

# Les ostéotomies autour du genou assistées par ordinateur dans le traitement de la gonarthrose sur *genu varum*

## Computer-assisted osteotomies around the knee for genu varum deformities

D Saragaglia, N Mercier

*Clinique universitaire de chirurgie orthopédique et de traumatologie du sport. CHU de Grenoble, hôpital sud. 38130 Échirolles, France.*

### Mots clés

- ◆ Genu varum
- ◆ gonarthrose
- ◆ ostéotomie
- ◆ ordinateur
- ◆ navigation
- ◆ genou

### Résumé

L'objectif de ce travail est de présenter la stratégie pré-opératoire, les techniques opératoires et les résultats de l'ostéotomie tibiale de valgisation (OTV) et de la double ostéotomie fémorale et tibiale de valgisation (DOFTV) assistées par ordinateur dans le traitement de la gonarthrose sur *genu varum*. Dans notre pratique, l'OTV est réservée aux *genu varum* avec angle mécanique fémoral en valgus et angle mécanique tibial en varus ce qui représente environ 85 à 90% des cas. La DOFTV est réservée aux *genu varum* avec axe mécanique fémoral et tibial en varus ce qui représente environ 10% des cas.

Entre août 2001 et mai 2007, nous avons réalisé 248 ostéotomies assistées par ordinateur parmi lesquelles nous avons recensé 23 DOFTV (9,3%). Le système de navigation Orthopilot® a été utilisé dans tous les cas avec un logiciel dérivé de celui de la mise en place des prothèses totales du genou. Dans une étude cas-témoin que nous avons publiée en 2004, nous avons démontré le bien fondé de cette technique (96% versus 71% d'objectifs atteints ;  $p < 0,05$ ) pour l'OTV. Dans la série DOFTV, nous avons atteint l'objectif fixé en pré-opératoire dans 91,3% des cas.

Au total, les ostéotomies de valgisation assistées par ordinateur dans le traitement de l'arthrose fémoro-tibiale interne sur *genu varum* sont des techniques fiables et reproductibles. Le système Orthopilot®, du fait de ses caractéristiques (pas de scanner préopératoire, modèle cinématique), paraît particulièrement adapté aux ostéotomies qui sont réalisées habituellement sans arthrotomie.

### Keywords

- ◆ Genu varum
- ◆ osteoarthritis
- ◆ knee
- ◆ osteotomy
- ◆ computer
- ◆ navigation

### Abstract

The aim of this article is to present the preoperative strategy, the operative techniques and the results of computer-assisted high tibial osteotomy (HTO) and double level osteotomy (DLO) in the management of osteoarthritis secondary to genu varum. In our practice, HTO is performed for genu varum with valgus femoral mechanical axis and varus tibial mechanical axis which corresponds to 85-90% of the cases. DLO is performed for genu varum with varus femoral and tibial mechanical axis which corresponds to 10% of the cases.

Between August 2001 and May 2007 we performed 248 computer-assisted osteotomies among which 23 were DLO (9.3%). In all the cases we used the Orthopilot™ device which software is a derivative of the one used for total knee replacement. We showed in 2004 in a case-control study the effectiveness of navigation for HTO (96% versus 71% of achieved goals -  $p < 0.05$ ). Regarding DLO, our series shows the preoperative goal was reached in 91.3% of the cases.

All in all, computer-assisted osteotomies around the knee for osteoarthritis secondary to genu varum are accurate and more reproducible than conventional techniques. The Orthopilot® device, as a result of its features (no preoperative CT-scan, kinematic model), seems to be well appropriate to osteotomies which are usually performed without any arthrotomy.

### Correspondance :

Tél. : 04.76.76.58.33

Fax : 04.76.76.58.18

Email : DSaragaglia@chu-grenoble.fr

Les ostéotomies autour du genou pour le traitement des déviations axiales en varus et en valgus sont pratiquées depuis plus de 50 ans (1-3). Les plus courantes sont les ostéotomies tibiales de valgisation (OTV) pour le *genu varum* et les ostéotomies fémorales de varisation (OFV) pour le *genu valgum*. L'OTV est réputée donner de bons résultats, durables, lorsque l'indication est bien posée (4-10) et lorsque l'intervention est bien réalisée. On considère habituellement que l'intervention a été bien réalisée lorsque l'on a obtenu en post-opératoire une hypercorrection en valgus de 3 à 6° (5, 7, 9, 11), ceci par rapport à l'axe mécanique du membre inférieur qui relie le centre de la tête fémorale au milieu de la cheville en passant par le milieu des épines tibiales, soit un angle de 183 à 186°. S'il est facile de faire une ostéotomie et d'en faire l'ostéosynthèse, il est beaucoup plus compliqué d'atteindre le but que l'on s'était fixé en préopératoire malgré une planification rigoureuse (11-13). Les moyens de contrôle per-opératoire sont pour certains inexistantes et pour d'autres complètement archaïques et approximatifs. En raison de cette incertitude dans le résultat, de l'essor considérable des prothèses du genou et du renouveau des prothèses unicompartmentaires soutenu par le concept de chirurgie mini-invasive, certains chirurgiens ont diminué, voire abandonné cette indication pour ne pas s'exposer à un échec par hypercorrection insuffisante ou aux problèmes esthétiques, fonctionnels et médico-légaux que peut engendrer une hypercorrection trop importante.

Par ailleurs, l'OTV peut exposer à un cal vicieux de l'extrémité proximale du tibia avec interligne oblique, c'est-à-dire avec un axe mécanique tibial en valgus (fig. 1). Cette incidence (14) a été peu mentionnée dans la littérature chez les promoteurs de l'ostéotomie, mais commence à être bien connue depuis l'augmentation considérable des poses de prothèses totales du genou (PTG). Cet interligne oblique est d'autant plus fréquent que le varus est important, qu'il siège en fémoral (fémur courbe congénital ou varus fémoral distal) ou qu'il siège en fémoral et en tibial. L'hypercorrection souhaitable pour avoir un bon résultat clinique (3 à 6°) aggrave encore plus cet interligne oblique qui, lorsqu'il dépasse 10°, conduit bien souvent à une ostéotomie de dévalgisation (15) lors de la mise en place de la PTG. Les doubles ostéotomies, fémorale et tibiale de valgisation, nous ont toujours paru intéressantes pour éviter ce problème, mais la difficulté opératoire pour avoir un réglage parfait de la correction nous a toujours fait poser cette indication avec beaucoup de parcimonie.

Compte tenu de la précision que nous avons pu atteindre dans la mise en place des prothèses du genou avec assistance par ordinateur (16-18), nous avons pensé que les ostéotomies autour du genou pouvaient être une excellente application de la chirurgie assistée par ordinateur. Nous avons utilisé pour la première fois le système Orthopilot® (B-Braun-Aesculap, Tuttlingen, Allemagne) au cours d'une ostéotomie tibiale de valgisation en mars 2001 et depuis, nous avons réalisé plus de 300 ostéotomies dont plus de 200 OTV et 30 doubles ostéotomies.

Nous allons présenter la stratégie pré-opératoire devant une arthrose fémoro-tibiale médiale sur *genu varum*, la technique opératoire de l'OTV et de la double ostéotomie, les résultats de ces ostéotomies et nous discuterons les raisons de ces choix.

## Stratégie pré-opératoire

Elle repose sur une imagerie radiologique de qualité qui doit comporter non seulement des radiographies standard (face et profil debout, face en position schuss, défilés fémoropatellaires entre 30° et 45° de flexion), mais également une gonométrie de qualité parfaitement reproductible. Depuis plus de 25 ans, nous utilisons le protocole de Ramadier (19)

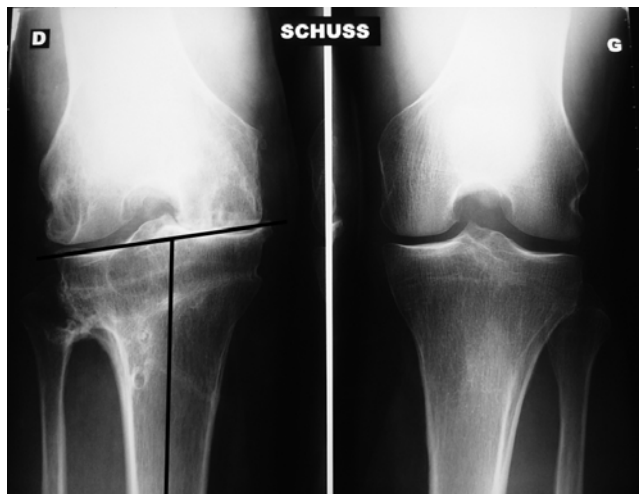


Figure 1. Interligne oblique suite à une ostéotomie tibiale de valgisation

qui a l'avantage d'être facilement reproductible d'un cabinet de radiologie à un autre et qui est peu opérateur-dépendant. Sur ces clichés, il faut non seulement évaluer le stade de l'arthrose mais également les valeurs de l'angle HKA, de l'angle mécanique fémoral (AMF) et de l'angle mécanique tibial (AMT). Nous évaluons le stade de l'arthrose en fonction des critères de Alhback modifiés (20) : pour le stade I, pincement artriculaire inférieur à 50% ; pour le stade II, pincement compris entre 50 et 100% ; pour le stade III, pincement de 100% ; pour le stade IV, pincement artriculaire avec usure osseuse ; pour le stade V, usure osseuse avec décoaptation fémoro-tibiale latérale. En ce qui concerne les axes, nous considérons en accord avec Kapandji (21) et Hungerford et Krackow (22) que l'angle HKA normal mesure 180°, l'AMF 93° et l'AMT 87°.

## Indications des ostéotomies

Elles dépendent de l'âge, du stade de l'arthrose, du bilan algo-fonctionnel, des exigences fonctionnelles et des valeurs des différentes mesures angulaires.

Un stade lésionnel peu évolué (inférieur ou égal au stade III) chez un « sujet jeune » (inférieur à 65 ans) et actif est une excellente indication d'ostéotomie surtout si le varus est supérieur ou égal à 3°. L'OTV sera plutôt indiquée en cas d'AMT en varus et d'AMF en valgus ; cela correspond, dans notre expérience, à environ 85 à 90% de nos indications. La double ostéotomie sera indiquée en cas de varus sévère (supérieur à 10°) et surtout lorsque l'AMF est en varus ou à 90° ; cela correspond dans notre expérience à environ 10% des cas.

## Techniques opératoires

### L'ostéotomie tibiale de valgisation assistée par ordinateur

Le logiciel est dérivé de celui de la mise en place des prothèses du genou qui a été largement décrit par ailleurs (18, 23, 24). Grâce au principe de l'acquisition cinématique des centres de la hanche, du genou et de la cheville et également à la palpation de quelques points extra-articulaires remarquables au niveau du genou et de la cheville, le système donne en temps réel l'axe du membre inférieur sur l'écran de l'ordinateur, avant et après l'ostéotomie, ce qui permet d'obtenir facilement la correction souhaitée.

En pratique, on procède de la façon suivante : mise en place des marqueurs (*rigid body*) en percutané au niveau de l'extré-



Figure 2a. Ostéotomie d'ouverture interne fixée par une cale de Biosorb® et une plaque en C.



Figure 2b. Incidence de profil. Remarquer l'absence de retentissement sur la pente tibiale de l'ostéotomie d'ouverture médiale.

mité distale du fémur et au niveau de l'extrémité proximale du tibia et acquisitions cinématiques du centre de la hanche, cinématiques et palpatoires du milieu du genou et de la cheville. L'axe du membre inférieur apparaît sur l'écran et peut être comparé à celui de la gonométrie préopératoire. On réalise ensuite l'ostéotomie proximale du tibia, 3 centimètres en dessous de l'interligne articulaire médial (après repérage de l'interligne par une aiguille intramusculaire), celle-ci se dirigeant vers la tête du péroné, la scie étant le plus horizontal possible pour ne pas fracturer le plateau tibial externe. La valgisation est ensuite réalisée en s'aidant de 2 lames de Pauwels insérées dans le trait d'ostéotomie. On insère enfin, dans le trait d'ostéotomie, une cale métallique d'essai autostable ce qui permet de vérifier l'axe du membre inférieur en toute tranquillité. Si le varus fait  $8^\circ$ , on mettra une cale de 10 ou 11 mm et l'on vérifiera sur l'écran l'hypercorrection souhaitée ; si celle-ci est insuffisante, on mettra une cale plus épaisse, si elle est trop importante, on fera l'inverse. Cette cale est ensuite remplacée par une cale de phosphate tricalcique (Biosorb®, B-Braun-Aesculap, Boulogne, France) et l'on terminera l'intervention par l'ostéosynthèse à l'aide d'une plaque vissée (fig. 2a, 2b).

### La double ostéotomie fémorale et tibiale de valgisation (DOFTV)

La première étape consiste, comme pour l'OTV, à insérer les *rigid-bodies* en percutané, un au niveau de l'extrémité distale du fémur (suffisamment haut pour ne pas gêner l'ostéotomie) et l'autre au niveau de l'extrémité proximale du tibia. Ensuite, les acquisitions cinématiques du centre de la hanche, du milieu du genou et du milieu de la tibio-tarsienne, ainsi que les palpations du genou et de la cheville permettent d'avoir l'axe mécanique du membre inférieur.

La deuxième étape consiste à faire l'ostéotomie fémorale de fermeture externe ( $5$  à  $6^\circ$  en général, parfois plus en cas de varus fémoral constitutionnel) et à la fixer par une plaque en T de l'instrumentation AO. Un garrot stérile est installé à la racine de la cuisse et l'ostéotomie est réalisée par une voie d'abord antéro-latérale avec relèvement du vaste latéral. Une arthrotomie latérale permet de repérer le bord supérieur de la trochlée. Le trait d'ostéotomie siège juste au-dessus de la trochlée et se dirige obliquement de dehors en dedans vers la corticale médiale. Un coin à base externe de 4 à 5 mm, correspondant à  $5$ - $6^\circ$  est retiré (parfois plus si l'AMF est inférieur à  $87^\circ$ ) et la plaque est mise en place après valgisation manuelle. Une fois cette étape réalisée, on vérifie l'axe pour savoir quelle sera la valgisation complémentaire qu'il faudra réaliser au niveau du tibia pour atteindre l'objectif que l'on s'était fixé en préopératoire.

La dernière étape consiste à faire l'OTV exactement de la

façon qui a été décrite précédemment. L'axe définitif s'affichera alors sur l'écran de l'ordinateur.

## Résultats

### Étude cas-témoin concernant l'OTV (25)

#### La série

L'objectif de l'étude consistait à comparer les résultats radiologiques de la correction axiale des 28 premiers cas opérés avec assistance informatisée, avec 28 cas opérés sans ordinateur. Nous avons distingué 2 groupes : le groupe A représentait les 28 ostéotomies assistées par ordinateur réalisées entre mars 2001 et avril 2002, et le groupe B, les 28 ostéotomies pratiquées avec une technique conventionnelle et tirées au sort parmi 140 ostéotomies réalisées entre janvier 1997 et décembre 2000. Ces 2 groupes étaient parfaitement comparables en ce qui concerne l'âge ( $54$  ans  $-35$  à  $71-$  et  $55$  ans  $-27$  à  $70-$ ), le sexe, le degré de l'arthrose selon les critères de Alhåck modifiés (10 stades I, 32 stades II et 14 stades III) et l'importance du *genu varum* ( $173,3^\circ \pm 3,8^\circ$  pour le groupe A  $-169$  à  $178^\circ-$  et  $172,79^\circ \pm 3,18^\circ$  pour le groupe B  $-168$  à  $178^\circ-$ ). L'axe du membre avait été mesuré sur des clichés radiologiques des membres inférieurs, en entier, debout, selon le protocole de Ramadier.

Dans tous les cas, nous avons réalisé une ostéotomie d'ouverture interne au niveau de l'extrémité proximale du tibia que nous avons fixée par une cale de phosphate tricalcique (Biosorb®) et une plaque en T de l'instrumentation AO. Dans les 2 groupes, nous avons réalisé une planification préopératoire qui consistait à simuler sur la radiographie l'ouverture souhaitée pour obtenir une hypercorrection comprise entre  $2$  et  $6^\circ$  de valgus, soit  $182$  à  $186^\circ$  d'axe mécanique (angle HKA). Le contrôle peropératoire de l'hypercorrection souhaitée était réalisé différemment dans les 2 groupes. Dans le groupe B, nous repérons sous amplificateur de brillance le centre de la tête fémorale à l'aide d'une électrode à monitoring cardiaque, ce qui nous permettait de contrôler l'axe en tendant un fil de suture depuis cette électrode jusqu'à la malléole interne en passant par le centre du genou. Dans le groupe A, nous avons utilisé l'Orthopilot® pour vérifier l'hypercorrection souhaitée. Tous les patients eurent une gonométrie de contrôle en charge au 3<sup>e</sup> mois post-opératoire avec le même protocole qu'en préopératoire.

#### Résultats

Tout d'abord en ce qui concerne la concordance entre la go-

Figure 3a. Arthrose fémoro-tibiale médiale avec nécrose du condyle chez un homme de 40 ans.



nométrie préopératoire et l'angle donné par l'Orthopilot® au moment de l'intervention, ces angles étaient tout à fait superposables puisque l'angle mécanique moyen était de  $173,3^\circ$  ( $169$  à  $178^\circ$ ) en préopératoire et de  $172,9^\circ$  ( $169$  à  $180^\circ$ ) en peropératoire.

En ce qui concerne la gonométrie post-opératoire, dans le groupe A, celle-ci était en moyenne de  $183,5^\circ \pm 1,26^\circ$  avec une médiane à  $184^\circ$  et des extrêmes de  $180$  et  $186^\circ$ . Dans le groupe B, l'angle moyen était de  $184^\circ \pm 2,28^\circ$  avec une médiane à  $184^\circ$  et des extrêmes de  $181$  et  $189^\circ$ . Par ailleurs, l'objectif préopératoire a pu être atteint 27 fois sur 28 dans le groupe A, soit 96 %, et 20 fois sur 28 dans le groupe B, soit 71 %. La différence était statistiquement significative aussi bien avec le test de Fisher ( $p = 0,0248 < 0,05$ ) qu'avec le test T de Student ( $p = 0,0015 < 0,05$ ), en faveur de la chirurgie assistée par ordinateur, qui, non seulement a permis d'atteindre plus souvent l'objectif fixé, mais a évité également une trop grande dispersion des résultats (notamment les hypercorrections excessives).

## La série DOFTV

### La série

Entre août 2001 et mai 2007, nous avons réalisé 248 ostéotomies assistées par ordinateur parmi lesquelles nous avons isolé 23 doubles ostéotomies (9,3%). Il s'agissait de 23 patients (2 hommes eurent une ostéotomie bilatérale), 6 femmes et 15 hommes dont l'âge moyen était de  $50,09 \pm 9,81$  ans (20 à 63). Les critères d'inclusion étaient un angle HKA avec un varus supérieur à  $10^\circ$  et/ou un AMF en varus ou à  $90^\circ$  associé à un AMT en varus (fig. 3a, 3b). Les critères d'exclusion étaient un AMF supérieur à  $90^\circ$  et un AMT inférieur à  $88^\circ$  ce qui est pour nous une indication d'OTV isolée. En ce qui concerne les stades de l'arthrose, nous avons opéré un stade 0 (pas d'arthrose mais déformation inesthétique), un stade 2, 13 stades 3, 7 stades 4 et un stade 5. L'angle HKA préopératoire moyen était de  $168,17^\circ \pm 2,64^\circ$  ( $163^\circ$  à  $173^\circ$ ). L'AMF moyen était de  $87,17^\circ \pm 2,45^\circ$  ( $81^\circ$  à  $90^\circ$ ) et l'AMT moyen de  $84,3^\circ \pm 2,27^\circ$  ( $80^\circ$  à  $88^\circ$ ).

### Résultats

L'objectif était d'obtenir un angle HKA à  $182^\circ \pm 2^\circ$  sans aucun interligne oblique (fig. 3c, 3d, 3e). Nous n'avons pas eu de complications. L'angle HKA per-opératoire moyen obtenu avec l'ordinateur était de  $168,35^\circ \pm 2,37^\circ$  ( $164^\circ$ - $173^\circ$ ), c'est-à-dire tout à fait superposable à celui obtenu en préopératoire avec la gonométrie radiologique. L'angle HKA moyen, après ostéotomie, obtenu avec l'ordinateur était de

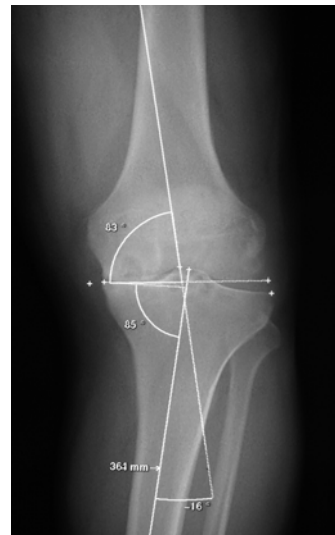


Figure 3b. L'angle HKA est à  $164^\circ$ , l'angle mécanique fémoral à  $83^\circ$  et l'angle mécanique tibial à  $85^\circ$ .

$183,17^\circ \pm 0,89^\circ$  ( $181^\circ$  à  $184^\circ$ ). Au 3<sup>e</sup> mois post-opératoire, la gonométrie radiologique en charge montrait un angle HKA moyen de  $181,78^\circ \pm 1,91^\circ$  ( $177^\circ$  à  $184^\circ$ ), un AMF moyen de  $93,13^\circ \pm 2,18^\circ$  ( $89^\circ$ - $97^\circ$ ) et un AMT de  $90,30^\circ \pm 1,06^\circ$  ( $88^\circ$  à  $92^\circ$ ) soit un objectif atteint dans 21 cas sur 23 (91,3% des cas). Les 2 échecs étaient un angle HKA à  $177^\circ$  et un autre à  $179^\circ$ . Il n'y avait pas d'interligne oblique, soit aucun AMT supérieur à  $92^\circ$ .

Toutes les ostéotomies consolidèrent entre 60 et 75 jours, avec abandon d'une canne-béquille à J+75 et la 2<sup>e</sup> à J+90. Aucune raideur du genou n'a été à déplorer malgré l'arthrotomie réalisée pour l'ostéotomie fémorale.

## Discussion

S'il est relativement facile de faire une OTV dans un contexte d'arthrose fémoro-tibiale sur *genu varum* et d'en faire ensuite l'ostéosynthèse, il est beaucoup plus difficile d'atteindre l'objectif que l'on s'était fixé en pré-opératoire. Certains utilisent des viseurs de correction angulaire plus ou moins précis (12). D'autres se basent sur une planification préopératoire (11) qui va leur donner l'angle de résection (en cas de fermeture) ou l'angle addition (en cas d'ouverture). D'autres encore (in 11) se basent sur un contrôle per-opératoire à l'aide d'un fil (de suture ou bistouri électrique) ou d'une baguette radio-opaque allant du centre de la tête fémorale à la cheville en passant par le milieu du genou. D'autres enfin, se basent sur le fait qu'il n'y a rien de précis, n'utilisent rien et font leur ostéotomie à l'intuition... parfois même sans gonométrie pré-opératoire !

S'il est classique aussi de dire qu'il faut une hypercorrection de 3 à 6° (5, 7, 9, 11), voire plus pour certains (26) pour avoir un bon résultat, il est curieux de constater qu'il n'y a pas de publication qui évalue les systèmes et les méthodes de correction alors que la correction obtenue influe beaucoup sur la qualité du résultat.

Notre étude montre que le système Orthopilot® apporte une sécurité incontestable dans la réalisation de l'ostéotomie et permet d'atteindre l'objectif fixé dans 96% des cas (versus 71%) en diminuant de manière significative la dispersion des résultats et tout particulièrement des hypercorrections excessives inacceptables. Cette « performance » est d'autant plus louable que le groupe qui a été comparé a été opéré avec une planification irréprochable (pré-opératoire et contrôle per-opératoire). Il est vraisemblable que la différence aurait été encore plus nette si l'ostéotomie avait été réalisée de manière plus intuitive.

Nous avons choisi de faire des ostéotomies d'ouverture, d'une part, parce que nous avons adopté cette technique depuis

Figure 3c. Double ostéotomie. Radiographies de face et profil.



Figure 3d. Goniométrie de contrôle post-opératoire. Remarquer l'absence d'interligne oblique et l'excellente correction axiale (HKA à 184°).



Figure 3e. Radio de contrôle à 6 mois.

1995 (alors que nous avons fait pendant 15 ans des ostéotomies de fermeture), d'autre part, parce que nous avons validé ce type d'ostéotomie à propos de 100 cas (27) et enfin, parce qu'elle nous semble particulièrement adaptée à la navigation informatisée. En effet, l'ostéotomie d'ouverture contrairement à la fermeture, semble beaucoup plus précise (un seul trait d'ostéotomie), beaucoup plus stable en vue des essais per-opératoires (cale métallique d'essai autostable) et beaucoup plus reproductible. Le réglage à la demande de l'importance de la correction sans nuire à la stabilité du montage est un atout inégalable.

Enfin, parmi tous les systèmes de navigation, l'Orthopilot® nous paraît particulièrement adapté et fiable et la technique reproductible. En effet, son principe de navigation sans scanner, basé sur les acquisitions cinématiques du centre de la hanche, du milieu du genou et de la cheville, permet de se dispenser de toute palpation intra-articulaire ce qui est fondamental au cours d'une ostéotomie où l'on ne réalise jamais d'arthrotomie. Le système est d'autant plus performant, que les ligaments sont habituellement intacts dans ce type d'indication et que l'arthrose est relativement modérée sans usure osseuse ni décoaptation fémoro-tibiale externe. C'est dans ce type d'indication que le modèle cinématique est le plus robuste au niveau du genou (23).

En ce qui concerne la DOFTV, il est évident qu'il s'agit d'une intervention difficile ce qui explique probablement pourquoi elle a été peu décrite dans la littérature. Sauf erreur de notre part, nous n'avons retrouvé qu'une seule publication relatant cette expérience (14). Cette double ostéotomie semble avoir été décrite pour la première fois en 1969 par Benjamin (28) mais il n'était question à l'époque, ni d'angle HKA ni d'interligne oblique. La difficulté de l'intervention tient au fait qu'une fois que l'on a effectué la première ostéotomie, fémorale ou tibiale, les repères changent et la précision de la deuxième ostéotomie pour obtenir l'axe désiré devient particulièrement aléatoire sans repère per-opératoire fiable. Si l'on se réfère aux résultats de Babis et al (14) qui ont utilisé une technique conventionnelle, on peut noter qu'ils font état de 2 varus résiduels non négligeables (4,6° et 4,9°), de 10 hypercorrections de plus de 4° et de 5 hypercorrections de plus de 6°. Cette difficulté conduit d'ailleurs certains auteurs à la réaliser en 2 temps séparés (29).

Par ailleurs, il est légitime de penser qu'une complication au niveau des 2 foyers d'ostéotomies pourrait conduire à un résultat catastrophique. Cependant, la création d'un cal vicieux de l'extrémité supérieure du tibia pour une chirurgie temporaire doit interpeller tout chirurgien qui opère des gonarthroses. En effet, toute ostéotomie chez un adulte jeune conduira

inégalement à la mise en place plus tard d'une PTG et il est donc essentiel d'être préoccupé par cette chirurgie itérative.

La navigation informatisée permet un contrôle permanent de l'axe fémoro-tibial à chaque étape de la procédure opératoire et rend l'intervention beaucoup moins hasardeuse. Nos résultats, qui font état de 91,3% d'objectifs atteints, montrent une reproductibilité tout à fait remarquable de la navigation informatisée.

Quand faut-il faire une DOFTV ? Avant de proposer une OTV, il nous paraît fondamental d'avoir une goniométrie debout de qualité selon un protocole défini et parfaitement reproductible. Sur cette goniométrie, il faudra non seulement mesurer l'angle HKA mais également l'angle mécanique du fémur et l'angle mécanique du tibia, la laxité du côté latéral ayant moins d'importance qu'autrefois car, dans ce contexte, les indications d'ostéotomies sont actuellement rares. Si l'axe mécanique du fémur est en valgus, ce qui est pour Kapandji (21) et Hungerford et Krackow (22) le morphotype normal, il est illogique de faire une ostéotomie fémorale : il faut faire une ostéotomie tibiale en fonction du varus épiphysaire tibial. Si le fémur est en varus ou à 90°, nous pensons qu'il faut faire une DOTFV en donnant 4 à 5° de valgus au fémur (voire plus si l'AMF est en fort varus) et en complétant ensuite dans le tibia pour obtenir un angle à 182° +/- 2°. Dans notre expérience, il ne semble pas utile de donner une hypercorrection plus importante pour avoir un résultat satisfaisant. Si le tibia ne comporte pas de varus épiphysaire et que l'axe mécanique est à 90°, il faut faire une ostéotomie fémorale (à plus forte raison si le fémur est à 90° ou en valgus) ou contre-indiquer l'OTV, si celle-ci doit induire un interligne oblique supérieur à 5°. Si l'on respecte parfaitement ces critères, il est vraisemblable que les indications de double ostéotomie devraient augmenter avec le développement de la navigation, car les varus importants (supérieurs à 10°) ne sont pas rares de même que les fémurs varum, les fémurs à 90° ou les tibias sans varus épiphysaire.

Quant à l'inquiétude que l'on pourrait avoir vis-à-vis de la consolidation de l'ostéotomie fémorale, le risque est minime si on utilise une ostéosynthèse stable et solide à l'aide d'une plaque épiphysaire (pour nous, la lame-plaque est inutile et trop rigide), si on ne casse pas la charnière opposée et si les surfaces osseuses s'affrontent correctement. Par ailleurs, malgré la grande confiance que nous avons dans l'ostéotomie d'ouverture, nous pensons qu'au niveau fémoral il est préférable de faire une fermeture pour éviter un allongement excessif du membre (double ouverture !).

## Conclusion

L'ostéotomie tibiale de valgisation assistée par ordinateur dans le traitement de l'arthrose fémoro-tibiale interne sur *genu varum* est une technique fiable et reproductible qui permet dans 96% des cas d'atteindre l'objectif fixé en préopératoire. Le système Orthopilot®, du fait de ses caractéristiques (pas de scanner préopératoire, modèle cinématique), paraît particulièrement adapté à l'ostéotomie qui est réalisée habituellement sans arthrotomie. Le développement de la navigation informatisée devrait redonner à l'ostéotomie la place qu'elle mérite dans le traitement de la gonarthrose latéralisée.

Quant à la double ostéotomie fémorale et tibiale assistée par ordinateur pour traiter les grands *genu varum* ou les *genu varum* avec varus fémoral et tibial, il s'agit d'une technique fiable, précise et reproductible. L'utilisation de la navigation simplifie la procédure qui est, en général, délicate à réaliser tout au moins pour atteindre l'objectif préopératoire. Le développement d'une telle technique nous semble important pour éviter l'interligne oblique source de difficultés lors de la mise en place d'une prothèse totale du genou.

## Références

- Merle d'Aubigné R, Ramadier JO. Arthrose du genou et surcharge articulaire. Acta Orthop Belg 1961;27:365.
- Judet R, Dupuis JF, Honnard F, Furno P. Désaxations et arthroses du genou. Le genu varum de l'adulte. Indications thérapeutiques, résultats. Chir Orthop 1964;13:1-28.
- Jackson JP, Waugh W. Tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. J Bone Joint Surg Br 1961;43-B:746-51.
- Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL. Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases. J Bone Joint Surg Am 1993;75(2):196-201.
- Hernigou P, Medevielle D, Debeyre J, Goutallier D. Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity. A ten to thirteen-year follow-up study. J Bone Joint Surg Am 1987;69(3):332-54.
- Holden DL, James SL, Larson RL, Slocum DB. Proximal tibial osteotomy in patients who are fifty years old or less. J Bone Joint Surg Am 1988;70(7):977-82.
- Jenny JY, Tavan A, Jenny G, Kehr P. Taux de survie à long terme des ostéotomies tibiales de valgisation pour gonarthrose. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 1998;84(4):350-7.
- Koshino T, Murase T, Saito T. Medial opening-wedge high tibial osteotomy with use of porous hydroxyapatite to treat medial compartment osteoarthritis of the knee. J Bone Joint Surg Am 2003;85-A:78-85.
- Lootvoet L, Massinon A, Rossillon R, Himmer O, Lambert K, Ghosez JP. Ostéotomie tibiale haute de valgisation pour gonarthrose sur genu varum: à propos d'une série de 193 cas revus après 6 à 10 ans de recul. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 1993;79(5):375-84.
- Rinonapoli E, Mancini GB, Corvaglia A, Musiello S. Tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A 10 to 21-year follow-up study. Clin Orthop Relat Res 1998;(353):185-93.
- Lerat JL. Ostéotomies dans la gonarthrose. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Conférences d'enseignement 2000. Paris: Elsevier édit: 165-201.
- Billings A, Scott DF, Camargo MP, Hofmann AA. High tibial osteotomy with a calibrated osteotomy guide, rigid internal fixation, and early motion. J Bone Joint Surg Am 2000;82(1):70-9.
- Krakow KA, Lennox DW. High tibial osteotomy: techniques for accurate angular correction and new techniques of internal fixation for early range of motion. Orthop Trans 1983;7:503.
- Babis GC, An KN, Chao EY, Rand JA, Sim FH. Double level osteotomy of the knee: a method to retain joint-line obliquity. J Bone J Surg Am 2002;84(8):1380-8.
- Neyret P, Deroche P, Deschamps G, Dejour H. Prothèse totale du genou après ostéotomie tibiale de valgisation. Problèmes techniques. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 1992;77(7):438-48.
- Clemens U, Konerman WH, Koehler S, Kiefer H, Jenny JY, Mielhke RK. Computer-assisted navigation with the Orthopilot system using the search evolution TKA prosthesis: results of a multicenter study. In: Stiehl JB, Konerman WH, Haaker RG. Navigation and Robotics in Total Joint and Spine Surgery. Berlin Heidelberg: Springer Verlag édit, 2004: 234-41.
- Jenny JY, Boeri C. Implantation d'une prothèse totale de genou assistée par ordinateur. Étude comparative cas-témoin avec une instrumentation traditionnelle. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 2001;87(7):645-52.
- Saragaglia D, Picard F, Chaussard C, Montbarbon E, Leitner F, Cinquin Ph. Mise en place des prothèses totales du genou assistée par ordinateur: comparaison avec la technique conventionnelle. Résultats d'une étude prospective randomisée de 50 cas. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 2001;87(1):18-28.
- Ramadier JO, Buard JE, Lortat-Jacob A, Benoit J. Mesure radiologique des déformations frontales du genou. Procédé du profil vrai radiologique. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 1982;68(1):75-8.
- Saragaglia D, Roberts J. Navigated osteotomies around the knee in 170 patients with osteoarthritis secondary to genu varum. Orthopedics 2005;28(Suppl 10):S1269-74.
- Kapandji IA. Physiologie articulaire. Membre inférieur. Fascicule II, 4<sup>e</sup> édition. Paris: Maloine SA, 1974: 104.
- Hungerford DS, Krackow KA. Total joint arthroplasty of the knee. Clin Orthop Relat Res 1985;(192):23-33.
- Picard F, Leitner F, Raoult A, Saragaglia D. Computer assisted knee arthroplasty. In: Jerosch, Nichol, Peikenkam. Reschnergestützte Verfahren in orthopädie und unfallchirurgie. Darmstadt: Steinkopff, 1999: 461-71.
- Saragaglia D, Picard F. Computer assisted implantation of total knee endoprosthesis with no preoperative imaging: the kinematic model. In: Stiehl JB, Konerman WH, Haaker RG. Navigation and Robotics in Total Joint and Spine Surgery. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag édit, 2004: 226-33.
- Saragaglia D, Pradel P, Picard F. L'ostéotomie de valgisation assistée par ordinateur dans le genu varum arthrosique: résultats radiologiques d'une étude cas-témoin de 56 cas. e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie 2004;3:21-5. <http://www.bium.univ-paris5.fr/acad-chirurgie>
- Yasuda K, Majima T, Tsuchida T, Kaneda K. A ten- to 15-year follow-up observation of high tibial osteotomy in medial compartment osteoarthritis. Clin Orthop Relat Res 1992;(282):186-95.
- Saragaglia D, Martinez T, Belfkira F, Tourné Y. Les ostéotomies tibiales de valgisation d'ouverture interne fixées par une cale de biosorb® et une plaque vissée. À propos de 100 cas ayant entre un an et 3 ans de recul. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 2000;86:25133.
- Benjamin A. Double osteotomy for the painful knee in rheumatoid arthritis and osteoarthritis. J Bone Joint Surg Br 1969;51(4):694-9.
- Martres S, Servien E, Ait Si Selmi T, Neyret P. Double ostéotomie: indication dans la gonarthrose. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 2004;90:25137-8.