

# Les techniques de modulation de croissance du genou de l'enfant : actualités



P. JOURNEAU

## RÉSUMÉ

La modulation de croissance fait partie de l'arsenal du chirurgien dans le traitement des déformations ou inégalités de longueur des membres. Ce concept de guidage de la croissance est ancien, et plusieurs techniques qui semblent s'opposer sont en réalité le plus souvent complémentaires. En effet, selon que l'on souhaite obtenir un ralentissement ou un arrêt de croissance, que l'on traite une inégalité de longueur ou une déviation axiale, les techniques sont variées, et le choix repose en partie sur l'indication. Il est donc essentiel d'en connaître les détails techniques pour chacune d'entre elle : modulation transitoire ou définitive, complète ou asymétrique, avec ou sans implant. L'effet de mode, les habitudes personnelles ont parfois eu raison des principes initiaux, et le retour aux descriptions princeps est essentiel : techniques

de Phemister, de Bowen, de Blount, de Métaizeau, de Stevens ou d'autres, toutes ont leurs particularités opératoires. Au-delà de l'intervention chirurgicale, l'indication et le choix de la technique sont posés selon l'âge du patient, qu'il s'agisse d'une anomalie localisée ou d'une maladie générale, tout cela faisant partie d'une stratégie précise de traitement selon les calculs prévisionnels, qui sont indispensables à tout préalable opératoire. D'autres localisations peuvent également faire l'objet d'une modulation de croissance, poignet, cheville, voire la hanche, et la correction de déformations sagittales ou rotatoires commence à s'envisager, tout cela sous l'émergence de nouvelles techniques moins invasives, réversibles, et d'efficacité identique.

**Mots-clés :** Modulation de croissance – Genou – Inégalité de longueur – Déviations axiales – Techniques chirurgicales.

## Introduction

Issu du grec « phusis » (φύσις), signifiant croissance, nature, voire naissance, la physe est la zone cartilagineuse séparant la métaphyse de l'épiphyse. Elles sont la plupart du temps au nombre de deux par os long et responsables de leur croissance longitudinale.

Si le terme d'épiphysiodèse est celui consacré par l'usage, la réalité sémantique voudrait que l'on parle plutôt de « physiodèse » lorsqu'est évoqué l'acte chirurgical destiné à bloquer ou ralentir la croissance d'un segment osseux.

De même, l'adjectif « transitoire » ne peut pas non plus s'appliquer au terme « dèse », qui est une fusion forcément définitive. Ainsi une « physiodèse » dite « définitive » est un pléonasme, alors qu'une « physiodèse » transitoire est un non-sens.

Karger, en 1995, retraçait l'historique des techniques, qu'elles soient définitives ou transitoires. C'est Phemister qui, en 1933, décrit le premier le blocage de croissance par le retournement de 180° d'un bloc osseux métaphyso-physo-épiphysaire, à cheval sur la physe, en régions latérale et médiale. Puis Blount, en

1949, décrit le concept « d'épiphysiodèse transitoire », en plaçant des agrafes à cheval sur la plaque de croissance, laissant celle-ci intacte, facteur de réversibilité théorique après leur ablation [1].

Les deux modes de contrôle de la croissance osseuse étaient nés, et les décennies suivantes furent consacrées à affiner les techniques et les matériels chirurgicaux, que ce soit à visée définitive ou transitoire, pour corriger une inégalité de longueur ou une déviation angulaire, acte que l'on doit maintenant appeler « modulation de croissance »

Avant d'envisager une modulation de croissance, la démarche initiale consiste à déterminer le gain angulaire ou de longueur que l'on souhaite obtenir par l'intervention, et ces calculs prévisionnels sont indispensables. Si la répartition du potentiel de croissance de chaque physe est connue, 70 à 75 % pour le fémur distal, 55 à 60 % pour le tibia proximal, la réelle difficulté reste la détermination de la quantité de croissance restante en fonction de l'âge de l'enfant pour pouvoir planifier la correction. L'analyse préalable de l'âge osseux est fondamentale, en utilisant l'atlas de Greulich et Pyle pour le poignet, la méthode

de Sauvegrain et Nahum pour le coude. Toutefois, de nombreuses autres possibilités existent et, comme le recommande Bronfen [2], il est utile et prudent d'en utiliser deux pour un même patient, afin de minimiser les risques d'erreur. Les courbes de Green et Anderson donnent la croissance osseuse restante en fonction de l'âge et, actuellement, des logiciels ou applications informatiques (comme celle développée par Paley, «Paley growth Predictions») précisent au mieux les pronostics, tenant compte de la longueur réelle du segment osseux à traiter [3].

Il est certain que la majeure partie des guidages de croissance se pratique autour du genou. Toutefois, il ne faut pas nier les indications dans d'autres localisations comme le poignet ou la cheville, notamment dans certaines maladies osseuses constitutionnelles (maladie exostosante), ou métaboliques (certaines formes de rachitisme, les mucopolysaccharidoses, etc.), qui présentent des déformations segmentaires multiples pour lesquelles le guidage de croissance est largement utilisé (figure 20.1).

Les principales questions à se poser lorsque l'on porte une indication de modulation sont :

- Quels sont les points-clés des différentes techniques chirurgicales selon que l'on souhaite corriger une déviation axiale ou une inégalité de longueur, et quels sont les avantages et inconvénients de chacune ?
- Quelles sont leurs indications électives dans un programme de correction ?



Figure 20.1. Modulation de croissance latérale du radius distal d'une maladie exostosante présentant un excès de pente radiale (à gauche). Aspect à 18 mois de recul, avec une amélioration nette de la pente radiale (à droite).

- Comment calculer au mieux la date de réalisation d'une modulation de croissance ?
- Quelles sont les voies de recherche et les nouveautés ?

## Arrêts définitifs

Ces techniques ont pour point commun la destruction de la physe ou un caractère transfixiant, même si pour le vissage transphysaire, une potentielle réversibilité a été décrite.

## Technique de Phemister [1]

Elle se pratique à foyer ouvert et présente l'avantage de ne pas implanter de matériel, donc sans intervention ultérieure à prévoir. Elle peut être réalisée sur tous les segments.

Elle consiste à prélever, après un abord épiphysométaphysaire, un bloc osseux à cheval sur la physe, sur les versants latéraux et médiaux du fémur et/ou du tibia. La taille recommandée est de 30 mm de longueur (20 mm sur le versant métaphysaire et 10 mm au niveau de l'épiphyse). L'épaisseur du fragment est de 10 mm et sa largeur de 15 mm. Ces chiffres tiennent compte de la morphologie des extrémités osseuses chez un adolescent. Le bloc osseux est alors retourné de 180° selon l'axe cranio-caudal, et encastré de force dans le logement, après avoir cureté la physe visible en avant et en arrière, sur une profondeur de 20 mm de chaque côté. Le périoste est ensuite suturé, puis le genou est immobilisé dans une attelle amovible, l'apui étant autorisé (figure 20.2).

Les points techniques particuliers auxquels il faut être attentif sont les suivants :

- la nécessité de bien ouvrir le périoste et la virole péri-chondrale pour visualiser la physe, pour centrer le plot osseux, puis suturer soigneusement le paletot périosté afin de maintenir le fragment encastré ;
- sur le tibia proximal et latéral, il est conseillé de faire une incision cutanée oblique en bas et en avant, depuis la tête fibulaire jusqu'au tubercule de Gerdy, afin de pouvoir aborder dans le même temps, la fibula proximale et le tibia, en protégeant le nerf fibulaire commun ;
- la physe fibulaire est simplement curetée ;
- la réalisation d'un fragment osseux quadrangulaire est délicate, avec un risque de fracture du plot lors de l'extraction : peu d'instruments permettent de passer en profondeur pour le détacher. L'utilisation d'un ciseau courbe de petite taille (10 mm) aide à détacher le greffon ;
- la fusion de la plaque conjugale est obtenue en trois mois environ et cela est superposable aux autres

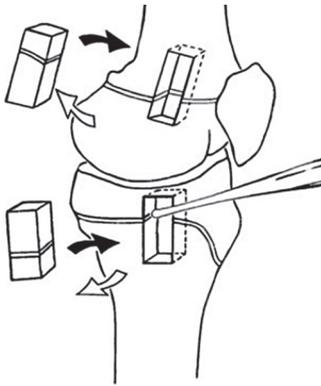


Figure 20.2. Technique de Phemister : un bloc quadragulaire est prélevé à cheval sur la physe, puis est retourné de 180° pour être encastré.

Crédit : d'après [1], reproduit avec l'autorisation de l'auteur.

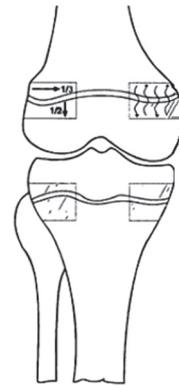


Figure 20.3. Topographie des zones de curetage dans la technique de Bowen : la zone centrale de la physe est respectée. Il est recommandé de cureter la partie périphérique de la physe au niveau du point d'introduction sur 10 mm de côté d'avant en arrière.

Crédit : d'après [1], reproduit avec l'autorisation de l'auteur.

techniques. Toutefois, une morbidité plus importante (hématome, rançon cicatricielle), une durée d'hospitalisation plus longue et la nécessité d'une rééducation postopératoire sont à considérer [4]. En revanche aucune ablation de matériel n'est requise.

## Curetage physaire percutané

Initié par Bowen en 1984 [1], la destruction percutanée de la plaque de croissance a fait l'objet de nombreuses modifications ou ajouts techniques au cours des 30 dernières années, mais sans que le principe et la philosophie en soient modifiés.

Le concept repose sur la destruction de la plaque de croissance, à l'aide d'un outil introduit sous contrôle radioscopique, sur les deux versants, médial et latéral.

Ainsi, dans la technique originale de Bowen, après avoir effectué une incision de 3 mm au milieu antéro-postérieur de la plaque de croissance, il utilise tout d'abord un ciseau à os très fin afin d'initier le trou osseux. Puis, à l'aide d'une curette, il balaye le cartilage de croissance d'avant en arrière, en prenant soin de respecter le tiers central de physe, afin d'éviter une déformation épiphysaire en queue de poisson (effet « fish tail ») (figure 20.3). Les côtés latéraux et médiaux sont ainsi traités, et la vérification est faite à l'aide d'une injection de produit de contraste dans l'orifice de curetage. Une attelle amovible maintient le genou pour trois à quatre semaines, l'appui étant autorisé.

De multiples instruments ont été utilisés pour effectuer le curetage : mèche canulée de 4 mm sur une broche suivie d'une fraise pour Canale, scie tubulaire de 10 mm pour extraire et repositionner un greffon cylindrique après un curetage pour MacNicol, ou une simple mèche de 4,5 mm [1, 5]. Toutefois, ces auteurs

ne parlent pas de respecter le tiers central de la plaque et, au contraire, recommandent une profondeur d'introduction de l'instrument de 6 cm.

Il a également été proposé la réalisation d'une seule voie d'abord : cela est fortement déconseillé, comme le démontre Edmonds et Stasikelis [6]. En effet, si le taux de complications mineures est identique entre les deux groupes de sa série (hématomes et épanchements articulaires principalement), le taux de complications majeures est quatre fois plus important dans le groupe voie d'abord unique.

Les quatre complications majeures retrouvées dans cette série étaient celles décrites habituellement dans cette technique : inefficacité partielle, voire asymétrique, responsable d'une déformation angulaire, fracture ou décollement épiphysaire et effraction articulaire.

Ainsi, malgré l'enthousiasme de nombreux auteurs pour la technique percutanée ne rapportant qu'un taux très faible, voire nul, de complications pour les séries les plus anciennes [5, 7], les analyses plus récentes démontrent que l'efficacité est parfois insuffisante sur le gain en longueur, voire partielle latéralement, responsable alors de déviation angulaire, sans compter les hématomes ou effusions articulaires, toujours qualifiés de complications mineures [8, 9]. Craviari *et al.* notent seulement 48 % de résultats excellents, avec dix enfants ayant nécessité une réintervention pour défaut d'efficacité sur une série de 60 patients [10]. Ces résultats rendent compte d'une certaine difficulté technique, malgré son apparente simplicité.

Les points majeurs du curetage percutané sont :

- une rançon cicatricielle minimale, quel que soit l'instrument employé ;

- l'absence d'intervention ultérieure, comme pour la technique de Phemister;
- aucun instrument chirurgical n'a fait la preuve de sa supériorité, que ce soit dans l'innocuité ou l'efficacité : curette, fraise, mèche sont indifféremment utilisées, mais les instruments motorisés entraînent plus de problèmes cutanés;
- le taux de complications reste élevé : mineures et non spécifiques (hématome, épanchement), ou en rapport direct avec la technique comme les brûlures cutanées, ou majeures (inefficacité partielle ou totale, voire fracture);
- la durée opératoire est sensiblement identique aux autres méthodes;
- il est essentiel de respecter le principe de deux abord chirurgicaux dans l'indication d'un arrêt complet;
- la surface exacte à cureter, le respect ou non d'un pont central, l'évaluation radiologique précoce post-opératoire (avant la survenue d'une déviation parasite) et le délai d'action restent des sujets non résolus.

## Vissage métaphyso-épiphysaire percutané

Publiée par Métaizeau *et al.* en 1998 [11], la technique consiste en l'insertion croisée, depuis la métaphyse, de deux vis de 6 ou 7 mm de diamètre, traversant la physe, de manière à ralentir puis à arrêter progressivement la croissance. Utilisable pour le tibia proximal et le fémur distal, elle a été décrite par le promoteur aussi bien pour le traitement des inégalités de longueur que pour les déviations axiales, et prône même la réversibilité dans ce dernier cas. Ce point est fondamental, car cette technique a été accusée d'être moins efficace que d'autres méthodes, en particulier par comparaison au curetage [12]. En réalité, Métaizeau *et al.* insistent bien dans leur description sur deux points : le caractère retardé de six mois de l'arrêt de croissance, et sa progressive efficacité, qui devient maximale à un an postopératoire. Ilharreborde *et al.* retrouvent la même notion de décalage d'action de six mois sur une série plus récente [13]. Ce point est crucial lors des calculs prévisionnels. Cela peut aussi expliquer le caractère réversible, du moins lorsque l'on ne dépasse pas une durée excessive de maintien des vis, cette durée maximale n'étant toutefois pas clairement définie (deux ans?), bien que Métaizeau *et al.* soutiennent, en l'absence de curetage ou de taraudage de la physe, que la réversibilité reste possible jusqu'à la fermeture définitive des physes.

Dans la technique princeps, le blocage de la physe fémorale distale est mené sous contrôle radioscopique, en insérant en premier la vis latérale, obliquement en

direction du condyle médial. La position finale de cette première vis est située à la jonction du tiers moyen et médial de la physe, légèrement postérieurement. La deuxième vis est mise en place depuis la métaphyse médiale, légèrement en avant de la première (figure 20.4). L'auteur recommande l'utilisation de vis à filetage partiel long. Si un filetage court venait à être utilisé, une rondelle est nécessaire pour augmenter l'effet de compression. Une alternative consiste à placer les vis le plus verticalement possible pour éviter qu'elles ne se croisent, mais le positionnement est souvent limité par l'épaisseur des parties molles. Ce positionnement vertical, bien que techniquement plus délicat, présenterait l'avantage d'augmenter les forces d'arrêt de croissance selon le promoteur.

Le vissage tibial est effectué selon le même principe, soit en croisant les vis, soit les insérant le plus verticalement possible, avec les mêmes réserves que précédemment. La vis latérale est positionnée en premier, avec un point d'entrée situé juste sous la crête tibiale, de façon à éviter tout dommage aux muscles de la loge antérieure de jambe. Elle est dirigée légèrement en arrière, et doit arriver à la jonction entre le tiers moyen et le tiers médial de la physe. La vis médiale est mise en place en avant de la première, en ayant un point d'entrée et une extrémité symétriques à la première.

Reste la question de la physiodèse fibulaire proximale : Métaizeau *et al.* recommandent de la réaliser en même temps que celle du tibia lorsque l'on souhaite effectuer une correction d'inégalité supérieure à 20 mm. Dans ce cas, il est conseillé de faire un court

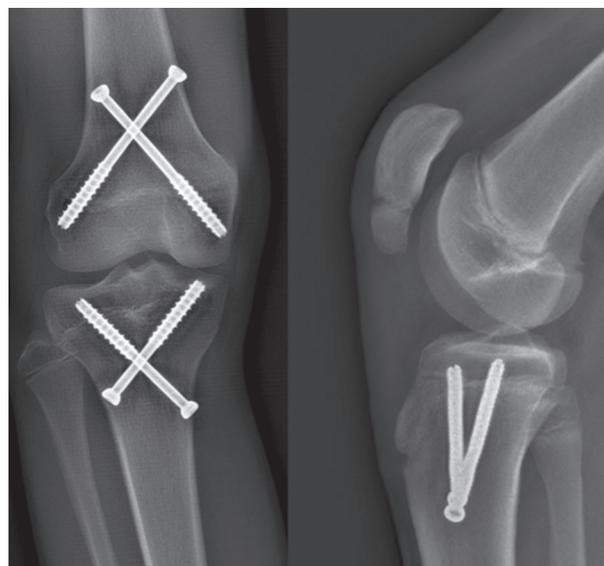


Figure 20.4. Vissage percutané transphyseaire. Les vis sont situées dans le tiers latéral et médial des physes de face, et sont décalées de profil.

abord pour repérer le nerf fibulaire commun, un curetage ou vissage cranio-caudal pouvant être effectués. En l'absence de traitement de la physe fibulaire proximale, il peut se produire une ascension de la tête fibulaire, voire une subluxation latérale (figure 20.5). Il pourrait être d'usage que lors d'une correction inférieure ou égale à 20 mm sur le tibia, il ne serait pas nécessaire d'effectuer de la bloquer, simplifiant alors la procédure chirurgicale.

Les complications observées dans cette technique sont les suivantes :

- une hypocorrection des inégalités de longueurs est fréquemment notée [12, 13]. Toutefois, ces auteurs insistent sur le caractère progressif et donc retardé de l'arrêt de croissance, délai qui doit être pris en compte dans le calcul prévisionnel. Song *et al.* vont même au-delà, mentionnant une date opératoire plus précoce de un an par rapport aux calculs [14]. Ces auteurs insistent également sur les caractéristiques des vis et les détails techniques : vis en acier, à filetage complet, de diamètre minimal de 6 mm, au moins quatre spires dans l'épiphyse, introduites selon un angle idéal pour assurer le meilleur freinage, à l'instar de Métaizeau *et al.* qui recommandent un angle le plus vertical possible ;
- Normandin *et al.* ont observé une incurvation progressive des vis, mais les auteurs utilisaient un diamètre de 4 mm, ce qui semble nettement insuffisant, et ils concluaient en soulignant que la morphologie du filetage ainsi que sa profondeur étaient des éléments déterminants d'efficacité [15] ;
- les autres complications les plus communément observées sont les hématomes des parties molles au point d'insertion, une hémarthrose transitoire (pouvant traduire une effraction articulaire), les difficultés d'ablation du matériel et, parfois, une gêne liée à une saillie des têtes de vis.

Ainsi les points techniques incontournables qui régissent la réalisation d'une modulation par vissage sont :

- la prise en compte d'un délai d'au moins six mois pour obtenir l'arrêt de croissance par rapport à la date théorique ;

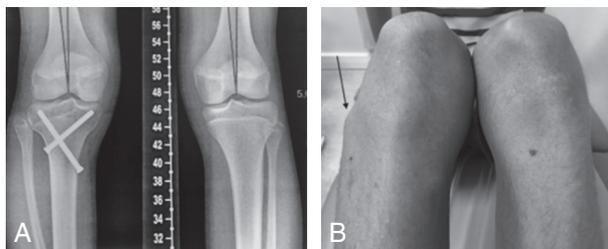


Figure 20.5. Physiodèse tibiale proximale isolée pour un gain de 30 mm, responsable d'une ascension de la tête fibulaire par rapport au côté opposé (A), et d'une subluxation latérale clinique (B).

- l'utilisation d'un guide pour le méchage afin d'éviter les traumatismes des parties molles ;
- un angle d'insertion le plus vertical possible ;
- le filetage des vis doit se situer à la jonction entre le tiers moyen et le tiers latéral (ou médial) de la physe ;
- les vis sont décalées de profil, l'une dirigée vers l'arrière, et l'autre vers l'avant ;
- le diamètre minimal des vis est de 6 mm, mais ne pas hésiter à utiliser 6,5, voire 7 mm, en acier, à filetage complet et de profondeur maximale ;
- idéalement, au moins quatre spires doivent se trouver dans l'épiphyse ;
- l'ablation du matériel est facilitée par des vis à grosse tête, cette dernière devant s'appuyer sur la corticale, sans la pénétrer.

## Ralentissements transitoires

Le principe transitoire repose sur le respect de l'ensemble des composants de la plaque conjugale, son environnement vasculaire supporté par la virole péri-chondrale, ainsi que le périoste adjacent. De même, l'absence de lésion directe de la physe par le matériel employé reste une notion à garder à l'esprit, même si le vissage percutané a prouvé son caractère réversible. Ainsi, ce mécanisme transitoire réside en une compression de part et d'autre de la physe à l'aide d'un implant dédié, sans la léser directement.

## Agrafage périphysaire

Initié par Blount en 1949, et littéralement nommé « agrafage épiphysaire », il s'agit en réalité de la mise en place d'agrafes à cheval sur la physe, ancrées dans la métaphyse et l'épiphyse [1]. Comme pour le curetage ou le vissage, un repérage radioscopique peropératoire est nécessaire. L'agrafage repose sur un blocage circonférentiel de la physe : si on assimile l'extrémité distale du fémur ou proximale du tibia à un cercle ou une ellipse, six agrafes (parfois quatre seulement au tibia en fonction de la taille de l'enfant) sont nécessaires pour obtenir un blocage harmonieux tout au pourtour de l'os (figure 20.6).

Un abord de l'ordre de 4 à 5 cm de long est pratiqué sur les faces latérale et médiale de l'os. Au niveau du fémur, il est nécessaire de décoller les plans suffisamment, en avant et en arrière, pour positionner correctement les agrafes : les agrafes médiane latérale et médiale sont impactées en premier, au milieu du plan antéro-postérieur, puis les plus postérieures sont mises en place en s'aidant d'une flexion du genou, alors que le positionnement antérieur se fait en extension du genou.

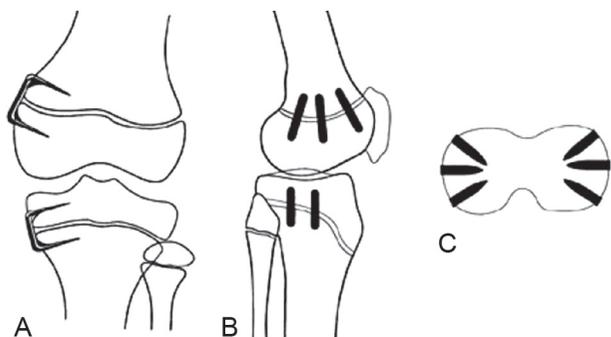


Figure 20.6. Positionnement des agrafes de face (A), de profil (B) et en vue axiale (C) selon la technique de Blount.

Crédit : d'après [1], reproduit avec l'autorisation de l'auteur.

Pour le tibia, il est parfois nécessaire de décoller les tendons de la patte d'oie pour passer en dessous et plaquer ainsi les implants mais Karger décrit aussi la possibilité de passer au travers des tendons [1]. Latéralement, l'agrafe la plus postérieure est implantée au ras de la tête fibulaire, alors que, médialement, elle est située juste en avant du ligament collatéral médial. Pour ces raisons de positionnement postérieur malaisé, il est recommandé que les incisions tibiales soient obliques en haut et en arrière, facilitant une désinsertion partielle des muscles de la loge latérale de jambe et la mise en place de l'agrafe la plus postérieure latéralement, ainsi que, médialement, la visualisation du ligament collatéral.

Leur localisation est précise : les trois agrafes latérales et médiales sont réparties de façon homogène sur chaque hémicirconférence, convergeant vers le centre de l'os et sont perpendiculaires à l'axe horizontal de la physe, à équidistance dans l'épiphyse et la métaphyse. Elles sont strictement extrapériostées afin de préserver la vascularisation périphérique de la physe.

Les principales difficultés de cette technique, même si elle est restée pendant près de cinq décennies la référence, sont essentiellement liées au matériel. Tout d'abord, un grand nombre d'expulsions ont été décrites, y compris par Blount lui-même dans sa série de 1971 [1] : le caractère extra-périosté (bien sûr indispensable), et le caractère lisse de l'agrafe sont des explications possibles. De plus, les pointes de l'agrafe étant coniques depuis le corps jusqu'à leur extrémité, dès lors que l'agrafe se détache de l'os, les contraintes et modifications de l'os agissent comme un effet « bouchon qui saute », puisque plus rien ne retient l'agrafe.

La rigidité de l'agrafe a été mise en cause lors de la survenue de fracture à la jonction corps/pointe au cours de la croissance. Cette rigidité est également probablement à l'origine de l'absence de réversibilité (ou de son caractère aléatoire) si les agrafes sont laissées en

place trop longtemps, entraînant un effet de compression trop élevé sur la physe.

Ainsi, les points fondamentaux de cette technique sont :

- le caractère harmonieux théorique du blocage puisque les implants sont équitablement répartis sur tout le pourtour de la physe, ou unilatéralement si l'on souhaite une correction angulaire ;
- la réversibilité, du moins également théorique en raison de l'absence de destruction physaire ;
- la nécessité d'utiliser des agrafes crantées sur les pointes et non pas l'agrafe de Blount conventionnelle pour diminuer le risque d'expulsion ;
- un maintien des agrafes probablement inférieur à deux ans si l'on souhaite une réversibilité ;
- une rançon cicatricielle non négligeable, similaire à la technique de Phemister.

## Plaques vissées de compression périphyse

Véritable évolution technique découlant du principe de Blount et s'appuyant sur certaines complications précédemment observées, Stevens a mis au point une plaque vissée pontant la physe, utilisable, selon l'auteur, aussi bien pour les déviations angulaires que pour la correction des inégalités de longueur, et baptisée Eight Plate® (Orthofix) [16]. Les évolutions techniques avec ce nouvel implant sont de trois types : l'ancrage osseux à l'aide de vis, assurant un maintien solide, une mobilité de 20° des vis au sein de la plaque, évitant ainsi une compression directe de la physe et donc d'éventuelles lésions irréversibles (figure 20.7), et

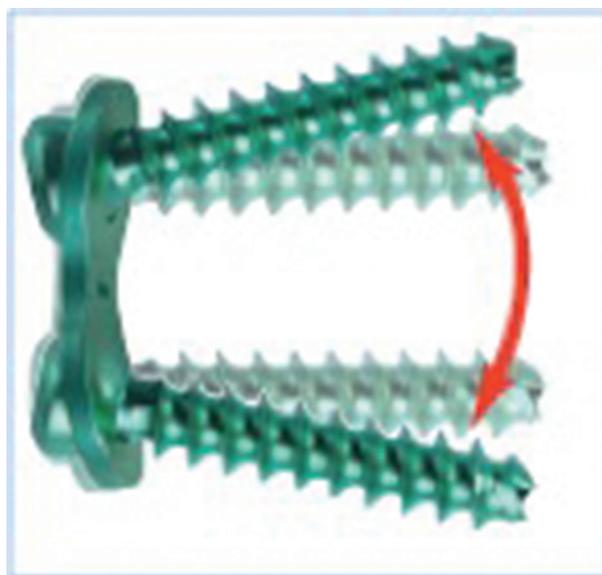


Figure 20.7. Débattement des vis dans les trous de la plaque, pour diminuer la pression exercée sur la physe.

la nécessité de n'utiliser qu'une seule plaque centrée sagittalement sur la physe, deux plaques côte à côte n'offrant pas d'avantage biomécanique supplémentaire d'après Stevens [16]. D'autres auteurs ont démontré l'inverse [17], à l'origine du développement des plaques à quatre vis (Quad plate®, Orthofix). Depuis cette période, d'autres implants similaires ont vu le jour, mais reposant cependant sur le même concept de tension sur la physe (plaque à charnières par exemple). La technique opératoire est similaire à celle de l'agrafage. L'abord cutané est centré sur la physe. Il ne doit y avoir ni dissection ni altération de la virole péri-chondrale afin d'éviter tout dommage vasculaire de la physe. Sous contrôle radioscopique, le centrage de l'implant est facilité par la présence d'un trou au travers duquel est introduite une broche lisse positionnée dans la physe (figure 20.8), plutôt à la main et non au moteur pour sentir la consistance cartilagineuse de la physe. Le centrage est essentiel : de face, la broche doit suivre la morphologie particulière de la physe, notamment fémorale, de façon à ce que la plaque se retrouve perpendiculaire à la plaque conjugale. Ainsi la broche est régulièrement légèrement oblique. De profil, la plaque est strictement équidistante des limites antérieures et postérieures du cartilage de croissance. Cela signifie qu'au tibia, les plaques doivent être donc implantées en arrière de l'axe mécanique (figure 20.9). En raison de ces contraintes anatomiques, les incisions cutanées et le décollement associé restent conséquents et, comme pour l'agrafage, les incisions tibiales sont légèrement obliques en haut et en arrière. Une fois la broche de centrage correctement positionnée, la plaque est glissée dessus, appliquée sur la virole péri-chondrale, puis les vis sont introduites, après méchage partiel, parallèlement à la physe et perpendiculairement à la plaque. La longueur des vis est adaptée à la largeur de la physe. Elles doivent être suffisamment

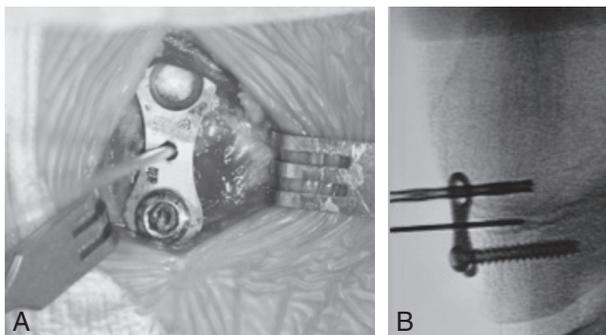


Figure 20.8. Centrage de la plaque à l'aide d'une broche lisse introduite dans la physe, et sur laquelle glisse la plaque (A). Une fois la plaque positionnée, le méchage est effectué, pour la mise en place des vis (B).

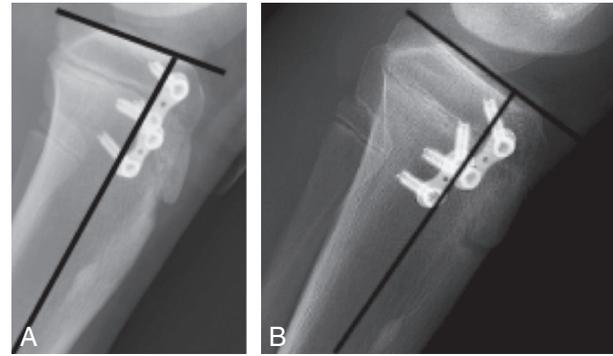


Figure 20.9. Blocage transitoire tibiale proximale pour laquelle les plaques ont été positionnées selon l'axe mécanique sagittal et non selon l'axe anatomique (A). L'évolution est marquée par un recurvatum progressif et une inversion de la pente tibiale (B), rendant compte de la nécessité d'une implantation des plaques selon l'axe anatomique sagittal.

longues, mais ne pas dépasser la moitié de la largeur de la physe.

Au fil de leur utilisation, plusieurs complications ont été décrites, permettant de mieux affiner la technique de mise en place, de faire évoluer le matériel et d'en préciser les indications relatives.

Les hématomes sous-cutanés pourraient être en rapport avec les vis canulées. Actuellement, existent des vis non canulées qui semblent améliorer la période postopératoire. Des fractures de matériel (à la jonction entre la vis et la plaque) ont été observées, qui surviennent lorsque l'angle maximal entre la vis et la plaque est atteint. Il est alors nécessaire de changer la plaque et de repositionner les vis. De même une migration de la plaque est en rapport avec un défaut de suivi, ou de technique de pose si la plaque est décalée sur le versant métaphysaire (figure 20.10).

De nombreuses publications faisant état de ces complications [18–20] ont permis d'en préciser au mieux les indications dans les déformations, qu'elles soient idiopathiques ou secondaires [21–23], ainsi que l'importance du placement des plaques [24], et il est fondamental de retenir les points suivants pour une utilisation optimale de ces implants :

- le positionnement des plaques doit se faire au centre de la physe aussi bien de face que de profil;
- il est déconseillé d'utiliser des plaques à deux vis au cours de la poussée de croissance pubertaire, ces dernières devant être réservées à la petite enfance ou avant 10 ans;
- les plaques à quatre vis sont à utiliser lors de la poussée de croissance pubertaire [17], (à partir de 10–11 ans chez la fille et 12–13 ans chez le garçon);
- l'utilisation des plaques pour le traitement définitif des inégalités de longueurs doit être considérée avec

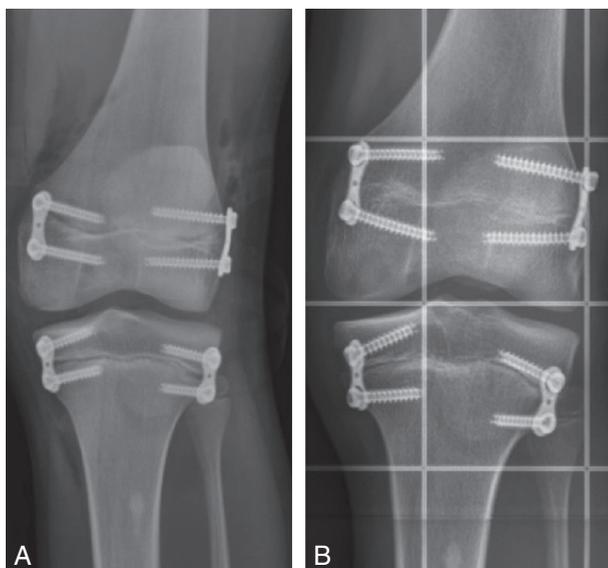


Figure 20.10. Modulation tibiale proximale et fémorale proximale.

La position de la plaque tibiale latérale est mal centrée, avec une vis épiphysaire trop distale (A). L'évolution est marquée par une migration métaphysaire de cette plaque, avec la vis épiphysaire qui traverse la physe (B) alors que les autres plaques remplissent leur rôle, les vis devenant progressivement divergentes.

beaucoup de prudence, car elles entraînent un ralentissement partiel difficile à prévoir. En revanche, leur utilisation dans un but de ralentissement est un avantage à prendre en considération ;

- l'indication électorale des plaques vissées périphyssaires sont les déviations axiales, quel que soit l'âge, et peuvent être utilisées chez le très jeune enfant, même avant 5 ans, avec prudence toutefois en raison de la petite taille de l'épiphysse ;
- l'effet rebond, c'est-à-dire la récurrence de la déformation après l'ablation du matériel, est un phénomène répandu lorsque persiste une croissance résiduelle. Une correction au-delà de l'objectif est largement recommandée lorsqu'existe une croissance résiduelle supérieure à un an [20] ;
- le délai d'action doit être pris en compte lorsque les interventions sont réalisées proche de la fin de croissance, car il est plus long que lors de l'utilisation de vis transphyssaires ;
- dans les déformations liées aux maladies osseuses constitutionnelles ou métaboliques, leur indication est électorale, même au très jeune âge. Toutefois, la vitesse de correction est plus lente ;
- un suivi régulier clinique et radiologique tous les six mois est impératif.

## Stratégie et indications des modulations de croissance

Toutes les pathologies peuvent être traitées, que ce soient les anomalies congénitales des membres, les maladies osseuses constitutionnelles, ou des causes secondaires métaboliques, post-infectieuses ou traumatiques.

Les inégalités de longueur ont tout d'abord été les indications premières, en effectuant un blocage d'une ou deux physses. Le consensus est relativement bien établi quant à la quantité de correction dévolue à un blocage physsaire. Cinq à 6 cm de gain de longueur semblent être un maximum, ces valeurs tenant compte de la taille prévisionnelle, afin d'avoir une taille finale qui ne soit pas inférieure à la moyenne [2]. L'indication est également posée dans le cadre d'un programme complexe d'égalisation, en association avec les allongements progressifs multiples.

La correction des déformations coronales des membres est l'autre indication des ralentissements qui sont dans ce cas partiels, prenant l'appellation de modulation latérale ou médiale. Toutes les techniques citées précédemment sont employées, avec toutefois une préférence nette à l'heure actuelle pour les plaques périphyssaires, même si de nombreuses séries font état des autres techniques.

La correction du plan sagittal est plus récente. L'arthrogrypose en est un exemple, à partir du moment où le flessum est inférieur à 45° [25]. Une modulation par plaque périphyssaire de la partie antérieure de la physe distale du fémur est effectuée, avec des résultats certes incomplets mais fonctionnellement intéressants (figure 20.11). Cette même technique fémorale distale antérieure a également été utilisée dans le flessum de genou lié aux paralysies cérébrales ou aux séquelles de myéloméningocèles [26]. Dans la mesure où des gonalgies pouvaient être liées soit à l'expulsion d'agrafes, soit à l'irritation par les plaques périphyssaires de la zone patellaire [27], d'autres auteurs ont préconisé l'utilisation des vis transphyssaires pour corriger ce flessum [28]. Cependant, cette correction sagittale, bien qu'intéressante, reste très lente, en particulier dans les paralysies cérébrales, ce qui rend l'amélioration de la marche tardive [29]. Ainsi l'indication dans ces étiologies doit être mûrement réfléchi par rapport aux corrections extemporanées par ostéotomie.

Enfin, certains travaux chez l'animal ont étudié les corrections des anomalies rotatoires, que ce soit au niveau du tibia [30], ou du fémur [31], avec à chaque fois des résultats probants. Toutefois, aucune série clinique n'est à ce jour publiée.

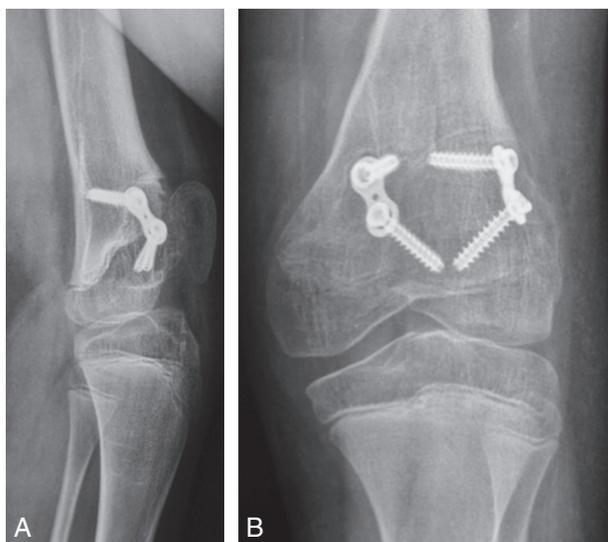


Figure 20.11. Correction d'un flessum de genou dans le cadre d'une arthrogrypose (A), avec la position très antérieure des plaques de face (B).

## Voies de recherche dans les physiodèses

Celles-ci tendent à être les moins invasives possible, tout en étant efficaces et sans effet indésirable. De nouveaux implants se développent chez l'animal, utilisant des fils tendus de part et d'autre de la physe [32], ou même des instruments de radio-fréquence [33]. Il est certain que les mêmes problèmes d'efficacité et d'innocuité se posent, et doivent faire l'objet d'études plus larges.

## RÉFÉRENCES

- [1] Karger C. Les épiphysiodèses chirurgicales Techniques, indications et résultats. Conférences d'enseignement Sofcot. 52; 1995. p. 219–34.
- [2] Bronfen C. Inégalités de longueur des membres inférieurs chez l'enfant et l'adolescent. Conférences d'enseignement Sofcot; 2009. p. 157–91.
- [3] Paley D. Principles of deformity correction. 1st ed Berlin : Springer-Verlag; 2005. Corr. 3rd printing. Rev ed.
- [4] Alzahrani AG, Behairy YM, Alhossan MH, Arab FS, Alammari AA. Percutaneous versus open epiphysiodesis. Saudi Med J 2003; 24 : 203–5.
- [5] Atar D, Lehman WB, Grant AD, Strongwater A. A simplified method for percutaneous epiphysiodesis. Orthop Rev 1990; 19 : 358–64.
- [6] Edmonds EW, Stasikelis PJ. Percutaneous epiphysiodesis of the lower extremity : a comparison of single- versus double-portal techniques. J Pediatr Orthop 2007; 27 : 618–22.
- [7] Horton GA, Olney BW. Epiphysiodesis of the lower extremity : results of the percutaneous technique. J Pediatr Orthop 1996; 16 : 180–2.
- [8] Surdam JW, Morris CD, DeWeese JD, Drvaric DM. Leg length inequality and epiphysiodesis : review of 96 cases. J Pediatr Orthop 2003; 23 : 381–4.
- [9] Inan M, Chan G, Littleton AG, Kubiak P, Bowen JR. Efficacy and safety of percutaneous epiphysiodesis. J Pediatr Orthop 2008; 28 : 648–51.
- [10] Craviari T, Bérard J, Willems L, Kohler R. Percutaneous epiphysiodesis. Analysis of a series of 60 full-grown patients. Rev Chir Orthop 1998; 84 : 172–9.

## Conclusion

L'histoire de la modulation de croissance est maintenant bien connue et entrée dans la pratique courante chirurgicale pédiatrique. Les implants ont évolué, avec une sécurité d'emploi manifeste.

Il est certain que le choix de la technique reste une affaire d'indication :

- si la réversibilité est souhaitée, le choix se tourne plutôt vers les plaques périphysaires, avec les précautions d'emploi liées à l'âge : plaques à deux vis avant 11–12 ans en moyenne selon le sexe, et certainement à quatre vis au-delà. Les complications des agrafes sont telles qu'elles sont pratiquement abandonnées;
- pour un arrêt de croissance, les possibilités sont plus variées, puisque l'on peut utiliser ou non un implant : curetage percutané ou vissage en croix, dont le choix est à la discrétion de l'opérateur. La méthode de Pheemister doit rester à l'esprit si l'accès à la fluoroscopie est impossible. Dans tous les cas, il reste à considérer l'étiologie et le type de correction qui conditionnent beaucoup l'âge de réalisation et la technique à employer :

- les corrections angulaires doivent plutôt faire appel aux techniques réversibles,
- le traitement des inégalités de longueurs privilégie les techniques définitives d'arrêt de croissance,
- il faut retenir, pour toutes les techniques, un délai d'efficacité d'environ six mois, qu'il est indispensable de prendre en compte dans les calculs prévisionnels,
- les étiologies secondaires ont une vitesse de correction moindre que les déformations idiopathiques.

## Déclaration d'intérêts

L'auteur déclare ne pas avoir de liens d'intérêt en relation avec la conférence.

- [11] Métaizeau JP, Wong-Chung J, Bertrand H, Pasquier P. Percutaneous epiphysiodesis using transphyseal screws (PETS). *J Pediatr Orthop* 1998 ; 18 : 363–9.
- [12] Babu LV, Evans O, Sankar A, Davies AG, Jones S, Fernandes JA. Epiphysiodesis for limb length discrepancy : a comparison of two methods. *Strategies Trauma Limb Reconstr* 2014 ; 9 : 1–3.
- [13] Ilharreborde B, Gaumetou E, Souchet P, Fitoussi F, Presedo A, Penneçot GF, et al. Efficacy and late complications of percutaneous epiphysiodesis with transphyseal screws. *J Bone Joint Surg Br* 2012 ; 94 : 270–5.
- [14] Song MH, Choi ES, Park MS, Yoo WJ, Chung CY, Choi IH, et al. Percutaneous epiphysiodesis using transphyseal screws in the management of leg length discrepancy : optimal operation timing and techniques to avoid complications. *J Pediatr Orthop* 2015 ; 35 : 89–93.
- [15] Normandin BM, Tennent DJ, Baldini TH, Blanchard AM, Rhodes JT. Epiphysiodesis Screw Bending. *Orthopedics* 2017 ; 40 : e717–20.
- [16] Stevens PM. Guided growth for angular correction. A preliminary series using a tension band plate. *J Pediatr Orthop* 2007 ; 27 : 253–9.
- [17] Guzman H, Burt Yaszay B, Scott VP, Bastrom TP, Mubarak SJ. Early experience with medial femoral tension band plating in idiopathic genu valgum. *J Child Orthop* 2011 ; 5 : 11–7.
- [18] Gaumétou E, Mallet C, Souchet P, Mazda K, Ilharreborde B. Poor Efficiency of Eight-Plates in the Treatment of Lower Limb Discrepancy. *J Pediatr Orthop* 2016 ; 36 : 715–9.
- [19] Shabtai L, Herzenberg JE. Limits of Growth Modulation Using Tension Band Plates in the Lower Extremities. *J Am Acad Orthop Surg* 2016 ; 24 : 691–701.
- [20] Leveille LA, Razi O, Johnston CE. Rebound Deformity After Growth Modulation in Patients With Coronal Plane Angular Deformities About the Knee : Who Gets It and How Much ? *J Pediatr Orthop* 2017 May 18.
- [21] Popkov D. Guided growth for valgus deformity correction of knees in a girl with osteopetrosis : a case report. *Strategies Trauma Limb Reconstr* 2017 ; 12 : 197–204.
- [22] Boero S, Michelis MB, Riganti S. Use of the eight-Plate for angular correction of knee deformities due to idiopathic and pathologic physis : initiating treatment according to etiology. *J Child Orthop* 2011 ; 5 : 209–16.
- [23] Yilmaz G, Oto M, Thabet AM, Rogers KJ, Anticevic D, Thacker MM, et al. Correction of lower extremity angular deformities in skeletal dysplasia with hemiepiphysiodesis : a preliminary report. *J Pediatr Orthop* 2014 ; 34 : 336–45.
- [24] Danino B, Rödl R, Herzenberg JE, Shabtai L, Grill F, Narayanan U, et al. Guided growth : preliminary results of a multinational study of 967 physes in 537 patients. *J Child Orthop* 2018 ; 12 : 91–6.
- [25] Palocaren T, Thabet AM, Rogers K, Holmes Jr. L, Donohoe M, King MM, et al. Anterior distal femoral stapling for correcting knee flexion contracture in children with arthrogryposis--preliminary results. *J Pediatr Orthop* 2010 ; 30 : 169–73.
- [26] Klatt J, Stevens PM. Guided growth for fixed knee flexion deformity. *J Pediatr Orthop* 2008 ; 28 : 626–31.
- [27] Al-Aubaidi Z, Lundgaard B, Pedersen NW. Anterior distal femoral hemiepiphysiodesis in the treatment of fixed knee flexion contracture in neuromuscular patients. *J Child Orthop* 2012 ; 6 : 313–8.
- [28] Kay RM, Rethlefsen SA. Anterior Percutaneous Hemiepiphysiodesis of the Distal Aspect of the Femur : A New Technique : A Case Report. *JBJS Case Connect* 2015 ; 5 : e95.
- [29] Stiel N, Babin K, Vettorazzi E, Breyer S, Ebert N, Rupprecht M, et al. Anterior distal femoral hemiepiphysiodesis can reduce fixed flexion deformity of the knee : a retrospective study of 83 knees. *Acta Orthop* 2018 ; 14 : 1–5.
- [30] Cobanoglu M, Cullu E, Kilimci FS, Ocal MK, Yaytingul R. Rotational deformities of the long bones can be corrected with rotationally guided growth during the growth phase. *Acta Orthop* 2016 ; 87 : 301–5.
- [31] Arami A, Bar-On E, Herman A, Velkes S, Heller S. Guiding femoral rotational growth in an animal model. *J Bone Joint Surg Am* 2013 ; 95 : 2022–7.
- [32] Martínez G, Drago S, Avilés C, Ibañez A, Hodgson F, Ramírez C. Distal femoral hemiepiphysiodesis using screw and non-absorbable filament for the treatment of idiopathic genu valgum. Preliminary results of 12 knees. *Orthop Traumatol Surg Res* 2017 ; 103 : 269–73.
- [33] Shiguetomi-Medina JM, Rahbek O, Abood AA, Stødkilde-Jørgensen H, Ramírez Garcia-Luna JL, Møller-Madsen B. Does radiofrequency ablation (RFA) epiphysiodesis affect adjacent joint cartilage ? *J Child Orthop* 2016 ; 10 : 359–64.

Elsevier Masson SAS  
65, rue Camille-Desmoulins  
92442 Issy-les-Moulineaux cedex

Dépôt légal : novembre 2019

Composition : SPI

Imprimé en Italie par Printer Trento