

Ostéotomies du genou: une renaissance?

Drs BENJAMIN TSCHOPP^a, TRIEU HOAI NAM NGO^a et ROBIN MARTIN^a

Rev Med Suisse 2018; 14: 2254-8

Cette décennie a été marquée par un regain d'intérêt pour les ostéotomies autour du genou. Cet article présente les avancées qui ont permis de confirmer l'importance de cette chirurgie dans son indication historique, l'arthrose unicompartimentale. Il détaillera ensuite pourquoi la correction de l'axe mécanique s'avère de plus en plus indispensable dans le traitement de l'instabilité du genou et comme prérequis dans les procédures de greffe méniscale ou chondrale.

Knee osteotomies: a renaissance?

There is a regain of interest for knee osteotomies over the last decade. A better knowledge of their long-term benefits and potential adverse events has increased their importance in the treatment of unicompartmental osteoarthritis. Emerging indications result from increasing evidence that the control of knee alignment is crucial in knee instability, meniscal transplantation and cartilage repair.

INTRODUCTION

L'ostéotomie périarticulaire du genou, décrite en 1826 par John Rhea Barton, a été développée pour le traitement des lésions arthrosiques du compartiment médial ou latéral du genou sur déviation de l'axe mécanique en varus ou valgus. L'intervention, réalisée au moyen d'une section osseuse au niveau du tibia proximal ou du fémur distal, a pour objectif la correction de l'axe mécanique dans le plan frontal. Des taux de complications initialement élevés ont progressivement mené à une perte d'intérêt pour cette procédure au profit du développement de la chirurgie prothétique. Cette dernière a montré ses limites en termes de satisfaction, de durée de survie des implants et de capacité fonctionnelle. On assiste dès lors à un regain d'intérêt pour l'ostéotomie dans la prise en charge de l'arthrose unicompartimentale.

Parallèlement à ce rôle historique, d'autres indications émergent. Le traitement de l'instabilité du genou a été dominé au cours des dernières décennies par la chirurgie de reconstruction isolée des ligaments. Face à des taux élevés de récurrence, pouvant aller jusqu'à 24% pour la reconstruction du ligament croisé antérieur (LCA),¹ la recherche des facteurs de risque en cause suggère un rôle prépondérant du contrôle de l'axe mécanique pour le traitement de l'instabilité.

Enfin, les développements croissants des thérapies régénératives pour substitution du capital chondral ou méniscal ont montré l'importance d'un environnement biomécanique adéquat comme prérequis à l'intégration tissulaire.

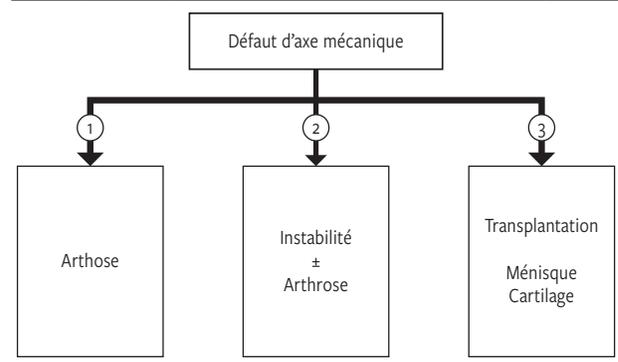
Nous retenons ainsi trois classes d'indication à l'ostéotomie (figure 1):

- défaut d'axe et arthrose unicompartimentale;
- défaut d'axe et instabilité (avec ou sans lésion arthrosique);
- défaut d'axe avec anticipation d'une greffe méniscale ou chirurgie de restauration du cartilage.

A noter que 50% des ostéotomies réalisées dans notre centre s'inscrivent actuellement dans les deuxième et troisième catégories.

FIG 1 Indication aux ostéotomies périarticulaires de genou

Trois classes d'indication à l'ostéotomie sont retenues: 1. Défaut d'axe et arthrose unicompartimentale; 2. Défaut d'axe et instabilité avec ou sans lésion arthrosique et 3. Défaut d'axe avec anticipation d'une greffe méniscale ou d'une chirurgie de restauration du cartilage.



DÉFAUT D'AXE ET ARTHROSE UNICOMPARTIMENTALE (figure 2)

Six points ont contribué au regain d'intérêt pour l'ostéotomie dans son indication historique.

Le rôle capital de la biomécanique dans le développement de l'arthrose

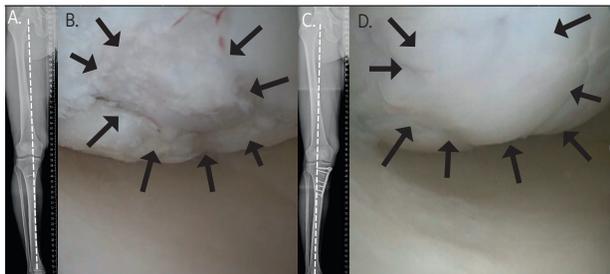
Hayashi et coll. ont montré qu'une déviation dans le plan frontal de 4 degrés en varus augmente le risque de développement d'arthrose d'un facteur 3 et qu'en cas de lésion arthrosique présente, sa progression est alors 10 à 20 fois plus

^a Service d'orthopédie et de traumatologie de l'appareil locomoteur, Chirurgie du genou, Département de l'appareil locomoteur, CHUV, 1011 Lausanne team.genou-ligamentaire@chuv.ch benjamin.tschopp@chuv.ch

FIG 2

Ostéotomie et arthrose

Le bilan radiologique préopératoire (A) montre une surcharge du compartiment médial avec un morphotype en varus de 6 degrés. L'arthroscopie diagnostique (B) révèle une lésion cartilagineuse de stade IV au niveau du condyle fémoral interne (délimitée par les flèches) d'un diamètre antéropostérieur de 25 mm pour un diamètre médio-latéral de 15 mm. Aucun geste n'est réalisé sur cette lésion. Une ostéotomie tibiale de valgisation est effectuée. L'analyse du morphotype effectuée en postopératoire (C) montre un valgus de 2 degrés. Lors de la reprise chirurgicale pour ablation de la plaque utilisée pour l'ostéotomie, une arthroscopie diagnostique est réalisée (D) et montre un comblement de la lésion précédemment décrite par un fibro-cartilage (délimitée par les flèches).



rapide.² Un cercle vicieux s'amorce. La déviation de l'axe mécanique induit une surcharge sur le compartiment menant à une érosion progressive du capital chondral. Il en résulte une réduction de son épaisseur, menant à une distension ligamentaire, à une péjoration même de la déviation axiale, et ainsi à une aggravation de l'arthrose. L'objectif de la correction axiale par l'ostéotomie sera de casser ce cercle vicieux.

Prévalence élevée des défauts d'axes

Elle a été rapportée par Bellemans et coll. à près de 50% pour un varus de plus de 3 degrés et de 5% pour un valgus de plus de 3 degrés.³ Plus de la moitié de la population de race blanche présente donc une déviation axiale comme facteur favorisant dans le développement et la progression de la gonarthrose.

Remise en question de certaines contre-indications historiques

L'arthroplastie de genou reste réservée au patient âgé présentant une atteinte arthrosique avancée tricompartmentale. Historiquement, l'ostéotomie était exclusivement indiquée chez le patient jeune présentant une atteinte arthrosique débutante unicompartmentale, sans signe d'instabilité. Ces critères de sélection aboutissaient à une vaste zone grise, dans laquelle les patients d'âge moyen (50-60 ans), présentant une arthrose modérée affectant parfois déjà plusieurs compartiments, n'avaient pas d'options chirurgicales, que ce soit par l'une ou l'autre de ces procédures.

La remise en question de certaines limites historiques à l'ostéotomie permet de considérer cette chirurgie comme une option thérapeutique valable pour les patients dans cette zone grise, sans compromettre la possibilité d'une conversion en arthroplastie en cas de progression de l'atteinte à un âge plus avancé.

Atteinte arthrosique pluricompartmentale débutante

Les résultats établis par Bonasia et coll. n'ont pas mis en évidence de différence en termes de taux de satisfaction et de scores cliniques après ostéotomie chez des patients présen-

tant une arthrose unicompartmentale ou chez ceux dont le bilan montrait également une atteinte concomitante du compartiment fémoro-tibial opposé ou fémoro-patellaire.⁴ Par conséquent, nous considérons l'ostéotomie même chez des patients présentant une atteinte arthrosique débutante du compartiment fémoro-tibial opposé ou fémoro-patellaire, surtout si cette atteinte est asymptomatique. Par contre, la correction sera planifiée en conséquence. En effet, il faudra veiller d'une part à ne pas sur-corriger en cas d'atteinte concomitante du compartiment fémoro-tibial opposé, selon les principes évoqués par Marti et coll.,⁵ et d'autre part à ne pas modifier la hauteur rotulienne en cas d'atteinte concomitante du compartiment fémoro-patellaire, modification qui pourrait aboutir à une surpression rotulienne susceptible d'engendrer une péjoration de cette arthrose.

Age supérieur à 50 ans

Lobenhoffer et coll. ont montré que les bénéfices de l'ostéotomie sur la diminution de la symptomatologie douloureuse sont indépendants de l'âge.⁶ Par contre, cet effet semble se maintenir moins bien dans le temps à un âge plus avancé. Les analyses de survie ont en effet montré qu'un âge plus avancé expose à un risque accru de conversion plus précoce en arthroplastie.^{4,6,7} Compte-tenu de ces éléments, nous considérons cette chirurgie, même chez des patients âgés de plus de 50 ans à condition que l'atteinte reste strictement unicompartmentale, que le patient soit en bon état général et que la symptomatologie soit centrée sur le compartiment lésé.

Sévérité de l'atteinte

La revue systématique de littérature publiée par Loia et coll. a montré que la réduction des douleurs et l'amélioration de fonction observées après ostéotomie sont similaires entre patients présentant une atteinte arthrosique sévère ou, à l'opposé, débutante.⁸ De manière analogue à l'âge, plus l'atteinte sera sévère, plus la survie avant conversion en arthroplastie sera courte.^{4,6,7} Au vu de ces résultats, il nous paraît raisonnable de considérer l'ostéotomie même en cas d'atteinte arthrosique déjà avancée (Ahlbäck IV) du compartiment concerné.

Meilleure connaissance des limites de l'ostéotomie

Les études avec un suivi à moyen et long termes ont permis de préciser les situations pour lesquelles une ostéotomie est contre-indiquée en raison de mauvais résultats cliniques:

- un axe mécanique normal ou un défaut d'axe inférieur à 3 degrés;⁹
- une arthrose tricompartmentale avancée;
- une mauvaise mobilité préopératoire avec un flectum fixé irréductible ou une flexion inférieure à 90 degrés;⁸
- une mauvaise corrélation entre la localisation des douleurs et celle de l'atteinte arthrosique préopératoire, laissant suspecter une autre cause à l'origine des symptômes;
- une arthrite inflammatoire concomitante.

Meilleure connaissance et contrôle des complications potentielles

Des taux inquiétants (37 à 55%) de complications avait été initialement rapportés il y a plus de 15 ans, dans des études rétrospectives, basées sur de petits échantillons. La littérature actuelle décrit un taux nettement moins important (environ

7%), ceci sur la base d'un échantillon plus important et d'une avancée dans les techniques opératoires.¹⁰ Un contrôle des complications potentielles pourrait encore être obtenu par:

A. une analyse systématique des facteurs de risque propres au patient, particulièrement le tabagisme actif et le diabète. Nous recommandons une gestion méticuleuse du diabète et l'arrêt du tabac trois mois avant l'ostéotomie et pendant la phase de consolidation. L'obésité comme facteur de risque fait encore controverse. Certains auteurs ont montré qu'un indice de masse corporelle (IMC) supérieur à 30 kg/m² est associé à de mauvais résultats cliniques, alors que d'autres contredisent ces résultats. Dans l'attente d'études plus affirmatives, nous avons décidé de maintenir une limite supérieure de l'IMC à 30 kg/m².

B. Un choix adéquat des techniques opératoires:

– *abord chirurgical*: pour l'ostéotomie tibiale proximale, on préfère actuellement un abord médial, ceci afin d'éviter une lésion du nerf fibulaire commun, complication rencontrée dans le passé lors d'abord par voie latérale.

– *Matériel*: l'usage de plaques avec vis à stabilité angulaire permet de diminuer le taux de pseudarthrose et de fractures de fatigue du matériel lui-même en apportant une meilleure stabilité lors de la fixation de l'ostéotomie.

– *Technique opératoire*: ostéotomie par coupe en 2 plans (en chevron) permettant également une meilleure stabilité du foyer d'ostéotomie et favorisant ainsi sa consolidation.

Efficiences démontrées à long terme

La mise à jour actuelle (2014) de la revue *Cochrane* a confirmé les conclusions déjà mises en évidence en 2005, à savoir que l'ostéotomie de valgisation tibiale en cas d'arthrose fémoro-tibiale interne améliore la fonction du genou tout en diminuant les douleurs. Le taux de survie (période sans reprise chirurgicale) des ostéotomies est de 91% de survie à 5-8 ans, 84,4% à 9-12 ans et 70,1% à > 12 ans.⁷

DÉFAUT D'AXE ET INSTABILITÉ

La prise en charge chirurgicale de l'instabilité du genou a souvent été ramenée à une reconstruction des structures ligamentaires par greffe. Des taux importants d'échecs ont depuis été rapportés pour ces plasties ligamentaires isolées.¹ La recherche des facteurs favorisant ces échecs reste source de débats, mais la littérature actuelle suggère un rôle prépondérant des défauts d'axe mécanique, que ce soit dans le plan sagittal, frontal ou axial. Dans ces situations, une reconstruction ligamentaire seule est liée à un risque d'échec.¹¹ Cette problématique d'instabilité et de défaut de l'axe mécanique doit être considérée dans les trois plans anatomiques.

Instabilité coronale et défaut d'axe en varus/valgus

De par la faible congruence de l'articulation fémoro-tibiale externe (condyle convexe sur plateau convexe), une atteinte du ligament collatéral externe et du point d'angle postéro-externe sur un morphotype en varus constitue un challenge thérapeutique. De multiples techniques de reconstruction ligamentaire ont été décrites, mais la littérature a mis en évidence qu'une reconstruction ligamentaire seule mène à de mauvais résultats cliniques. Une revue de la littérature pu-

blée par Tischer et coll. suggère que la correction de l'axe mécanique doit être la première étape pour obtenir une restitution de la stabilité, sans fixer une valeur seuil à partir de laquelle il faut entreprendre une correction.^{12,13}

A l'opposé, de par la meilleure congruence du compartiment fémoro-tibial interne (condyle convexe sur plateau concave), la guérison spontanée d'une atteinte du complexe ligamentaire interne est fréquente. De plus, la prévalence du valgus de plus de 3 degrés est relativement rare, touchant environ 5% de la population selon les études retenues.³ La combinaison d'instabilité résiduelle interne et valgus est par conséquent rare et la littérature qui en découle pauvre.

En se basant sur ces éléments et sur notre expérience, nous retenons une indication à une ostéotomie pour instabilité dans le plan coronal dans les situations suivantes:

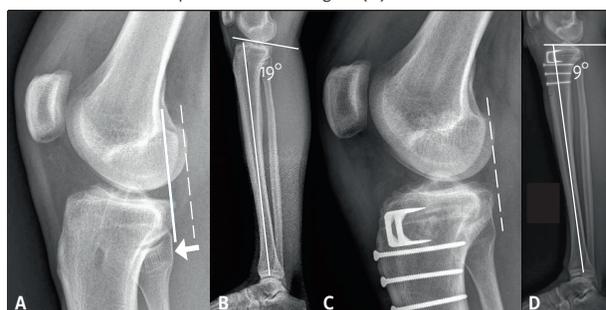
- déviation en varus avec une lésion du ligament collatéral externe et du point d'angle postéro-externe: dès 3 degrés de varus, pour une atteinte primaire ou en cas d'échec chirurgical.
- Déviation en valgus avec lésion du complexe ligamentaire interne: dès 5 degrés de valgus, seulement en cas d'échec du traitement conservateur ou de la prise en charge chirurgicale préalable.

Instabilité antéropostérieure et défaut d'axe sagittal sur pente tibiale (figure 3)

La pente tibiale est en moyenne de l'ordre de 5 à 10 degrés dans la population. Plusieurs études ont démontré une association entre la pente tibiale et la stabilité dans le plan antéropostérieur.^{14,15} Une pente tibiale supérieure à 12-13 degrés est associée à un risque accru de nouvelle rupture après une plastie de reconstruction du LCA.^{12,16} En cas d'échec d'une plastie du LCA, il est recommandé de mesurer la pente tibiale et, en cas d'excès, de procéder à une diminution de cette dernière par une ostéotomie de réduction de pente.¹⁷ En cas de rupture du LCA natif, il n'est pas clairement établi dans la littérature si l'excès de pente en est un facteur de risque. Par conséquent, nous ne retenons pour le moment pas d'indication à une correction de la pente tibiale en première intention.¹⁸

FIG 3	Ostéotomie et instabilité sur échec de plastie du ligament croisé antérieur (LCA)
--------------	--

Le bilan radiologique préopératoire (A) montre une subluxation antérieure du tibia (flèche) sur pente tibiale excessive à 19 degrés (B), contribuant ainsi à l'échec de la plastie du LCA. Une ostéotomie de réduction est réalisée avant la réimplantation d'une nouvelle plastie du LCA. Le bilan radiologique postopératoire montre une correction de la subluxation antérieure du tibia (C) et une réduction de la pente tibiale à 9 degrés (D).



A contrario, en cas d'échec d'une plastie du ligament croisé postérieur, certains auteurs ont considéré une ostéotomie d'augmentation de pente tibiale. En effet, une ouverture antérieure de 5 mm semble suffire pour obtenir une réduction de la subluxation postérieure du tibia et compenser l'insuffisance du ligament croisé postérieur.¹⁹ Toutefois, cette chirurgie est à envisager avec précaution, car une correction aboutissant à une pente tibiale supérieure à 12-13 degrés pourrait elle-même créer un effet délétère sur le LCA et compliquer ultérieurement la réalisation d'une éventuelle arthroplastie du genou.

Instabilité rotulienne et défaut d'axe en torsion et/ou valgus

En cas de luxations rotuliennes récidivantes, les facteurs anatomiques favorisant l'instabilité doivent être identifiés et corrigés.²⁰ Ces facteurs peuvent être séparés en deux classes, articulaires d'une part, et extra-articulaires d'autre part. Les facteurs favorisants extra-articulaires sont une déviation en valgus supérieure à 5 degrés et/ou une rotation interne du fémur supérieure à 30 degrés. Il est recommandé de les corriger par ostéotomie fémorale de varisation et/ou dérotation externe, ceci avant de procéder à une reconstruction ligamentaire (ligament patello-fémoral médial) et de corriger les éventuels facteurs articulaires. Ce geste d'ostéotomie permet de ré-axer la rotule et peut parfois s'avérer suffisant à lui seul pour restituer une stabilité à la rotule (figure 4).

Situation combinée: instabilité, arthrose et défaut d'axe

Il existe des situations combinées, où une instabilité chronique s'accompagne progressivement d'une atteinte arthro-

sique, le tout sur défaut d'axe. Le scénario le plus fréquent combine un échec de plastie du LCA, une gonarthrose fémoro-tibiale interne sur perte du capital méniscal interne (ménissectomie ou échec de suture méniscale), un morphotype en varus et un excès de pente tibiale.

Ces situations, qui touchent dans la majorité des cas des patients jeunes et actifs, sont de véritables défis. Une ostéotomie tibiale de correction biplane, dans les plans frontal et sagittal, pour valgisation et réduction de pente permet d'offrir un climat propice au ralentissement de la pathologie arthrosique et un environnement biomécanique plus favorable pour une réimplantation de plastie du LCA, voire même une substitution méniscale ou cartilagineuse.

DÉFAUT D'AXE ET SUBSTITUTION MÉNISCAL OU CARTILAGINEUSE (figure 5)

Plusieurs études ont démontré l'importance de l'ostéotomie dans la création d'un environnement biomécanique adéquat préalablement à l'implantation de tissus visant à une restauration du capital chondral et/ou méniscal. En cas de surcharge du compartiment lésé sur déviation en varus ou valgus, l'ostéotomie est un prérequis. La réalisation concomitante d'une ostéotomie et d'une greffe chondrocytaire augmente la survie de la greffe, qui passe de 66 à 88% à 15 ans.²¹ En cas de substitution méniscale par une allogreffe, Verdonk et coll. ont montré une survie de tissu méniscal d'environ 70% à 10 ans, survie qui s'élève à plus de 80% en cas d'ostéotomie concomitante.²²

FIG 4 Ostéotomie et instabilité rotulienne

Illustration d'un cas d'instabilité rotulienne sur hyperantéversion fémorale. Mesures scannographiques de l'antéversion avant (A) et après (C) ostéotomie de dérotation fémorale externe, la valeur passant de 48 à 28 degrés. Images scanner 3D avant (B) et après (D) correction, montrant une réduction de la bascule et de la translation externe de la rotule.

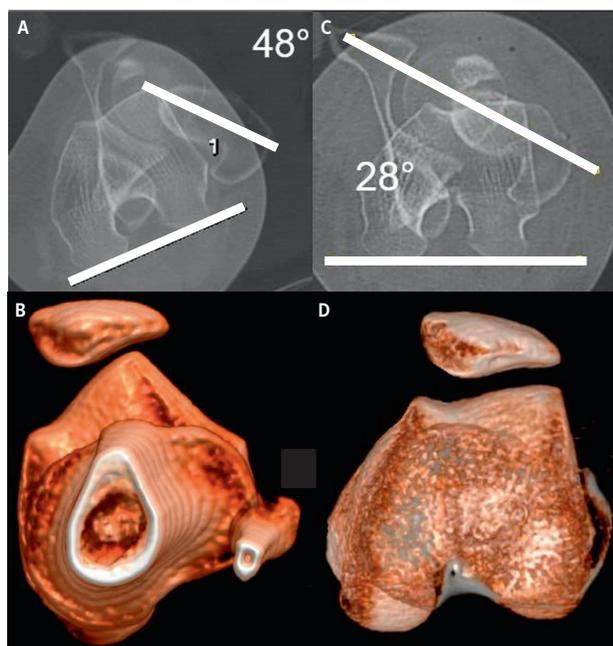
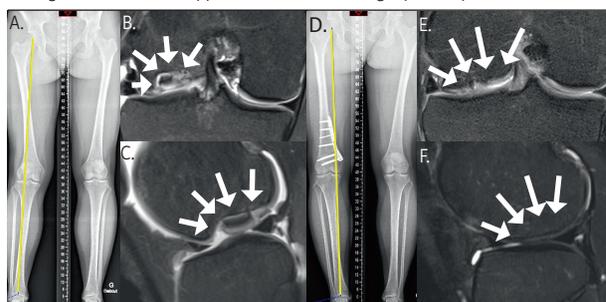


FIG 5 Ostéotomie et réparation d'une lésion ostéochondrale

Jeune patiente présentant une volumineuse lésion ostéochondrale (flèches) affectant le condyle fémoral externe (B et C), d'un diamètre antéropostérieur de 25 mm pour un diamètre médio-latéral de 9 mm et une épaisseur de 7 mm, dans un contexte de morphotype en valgus de 5 degrés (A). Une ostéotomie de varisation du fémur distal est réalisée, associée à un débridement de la lésion, un comblement de celle-ci par greffe osseuse autologue et une couverture par une matrice en collagène visant à générer un fibrocartilage. Le bilan radiologique postopératoire montre un morphotype en varus (D). Une IRM effectuée à 18 mois postopératoire (E et F) révèle une excellente intégration de la greffe osseuse et l'apparition du fibrocartilage (flèches).



CONCLUSION

L'ostéotomie périarticulaire du genou connaît une importance croissante. Dans le traitement de l'arthrose, face à de bons résultats à long terme, son indication s'est confirmée et pourrait être étendue, dans certaines conditions, aux patients plus âgés et à ceux présentant une atteinte arthrosique débu-

tante dans les autres compartiments. Cette technique s'avère également de plus en plus indispensable dans le traitement de l'instabilité, particulièrement en cas d'échec de reconstruction ligamentaire, et comme prérequis en cas de substitutions chondrale et méniscale. Dans ces indications, les résultats sont encourageants, mais doivent encore être confirmés à long terme.

Conflit d'intérêts: Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêts en relation avec cet article.

IMPLICATIONS PRATIQUES

- La recherche actuelle suggère que le défaut d'alignement de l'axe mécanique est impliqué non seulement dans le développement et l'aggravation de l'arthrose mais serait également un facteur de mauvais pronostic en cas de reconstruction ligamentaire ou de procédures de substitutions méniscales ou cartilagineuses
- La maîtrise croissante des techniques d'ostéotomie a permis d'en faire une chirurgie fiable et sûre pour le patient. Dès lors, il est primordial en cas d'arthrose ou d'échec de reconstruction ligamentaire de dépister activement un défaut d'axe afin d'évaluer la nécessité d'une ostéotomie

- 1 Barber-Westin SD, Noyes FR. Objective criteria for return to athletics after anterior cruciate ligament reconstruction and subsequent reinjury rates: a systematic review. *Phys Sports Med* 2011;39:100-10.
- 2 Hayashi D, Englund M, Roemer FW, et al. Knee malalignment is associated with an increased risk for incident and enlarging bone marrow lesions in the more loaded compartments: the MOST study. *Osteoarthritis Cartilage* 2012;20:1227-33.
- 3 *Bellemans J, Colyn W, Vandenuecker H, Victor J. The Chitranjan Ranawat award: is neutral mechanical alignment normal for all patients? The concept of constitutional varus. *Clin Orthop Relat Res* 2012;470:45-53.
- 4 * Bonasia DE, Dettoni F, Sito G, et al. Medial opening wedge high tibial osteotomy for medial compartment overload/arthritis in the varus knee: prognostic factors. *Am J Sports Med* 2014;42:690-8.
- 5 Marti CB, Gautier E, Wachtl SW, Jakob RP. Accuracy of frontal and sagittal plane correction in open-wedge high tibial osteotomy. *Arthroscopy* 2004;20:366-72.
- 6 * Lobenhoffer P. Importance of osteotomy around the knee for medial gonarthrosis. Indications, technique and results. *Orthopade* 2014;43:425-31.
- 7 ** Brouwer RW, Huizinga MR, Duivenvoorden T, et al. Osteotomy for treating knee osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev* 2014;(12):CD004019.
- 8 Loia MC, Vanni S, Rosso F, et al. High tibial osteotomy in varus knees: indications and limits. *Joints* 2016;4:98-110.
- 9 Bonnin M, Chambat P. Current status of valgus angle, tibial head closing wedge osteotomy in media gonarthrosis. *Orthopade* 2004;33:135-42.
- 10 Martin R, Birmingham TB, Willits K, et al. Adverse event rates and classifications in medial opening wedge high tibial osteotomy. *Am J Sports Med* 2014;42:1118-26.
- 11 ** Dean CS, Liechti DJ, Chahla J, Moatshe G, LaPrade RF. Clinical outcomes of high tibial osteotomy for knee instability: a systematic review. *Orthop J Sports Med* 2016;4:2325967116633419.
- 12 Tischer T, Paul J, Pape D, et al. The impact of osseous malalignment and realignment procedures in knee ligament surgery: a systematic review of the clinical evidence. *Orthop J Sports Med* 2017;5:2325967117697287.
- 13 Savarese E, Bisicchia S, Romeo R, Amendola A. Role of high tibial osteotomy in chronic injuries of posterior cruciate ligament and posterolateral corner. *J Orthop Traumatol* 2011;12:1-17.
- 14 Brandon ML, Haynes PT, Bonamo JR, et al. The association between posterior-inferior tibial slope and anterior cruciate ligament insufficiency. *Arthroscopy* 2006;22:894-9.
- 15 Cantin O, Magnussen RA, Corbi F, et al. The role of high tibial osteotomy in the treatment of knee laxity: a comprehensive review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23:3026-37.
- 16 Lee CC, Youm YS, Cho SD, et al. Does posterior tibial slope affect graft rupture following anterior cruciate ligament reconstruction? *Arthroscopy* 2018;34:2152-5.
- 17 Dejour D, Saffarini M, Demey G, Baverel L. Tibial slope correction combined with second revision ACL produces good knee stability and prevents graft rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23:2846-52.
- 18 Feucht MJ, Mauro CS, Brucker PU, Imhoff AB, Hinterwimmer S. The role of the tibial slope in sustaining and treating anterior cruciate ligament injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21:134-45.
- 19 * Giffin JR, Vogrin TM, Zantop T, Woo SL, Harner CD. Effects of increasing tibial slope on the biomechanics of the knee. *Am J Sports Med* 2004;32:376-82.
- 20 Ngo THN, Martin R. Instabilité rotulienne: diagnostic et traitement. *Rev Med Suisse* 2017;13:2164-8.
- 21 Minas T, Von Keudell A, Bryant T, Gomoll AH. The John Insall award: a minimum 10-year outcome study of autologous chondrocyte implantation. *Clin Orthop Relat Res* 2014;472:41-51.
- 22 Verdonk PC, Demurie A, Almqvist KF, et al. Transplantation of viable meniscal allograft. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88(Suppl. 1 Pt 1):109-18.

* à lire

** à lire absolument