris pulpaire. Incision latérale (a), et incision en gueule de requin (b).

L'évolution après inoculation directe se fait en trois stades qui, en l'absence de traitement, vont rapidement détruire le système de glissement du tendon, créer des adhérences et entraîner une perte de fonction importante. Le stade évolutif est précisé au moment de l'exploration chirurgicale. Ceci implique une stratégie opératoire initiale précise (en particulier dans le choix des incisions) qui permettra de s'adapter et de proposer un traitement optimal. En effet, tout retard diagnostic ou sous-estimation du stade évolutif initial peut être lourd de conséquence en raison des lésions qui continueront d'évoluer par elles-mêmes en l'absence de traitement adéquat.

Il est fondamental de connaître l'anatomie des gaines digito-carpiennes, car elles guident la localisation de l'incision. Il est nécessaire de rappeler que celles du pouce et du cinquième doigt s'étendent jusqu'au niveau du pli de flexion palmaire du poignet, alors que pour les deuxième, troisième et quatrième doigts, le cul-de-sac proximal de la gaine se situe en regard du pli palmaire des articulations



30.5 Gainnes des tendons fléchisseurs dont l'anatomie explique la symptomatologie différente selon le doigt atteint :

- le long fléchisseur du pouce a sa propre gaine dont le cul-de-sac proximal est au poignet ;
- l'index, le majeur et l'annulaire ont une gaine individualisée dans le canal digital avec un cul-de-sac proximal situé en regard du pli palmaire distal ;
- l'auriculaire a une gaine commune avec les tendons des fléchisseurs des doigts longs (cul-de-sac proximal situé au poignet).

métacarpo-phalangiennes (*figure 30.5*). Cette disposition anatomique rend compte également des signes cliniques observés, et de l'endroit où il faut rechercher la douleur, au niveau des culs de sac proximaux.

Stade I

Le stade I se caractérise par une inflammation de la synoviale et une exsudation, avec présence d'un liquide louche à l'intérieur de la gaine. La présence d'une douleur au cul-de-sac proximal de la gaine contaminé est le maître symptôme. C'est à ce stade que le diagnostic doit être posé et le traitement chirurgical envisagé. Il ne faut pas attendre les classiques signes de Kanavel (œdème du doigt, attitude en crochet avec douleur à l'extension passive) pour poser l'indication opératoire. C'est une urgence chirurgicale pour laquelle tout retard thérapeutique peut avoir des conséquences fonctionnelles majeures et définitives.

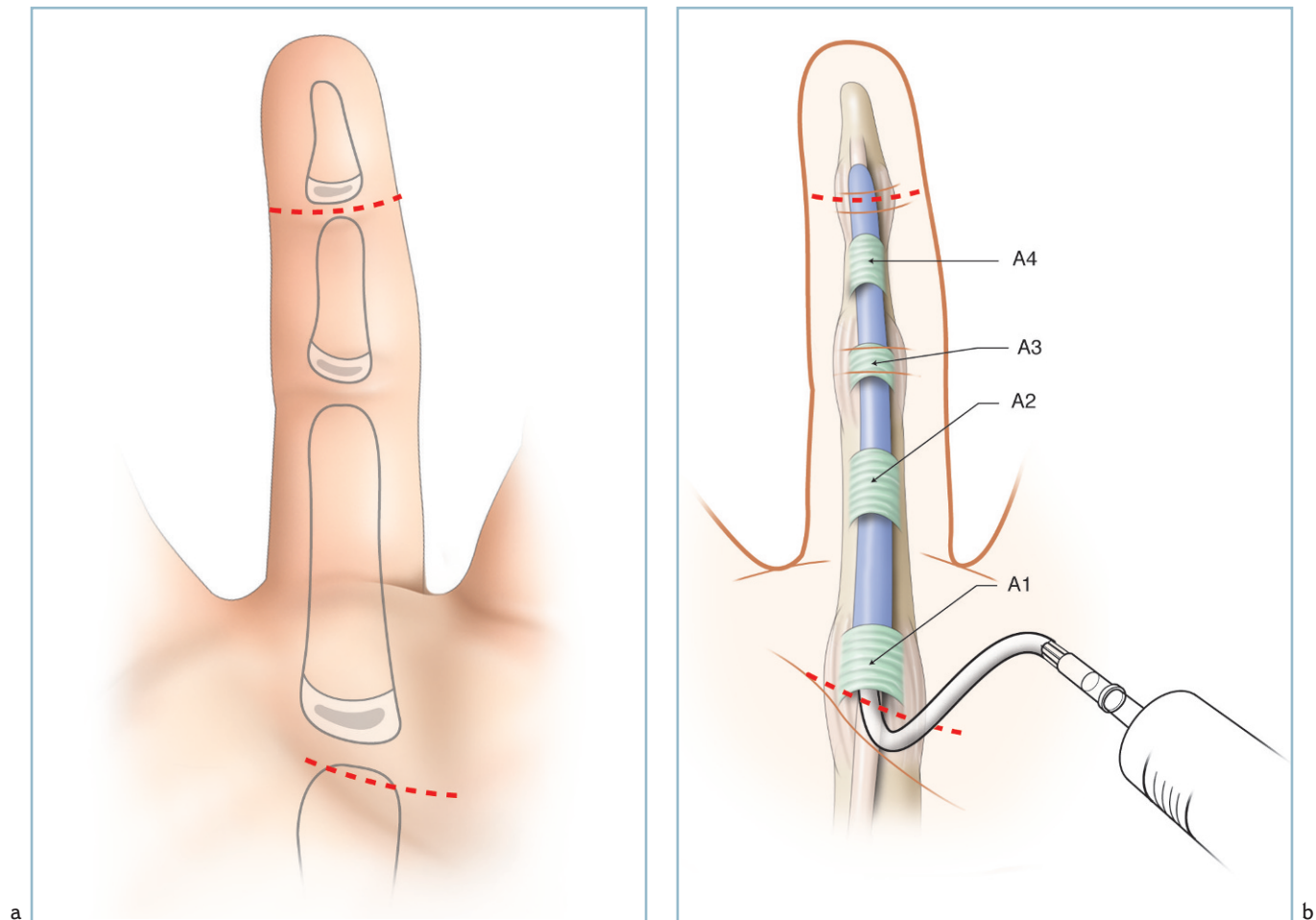
Technique opératoire : chez les jeunes enfants, une anesthésie générale est requise. Chez les adolescents, une anesthésie locorégionale par bloc plexique peut être proposée. Après désinfection cutanée, l'acte chirurgical est mené sous garrot pneumatique gonflé après simple surélévation du membre, sans expression sanguine afin d'éviter tout embolus septique. Dans un premier temps une incision est réalisée au cul-de-sac proximal. Le site est déterminé en fonction du doigt atteint.

Pour les deuxième, troisième et quatrième doigts, l'incision est oblique (plutôt que transversale de façon à pouvoir se prolonger en ligne brisée si nécessaire) en regard de la poulie A1 située en aval du pli de flexion palmaire distal (*figure 30.6a*). Puis l'aponévrose palmaire superficielle est incisée longitudinalement et les paquets vasculo-nerveux repérés et protégés. La gaine des fléchisseurs est ouverte ainsi que la poulie A1 sur son bord ulnaire. L'aspect du liquide et du tendon confirme le stade. Des prélèvements bactériologiques avec mise en culture sur milieu aéro-anaérobie sont effectués. La recherche de germes particuliers (exemple : *pasteurella*) doit être précisée au laboratoire.

Une incision distale transversale dans le pli de flexion de l'articulation interphalangienne distale est ensuite réalisée. Les éléments vasculo-nerveux repérés, la gaine tendineuse est ouverte et de nouveaux prélèvements bactériologiques effectués.

La porte d'entrée est excisée et les corps étrangers éventuels extraits.

Un cathéter pédiatrique souple (taille 18 à 20 Gauge) est introduit dans la gaine au niveau de l'incision proximale. La gaine est lavée de proximal en distal au moyen de sérum physiologique (*figure 30.6b*). L'adjonction d'un antiseptique non alcoolique est discutée. Ceci doit se faire sans résistance ni surpression. Les incisions sont laissées en cicatrisation dirigée ou fermées grâce à un point lâche.



30.6 Drainage des phlegmons des doigts longs (D2, D3, D4). Courtes incisions avec possibilité d'extension en zig-zag selon Brunner, au niveau du cul-de-sac proximal, puis en regard de l'articulation inter-phalangienne distale (a). Ouverture de la poulie A1, avec lavage proximo-distal à l'aide d'un cathéter fin (b).

Chez l'enfant, nous ne laissons pas de cathéter *in situ*. Les instillations sont extrêmement douloureuses et nécessitent une anesthésie pour un lavage itératif.

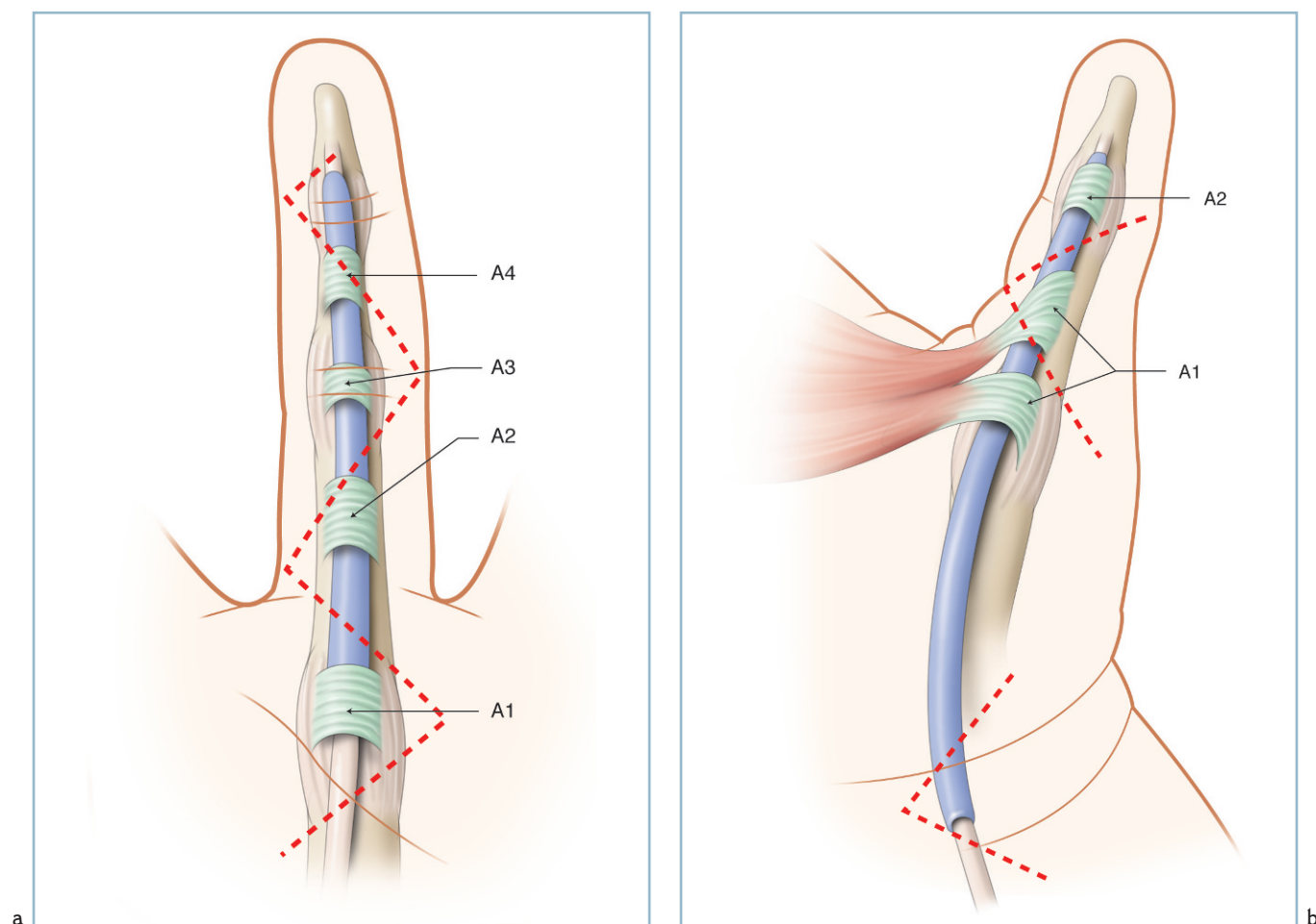
Pour le pouce et le cinquième doigt, l'incision proximale est transversale et se situe au niveau du pli de flexion distale du poignet.

Une immobilisation plâtrée en maintenant le poignet en position neutre, première commissure ouverte, articulations métacarpophalangiennes à 80° et interphalangiennes en extension est confectionnée. Le pansement est refait dès le premier jour post-opératoire, et la mobilisation activo-passive douce des doigts encouragée dès la diminution des phénomènes douloureux. En cas de doute sur l'aspect de la plaie et du doigt lors des pansements, une nouvelle exploration chirurgicale au bloc opératoire est indispensable. Il peut s'agir d'un stade II sous-évalué initialement, d'une insuffisance thérapeutique ou d'un germe résistant à l'antibiotique.

Stade II

Le stade II est celui de la synovite purulente à tendon intact. Son tableau clinique est plus franc associant douleur vive pulsatile insomnante avec une attitude en crochet et un œdème du doigt. Lymphangite et adénopathies satellites sont souvent présentes. Le traitement chirurgical doit être entrepris en urgence.

La stratégie opératoire initiale est la même que pour le stade I. Néanmoins, le simple lavage par deux petites incisions n'est plus suffisant. L'incision oblique proximale est prolongée à la face antérieure du doigt par des lignes brisées ne coupant pas les plis de flexion selon Brunner (figure 30.7). Un lavage abondant est entrepris avec synovectomie antérieure et respect des poulies annulaires A2 et A4. L'incision est refermée par des points lâches aux angles uniquement.



30.7 Voies d'abord digitales pour réaliser une synovectomie d'un doigt long (a), et du pouce (b), en respectant les poulies A2 et A4.

Pour les doigts latéraux (pouce et auriculaire), l'ouverture du canal carpien avec extension tout le long de la gaine peut être nécessaire.

Les suites opératoires sont semblables à celles décrites précédemment. Un premier pansement sous anesthésie est cependant parfois nécessaire. Une antibiothérapie adaptée, éventuellement par voie intra-veineuse au début, est prolongée pendant une quinzaine de jours.

Stade III

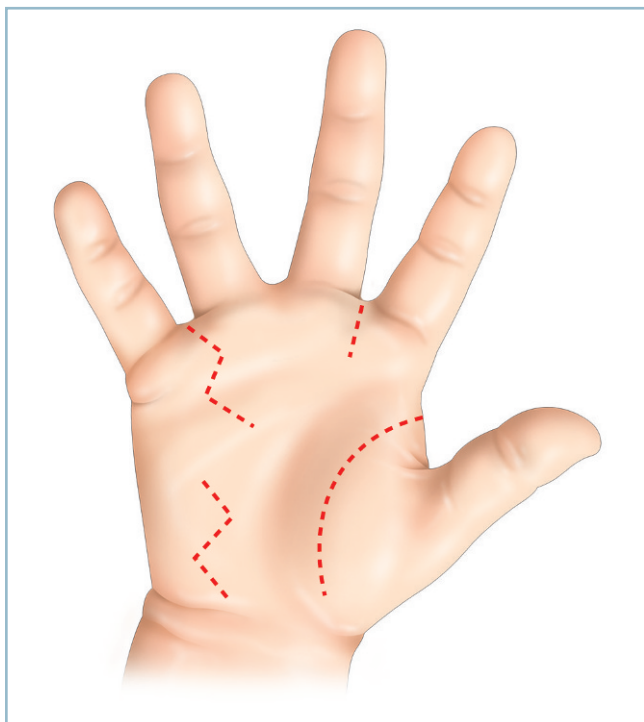
Le stade III enfin est le stade de la nécrose infectieuse du tendon. Rare actuellement, ce stade correspond soit à une prise en charge tardive, soit plus souvent à une prise en charge initiale inadaptée. Ces conséquences sont graves, car il faut exciser la gaine et le tendon. Les séquelles sont majeures d'autant que les possibilités de reconstruction secondaire sont complexes et souvent décevantes.

ESPACES CELLULO-GRAISSEUX : COMMISSURES ET INFECTIONS PALMAIRES

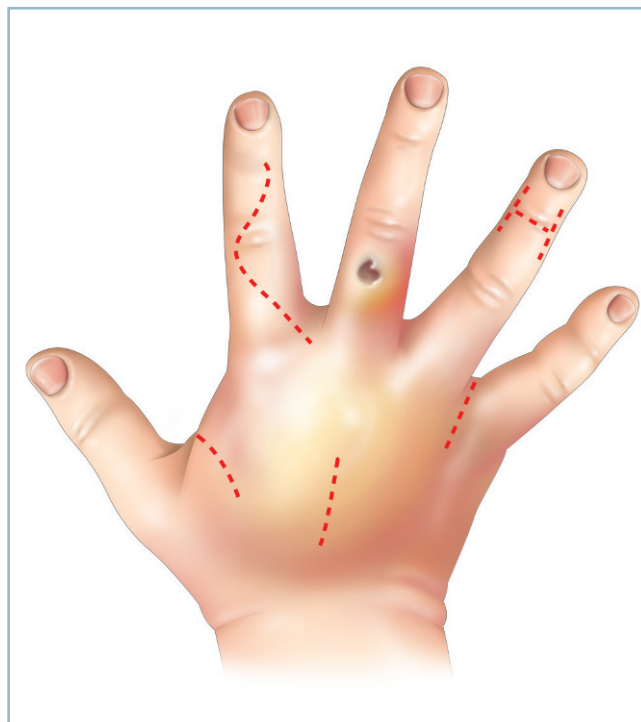
Après inoculation directe, tous les espaces cellulo-graisseux de la main peuvent être affectés. Au stade initial, ces infections sont sous surveillance rapprochée accessible au traitement antibiotique. Au stade de collection, seul le traitement chirurgical permet d'éviter la nécrose et la fonte purulente des tissus de voisinage.

Les infections commissurales peuvent être secondaires à des lésions cutanées négligées ou à une extension d'une infection digitale de voisinage. Les quatre commissures peuvent être concernées et l'infection se propager tant en palmaire qu'en dorsal nécessitant alors un double abord.

Le drainage chirurgical de ces collections doit répondre à une règle stricte. Aucune incision transversale risquant de



30.8 Voies d'abord des abcès des espaces palmaires selon leur localisation, en dehors des gaines digitales.



30.9 Voies d'abord dorsales en fonction de la localisation infectieuse, soit au niveau des articulations inter phalangienne proximales et distales, soit au niveau des espaces cellulo-graisseux du dos de la main.

créer des cicatrices rétractiles ne doit être réalisée. L'incision dorsale est longitudinale débutant au sommet de la commissure et se poursuivant parallèlement à l'espace inter-métacarpien si nécessaire (*figure 30.8*). L'incision palmaire quant à elle, suit une ligne brisée qui ne coupe pas les plis de flexion palmaire. Après des prélèvements bactériologiques multiples, un lavage abondant est effectué, les incisions sont fermées par des points lâches sur drainage filiforme (type crins de Florence). Le pansement est refait au premier jour post-opératoire, le drainage enlevé au deuxième ou au troisième jour, selon l'état local. La mobilisation des doigts est recommandée dès que possible.

Les infections palmaires peuvent atteindre les éminences thénar et hypothénar ainsi que la partie centrale de la main intégrant le canal carpien et son contenu. Ces trois zones sont séparées les une des autres par une cloison fibreuse. Lors des infections centrales palmaires, le canal carpien doit être ouvert dans sa totalité. Au-delà du canal, l'incision est prolongée suivant des lignes brisées.

L'examen clinique de ces mains infectées doit être attentif. Ces infections palmaires sont à l'origine d'un œdème global de la main. Elles se différencient des lésions purement dorsales par des douleurs palmaires à la palpation mais surtout par une limitation douloureuse à la flexion des doigts.

Le drainage des collections dorsales se fait préférentiellement par des incisions longitudinales en regard des espaces concernés (*figure 30.9*). Les incisions transversales exposent à des lésions des éléments vasculo-nerveux.

OSTÉOMYÉLITES ET ARTHRITES

Chez l'enfant les ostéomyélites et les arthrites septiques sont rares au niveau de la main. En effet elles concernent essentiellement les os longs. Elles sont souvent suite à une inoculation directe (plaies, morsures) plutôt qu'à une infection d'origine hématogène.

Le diagnostic d'ostéomyélite est difficile à faire chez l'enfant. Il repose sur un faisceau d'arguments cliniques, biologiques et d'imagerie (radiographie, échographie avec recherche d'abcès sous-périosté). Le traitement médical par antibiothérapie (à visée anti-staphylococcique) est toujours instauré de première intention. Le recours au drainage chirurgical est proposé en l'absence d'efficacité de ce traitement et lors de la présence d'un abcès sous-périosté. L'incision de drainage se fait en regard de cette collection et est le plus souvent dorsale.

Les arthrites septiques généralement secondaires à une inoculation directe (plaies, morsures, coups de poing...) concernent particulièrement les articulations métacarpophalangiennes et interphalangiennes compte tenu de leur situation très superficielle.

On distingue trois stades selon l'importance de l'atteinte articulaire, mais quelque soit le stade, le traitement chirurgical est toujours nécessaire.

Le stade I est le stade de la synovite inflammatoire. Il se caractérise par une impotence douloureuse de l'articulation, associée à un syndrome infectieux. La radiographie à ce stade est normale. Un traitement antibiotique isolé est contre-indiqué, car il peut laisser évoluer l'infection à bas bruit et aboutir à une destruction articulaire, voire du cartilage de croissance par contiguïté. Le drainage et le lavage articulaire sont indispensables. L'incision est habituellement dorsale et comporte l'excision de la porte d'entrée. Au niveau de l'articulation interphalangienne distale, elle est en H et respecte la matrice unguéale. Au niveau de l'articulation interphalangienne proximale, elle est sinusoïdale et respecte le réseau veineux ainsi que la bandelette médiane de l'appareil extenseur. Enfin au niveau de l'articulation métacarpophalangienne, elle est longitudinale dans les vallées intermétacarpiennes et nécessite une ouverture partielle de la dossière des interosseux. Pour le pouce, elle est sinusoïdale et respecte la branche sensitive du nerf radial.

Le stade II est le stade de la synovite purulente. Il correspond à une forme plus tardive. Les signes cliniques sont plus francs et les premiers signes radiologiques apparaissent (pincement de l'interligne). Lors de l'exploration chirurgicale suivant les mêmes modalités que le stade I, on observe un aspect dépoli du cartilage articulaire. Le risque de séquelles à type de raideur est plus important.

Le stade III est le stade de la destruction articulaire associé parfois à une fistulisation. La radiographie, outre la pré-

sence d'un pincement de l'interligne articulaire, peut mettre en évidence des lésions ostéolytiques et une destruction du cartilage de croissance. Le traitement chirurgical consiste en l'excision des tissus infectés. L'articulation est définitivement détruite et la croissance possiblement altérée.

Piège à éviter

- Mise en route d'un traitement antibiotique en l'absence de traitement chirurgical.

Astuce

- Recherche d'un corps étranger (épine végétale, écharde par exemple), dans la gaine des tendons fléchisseurs, lors du traitement d'un phlegmon.

Bibliographie

- [1] Glass KD. Factors related to the resolution of treated hand infections. *J Hand Surg* 1982 ; 7A : 388-94.
- [2] Jaramilo D, Treves ST et al. Osteomyelitis and septic arthritis in children : appropriate use of imaging to guide treatment. *AJR* 1997 ; 165 : 399-403.
- [3] Rabalais GP. Hand infections in children. In Gupta A et al., *The growing hand. Diagnosis and management of the upper extremity in children*. Mosby, 2000.

Brûlures des mains

G. KHAIRALLAH

DIAGNOSTIC DE PROFONDEUR ET PRISE EN CHARGE EN URGENCE

La main de l'enfant est la partie du corps la plus exposée aux brûlures.

Celles-ci peuvent être d'origine thermique (liquide chaud, flammes, rayonnement), électrique ou chimique par contact avec une base forte ou un acide fort. La prise en charge initiale est primordiale : lavage abondant de la plaie à l'eau à température ambiante, couverture par un drap propre ou au mieux un champ stérile. Quelle que soit la plaie, il faut vérifier le statut vaccinal de la victime, et réa-

liser si nécessaire une vaccination, voire une sérothérapie anti-tétanique.

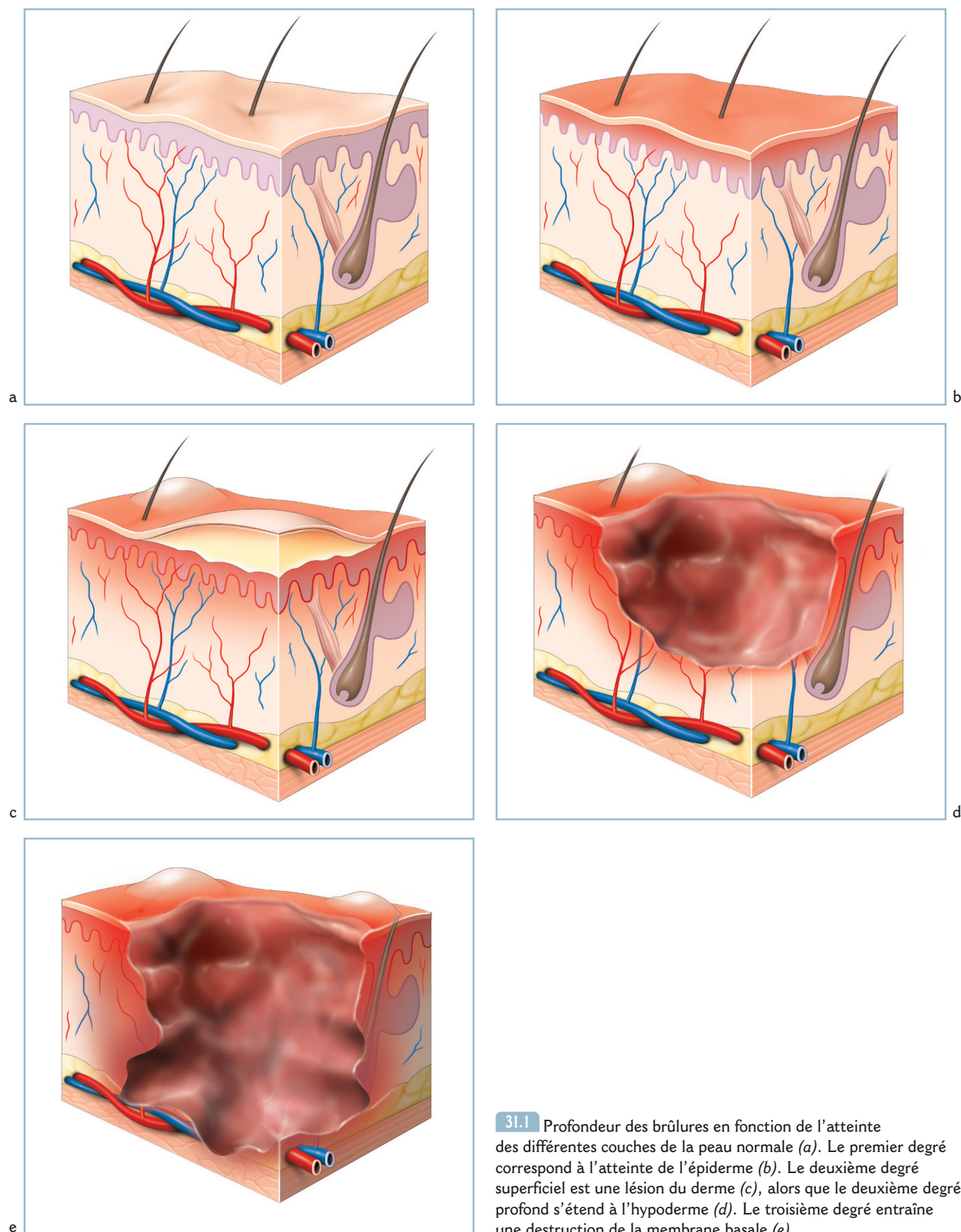
On distingue la gravité des brûlures par l'étendue de la surface, et par la profondeur de l'atteinte (*figure 31.1*).

La profondeur de la brûlure est évaluée par l'aspect local et par l'évolution. Le diagnostic définitif de profondeur ne peut être porté qu'après 48 heures d'évolution. La surface brûlée n'est jamais homogène. Il est bien plus fréquent d'avoir des zones de profondeur différentes parfois très proches, réalisant un aspect en « mosaïque » (*tableau 31.1*).

Deux cas de figure sont à envisager : les brûlures du premier et du second degré superficiel, et les brûlures profondes du second degré intermédiaire, profond ou du troisième degré.

Tableau 31.1 Aspect clinique et évolution des brûlures en fonction de leur profondeur.

Degré	Aspect	Évolution	Exemple
Premier degré	Érythème	Desquamation puis cicatrisation spontanée en 7 jours	
Deuxième degré superficiel	Phlyctène. Sous-sol érythémateux, suintant. Vitropression +. Très sensible	Cicatrisation en moins de 15 jours	
Deuxième degré intermédiaire	Phlyctène. Sous-sol atone. Très sensible.	Cicatrisation en moins de 15 jours (zone de deuxième degré intermédiaire sur le dos du poignet)	
Deuxième degré profond	Phlyctène. Sous-sol : capillaires coagulés. Aspect atone. Follicules pileux intacts. Sensibilité thermo-algique diminuée.	Cicatrisation longue en plus de 15 jours par îlots entourant les bulbes pileux. Risque majeur de rétraction et de cicatrice hypertrophique.	
Troisième degré	Aspect blanchâtre ou noir cartonné. Sensibilité thermo-algique abolie.	Cicatrisation après 3 semaines par contiguïté centripète, avec nécessité d'excision, et de couverture par lambeau ou greffe cutanée.	



31.1 Profondeur des brûlures en fonction de l'atteinte des différentes couches de la peau normale (a). Le premier degré correspond à l'atteinte de l'épiderme (b). Le deuxième degré superficiel est une lésion du derme (c), alors que le deuxième degré profond s'étend à l'hypoderme (d). Le troisième degré entraîne une destruction de la membrane basale (e).

Prise en charge des brûlures superficielles

Les brûlures du premier degré imposent une simple surveillance avec des soins par crèmes hydratantes et un simple antalgique. Il faut cependant réexaminer le patient 24 heures après la brûlure car on constate une évolution des brûlures du premier degré vers le deuxième degré superficiel. La cicatrisation est généralement acquise en moins d'une semaine.

Devant une brûlure du second degré superficiel, l'excision des phlyctènes est préférable chez l'enfant. Un pansement est réalisé avec un topique antiseptique (par exemple sulfadiazine argentique...) tous les deux jours. La cicatrisation doit être acquise en moins de deux semaines chez l'enfant jeune, trois semaines chez le grand enfant. Dans un contexte d'hospitalisation, les plaies peuvent être laissées à l'air en appliquant toutes les deux heures un désinfectant incolore (chlorexidine aqueuse) pendant les trois premiers jours. La prise en charge des brûlures du deuxième degré superficiel doit être soigneuse sous peine d'une évolution secondaire par surinfection vers une brûlure profonde.

L'absence de cicatrisation après deux semaines d'évolution caractérise des brûlures plus profondes.

Prise en charge des brûlures profondes

Dans le cadre des brûlures profondes la vascularisation de la main brûlée est le premier critère à évaluer : la brûlure génère en effet un œdème massif par une augmentation de la perméabilité capillaire. Cet œdème peut être en outre aggravé par une lésion circulaire : le caractère inextensif de la peau brûlée crée un effet garrot. L'incision de décharge, dont nous détaillons plus loin la technique et les indications, est une urgence et doit être réalisée au moindre doute. La main doit être surélevée, et une surveillance du temps de recoloration cutanée et de la saturation sanguine digitale doit être instaurée.

PRÉVENTION DES SÉQUELLES

La prise en charge des brûlures profondes de la main impose également de garder à l'esprit les conséquences fonctionnelles de ce type de lésion. La brûlure de la main, génère en effet une rétraction cutanée lors de la cicatrisation, qui menace les amplitudes articulaires.

La prévention de la rétraction cutanée et de l'enraidissement articulaire doit être réalisée de façon précoce, au mieux dès le début de la prise en charge.

Elle impose :

- le recours à une excision associée à une greffe cutanée précoce, au mieux en peau pleine au niveau des zones péri-

articulaires et de la paume. Dans les cas les plus graves avec atteinte péri-tendineuse, le recours aux techniques de reconstruction de la main et de couverture des pertes de substance de la main par lambeaux pédiculés, voire à un empochement sous cutané abdominal peut être nécessaire ;

- la mise en place au moindre doute sur une brûlure profonde d'une attelle de posture en position d'amplitude maximale. Lorsque c'est possible il convient d'instaurer de façon précoce, une rééducation au moment du changement des pansements ; cette rééducation ne doit être suspendue que pendant les trois jours qui suivent la réalisation de la greffe de peau ;

- la confection de pansements, dans tous les cas, qui préservent les espaces commissuraux et la fonction. La posture neutre étant un poignet à 20° d'extension, une ouverture maximale de la première commissure, les articulations métacarpo-phalangiennes à 80° de flexion, les articulations inter-phalangiennes proximales et distales en extension (position dite intrinsèque + de la main).

ESCARROTOMIE

L'escarrotomie, ou incision de décharge, doit être réalisée au moindre doute, en urgence, avant le transfert éventuel vers un centre référent. Elle est réalisée, chez l'enfant, sous anesthésie générale (*figure 31.2*).



31.2 Incisions de décharge digitales pour des brûlures circulaires du troisième degré. L'écart entre les berges de l'incision est manifeste.

Indications

Ce sont les suivantes :

- toute brûlure circulaire dépassant le second degré intermédiaire ;
- une tension cutanée excessive ;
- une disparition du pouls radial ou ulnaire, et/ou du pouls capillaire et/ou une perte du signal doppler de l'arcade palmaire (selon le type de surveillance instauré) ;
- des paresthésies ou une perte de sensibilité distale en zone brûlée (sauf troisième degré distal) ;
- une perte de sensibilité dans les territoires du nerf médian ou ulnaire dans le cas particulier des brûlures électriques (nécessité d'une décompression nerveuse) ;
- une douleur à l'étirement musculaire passif.

Incisions

Au niveau de l'avant-bras

L'incision radiale est réalisée en premier car c'est celle qui présente le moins de risque d'atteinte nerveuse, le risque concernant la branche sensitive distale du nerf radial. L'incision suit un tracé allant du bord radial du pli de flexion du coude au bord radial du poignet, dans toute la zone de brûlure responsable de la constriction.

En l'absence de reperfusion distale, on réalise une escarotomie médiane. L'incision suit dans ce cas un tracé allant d'un point situé en avant de l'épicondyle médial et à l'extrémité du pli de flexion du coude jusqu'au niveau de l'extrémité ulnaire du pli de flexion du poignet.

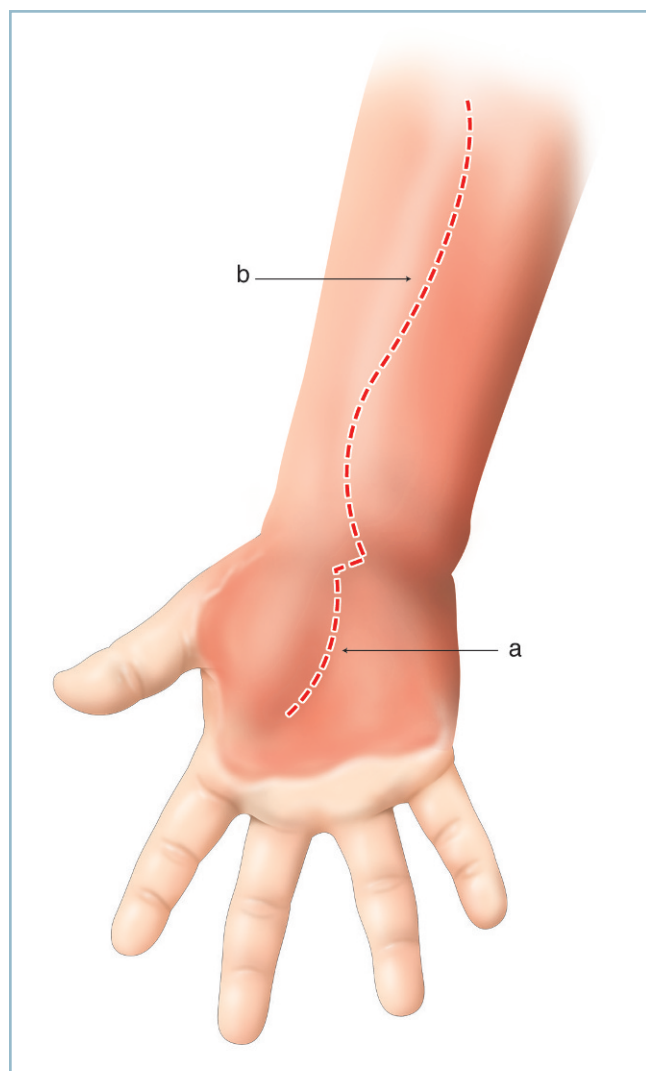
Dautel propose une incision médiane antérieure qui présente l'avantage de pouvoir être prolongée par la voie

d'abord de décompression du nerf médian au niveau du canal carpien si nécessaire (*figure 31.3*).

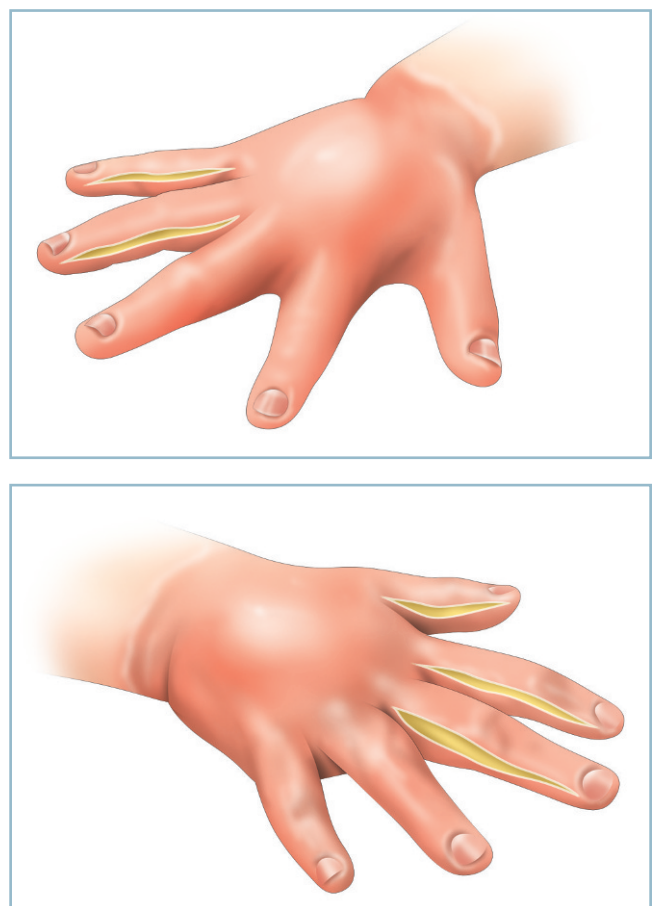
La décompression des nerfs médian et ulnaire est un impératif en cas de brûlures électriques étendues et au moindre doute sur une compression nerveuse. Les incisions de décharge peuvent prolonger les incisions réalisées au niveau de l'avant-bras. On prendra soin de préserver, en réalisant l'incision radiale, les tendons du long abducteur du pouce et du court extenseur du pouce.

Au niveau des doigts

Lorsque les brûlures sont circulaires et dépassent en profondeur le deuxième degré superficiel, les incisions de décharge sont réalisées sur les faces radiales et médianes des doigts avec un « décroché » au niveau du pli de flexion des articulations inter-phalangiennes proximales et distales. L'incision peut être radiale ou ulnaire, mais il faut préférer une incision sur le bord ulnaire des deuxième et troisième doigts en prévention d'une cicatrice douloureuse lors de l'opposition pollici-digitale, et plutôt sur le bord radial pour les quatrième et cinquième doigts (*figure 31.4*).



31.3 Incision de décharge palmaire (a) et au niveau de l'avant-bras (b).



31.4 Incisions de décharge au niveau des doigts, sur le bord radial pour les quatrième et cinquième doigts (a) et sur le bord ulnaire pour les trois premiers doigts (b).

Une décompression au niveau des muscles interosseux peut être en outre nécessaire s'il existe un œdème majeur de la main ou une gêne à la flexion. Leur libération est réalisée par des incisions longitudinales réalisées sur le dos de la main, dans l'espace inter-métacarpien, et le fascia de ces muscles est incisé largement par cette voie d'abord.

L'escarrotomie doit être étendue au fascia lorsque les brûlures sont profondes (troisième degré) et dans toutes les indications d'escarrotomie en cas de brûlures électriques : ces brûlures concernent en effet essentiellement le muscle, et l'atteinte cutanée ne constitue que le « sommet de l'iceberg ».

CONDUITE À TENIR POUR LA FERMETURE DE LA PLAIE

Le schéma décisionnel doit prendre en compte l'état général du patient, la surface totale brûlée, et la disponibilité de zones donneuses de greffe cutanée.

Dans le cas de brûlures limitées aux mains nous proposons le schéma thérapeutique suivant au **tableau 31.2**.

Excision de pleine épaisseur

L'excision de pleine épaisseur est réalisée sous garrot pneumatique pour préserver au mieux les veines et le péri-tendon. Si elle est dorsale, l'excision doit être limitée à la moitié de la hauteur digitale. Une excision plus palmaire est en effet génératrice de brides. La dissection est menée au mieux dans un plan situé au-dessus des veines superficielles. La greffe de peau doit être fixée en position d'extension maximale de l'articulation. Une attention particulière doit être portée au pansement qui doit préserver l'ouverture commissurale. Une attelle d'immobilisation en

position d'amplitude maximale de l'articulation est laissée en place. Le pansement est renouvelé à trois jours post-greffe puis tous les deux jours.

Excision tangentielle

Pour des brûlures d'épaisseur moindre, une excision partielle est réalisée au dermatome. L'épaisseur de coupe doit être de moins de 0,4 mm pour préserver le derme sain. L'excision s'arrête lorsqu'un saignement punctiforme en nappe est constaté. Il est donc préférable de réaliser l'excision tangentielle sans garrot (**figure 31.5**).

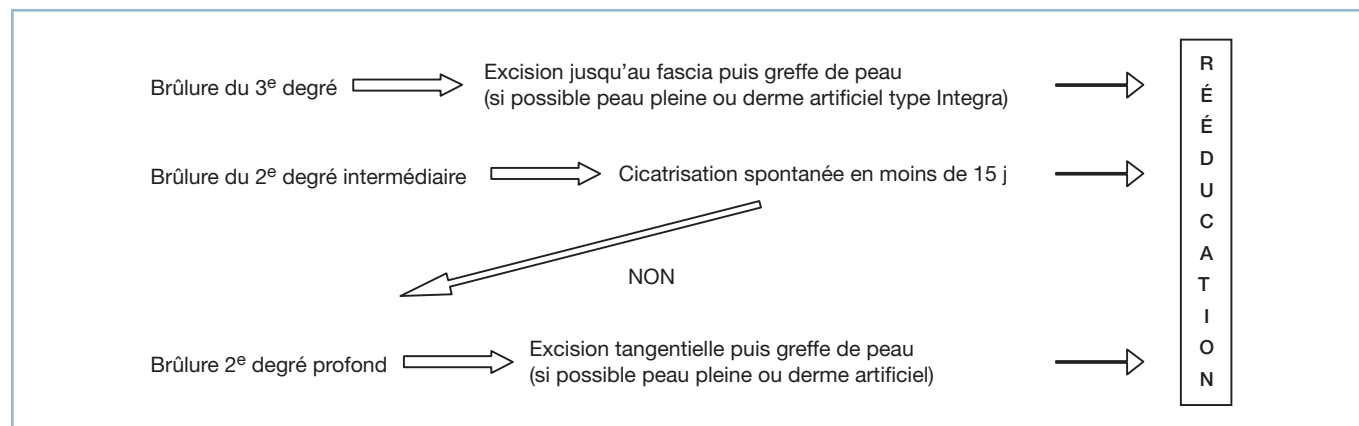
Les brûlures étant le plus souvent en mosaïque, il convient de traiter les différentes zones de façon séparée afin de préserver au mieux le derme sain. L'excision tangentielle peut être rendue plus aisée dans les zones concaves par l'infiltration sous-cutanée de sérum physiologique.

La perte sanguine, rapidement majeure chez l'enfant, doit être limitée au possible par l'application de compresses imbibées de sérum adrénaliné dès que le plan sain est atteint.



31.5 Aspect après excision tangentielle de brûlures du dos de la main réalisées au dermatome et à l'aide d'un appareil à jet d'eau pulsé. Noter le piqueté hémorragique qui signe une zone saine.

Tableau 31.2 Schéma thérapeutique pour la prise en charge des brûlures limitées aux mains, en fonction de leur profondeur, et de leur évolution.



Prélèvement de greffe de peau

Toutes les zones du corps sont susceptibles d'être des zones donneuses de greffe cutanée. Lorsque cela est possible, le site de prélèvement idéal de peau chez l'enfant est le cuir chevelu. La surface du cuir chevelu est en effet plus large que chez l'adulte du fait de la proportion volumétrique relative de la tête par rapport au reste du corps. Même sans expansion de la greffe, un prélèvement sur le cuir chevelu permet de couvrir jusqu'à 10 % de la surface cutanée totale chez le jeune enfant. Les cicatrices de la zone donneuse sont en outre couvertes et masquées par la repousse des cheveux. Le risque de cicatrice hypertrophique au niveau de cette zone donneuse est nul.

Lorsqu'un second temps de prélèvement est nécessaire il est possible de prélever à nouveau la même zone à condition de respecter un délai de 15 jours (soit une cicatrisation complète) entre les deux temps de greffe.

L'infiltration préalable au sérum physiologique est nécessaire pour un prélèvement sur le cuir chevelu afin de transformer la zone convexe en zone plane. Le prélèvement doit se limiter au cuir chevelu. L'extension du prélèvement à une zone glabre est en effet potentiellement génératrice de cicatrices disgracieuses, non camouflables, sur l'extrémité céphalique.

La zone donneuse retenue est badigeonnée de vaseline liquide. L'épaisseur de coupe doit être préférentiellement de 0,2 mm. L'assistance d'un aide qui tend la peau sur la zone donneuse et retient le lambeau prélevé est précieuse.

La zone donneuse est ensuite couverte d'un pansement de type alginate à visée hémostatique.

Expansion de la greffe et mise en place

Lorsque la zone donneuse est limitée il est possible d'expander la greffe à l'aide d'un instrument (« expandeur ») qui réalise des incisions régulières dans le greffon. La surface couverte est multipliée en fonction de la longueur des incisions, et la cicatrisation entre les mailles se fait par contiguïté.

L'expansion est cependant à manier avec prudence : la couverture d'une zone plus large se fait au prix d'un résultat esthétique et fonctionnel moins bon. La cicatrisation entre les mailles génère en effet un aspect que les patients décriront plus tard en « bas résille » ou en « peau de crocodile ». Le retard de cicatrisation entre les mailles est à l'origine d'une rétraction cicatricielle secondaire proportionnelle au facteur d'expansion. L'expansion fragilise par ailleurs le greffon qui est moins aisé à fixer sur la zone receveuse et plus à même de se rompre.

La mise en place de la greffe est réalisée dans la position d'extension cutanée maximale de la zone receveuse afin de préserver au mieux la laxité cutanée peri-articulaire.

Le greffon peut être fixé par des agrafes, mais il est préférable d'avoir recours au fils à résorption rapide pour un meilleur confort de l'enfant (*figure 31.6*).

Une immobilisation temporaire du membre est nécessaire pendant cinq jours, au moins.



31.6 Aspect immédiat après greffe de peau du dos de la main.

Points essentiels

- Indication large des incisions de décharge.
- Appareillage précoce pendant la phase de cicatrisation.
- Rééducation précoce et prolongée.

Pièges à éviter

- Pansement pas assez ouvert au niveau des commissures.
- Excision et greffes cutanées trop tardives : à faire avant les autres zones, idéalement entre le quatrième et le septième jour.

Bibliographie

- [1] Salisbury RE, Dingeldein GP. The burned hand and upper extremity. In Green DP et al., *Operative hand surgery*. London, Churchill Livingstone, 1988.
- [2] Smith MA et al. Burns of the hand and upper limb. A review. *Burns* 1998 ; 24 : 493-505.
- [3] Barillo DJ et al. Prospective outcome analysis of a protocol for the surgical and rehabilitative management of burns to the hands. *Plastic and reconstructive surgery* 1997 ; 100 : 1442-51.
- [4] Tambuscio A et al. Deep burn of the hands : early surgical treatment avoids the need for late revisions ? *Burns* 2006 ; 32 : 1000-4.
- [5] Grandes pertes de substance de la main. In Merle M, Dautel G. *La main traumatique*. Paris, Masson, 1995.