Allogreffe sécurisée d'origine humaine (Ostéopure™), pour comblement de l'ouverture dans les ostéotomies tibiales de valgisation par addition médiale, fixée par plaque verrouillée Surfix®

S Boisgard, S. Descamps, D Kacou Aka , Ph Moreel , JP Levai ,

CHU de Clermont-Ferrand, Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, Hôpital Gabriel Montpied, F-63003 Clermont-Ferrand, France. Univ Clermont 1, Faculté de Médecine, F-63001 Clermont-Ferrand, France.

Résumé

Introduction
Le but de ce travail était d'évaluer une série d'OTV par addition médiale utilisant une allogreffe traitée Oste0pure™, la plaque Surfix®.
Matériel et Méthode
Il s'agit d'une étude prospective réalisée entre janvier 2004 et avril 2005 sur 30 OTV, chez 28 patients.). La série comprenait 19 hommes et 9 femmes, d'âge moyen 50 ans (32-62 ans),. Le procédé Oste0pure™ est un traitement physico-chimique, dans le but d'améliorer la sécurité infectieuse de l'allogreffe et d'optimiser la réhabitation. La plaque SURFIX est une plaque verrouillée, avec des trous de vis pourvus d'un filetage, permettant la mise en place de contre-vis, empêchant tout recul des vis
Un bilan radiologique systématique a été réalisé chez chaque patient, en préopératoire et à la dernière révision évaluant les critères morphologiques pré et post opératoire et l'évolution de la greffe.
Résultats
Le recul moyen est de 53 mois (47-62 mois).
Aucune complication n'était en rapport avec la greffe utilisée ou la plaque d'ostéosynthèse. Trois patients ont été repris pour mise en place d'une arthroplastie totale de genou à 48 mois de recul moyen. Sur le plan clinique 27 bons et très bons résultats cliniques avec périmètre illimité ont été observés. Un angle HKA 180+/- 3 HKA est atteint dans 93% des cas. Mais 28 genoux se situaient dans l'intervalle de 0 à 4° de valgus, avec une hyper et une hypo correction. L'index patellaire était abaissé, et la pente tibiale augmentée de façon significative. La greffe évoluait de façon isodense sans anomalie de la jonction dans 28 cas, deux cas étaient hypodenses avec un liseré de jonction stable depuis le 3ème mois post opératoire.
Discussion
Les résultats cliniques sont comparables à ceux de la littérature, avec à moyen terme 10% de genoux repris pour mise en place d'une arthroplastie. L'augmentation de pente tibiale et la diminution de l'index patellaire sont liés à la technique d'ouverture mais aucune complication n'est en rapport avec l'utilisation de l'allogreffe traitée Oste0pure™, ou du matériel d'ostéosynthèse par plaque Surfix®,.
L'utilisation de l'allogreffe traitée Oste0pure™ permet des résultats comparables à l'autogreffe, sur le plan clinique et radiologique.

Introduction

L'ostéotomie tibiale de valgisation (OTV) dans la gonarthrose fémorotibiale médiale, assure un résultat durable avec plus de 70% de bons résultats à 10ans, lorsque la correction angulaire frontale est comprise entre 3 et 6 degrés de valgus (1). Vielpeau (2) a précisé les indications : sujet jeune, arthrose stade I et II d'Ahlback (3), gonarthrose unicompartimentaire pure, varus constitutionnel.

Les deux grandes techniques d'ostéotomies tibiales de soustraction ou d'addition donnent des résultats cliniques équivalents (4), chacune présentant des avantages et des inconvénients. Notre préférence va à l'OTV par addition médiale sus tubérositaire. Elle permet une remise en tension du ligament collatéral médial, la correction de déformations importantes sans induire de cal vicieux métaphysaire, et la voie d'abord médiane peut être réutilisée pour la mise en place d'une

arthroplastie en cas d'échec. Par contre elle peut entrainer des modifications morphologiques de la pente tibiale, de la hauteur de la patella et pose le problème du comblement de l'ouverture.

Le but de ce travail était d'évaluer une série d'OTV utilisant une allogreffe traitée Oste0pure™, la plaque Surfix®, pour valider les deux hypothèses suivantes :

L'allogreffe traitée Oste0pure™, utilisée pour le comblement, ne présente aucun effet indésirable et présente sur le plan radiologique une évolution comparable à celle de l'autogreffe.

L'utilisation de cette technique (ouverture médiale, plaque Surfix) permet d'obtenir les résultats cliniques et radiologiques, à moyen terme, conformes aux données de la littérature.

Matériels et Méthodes

Patients

Il s'agit d'une étude prospective réalisée entre janvier 2004 et avril 2005 sur 30 OTV, chez 28 patients (2 patients ont été opérés des deux cotés). Le recul moyen de l'étude entre la date de l'ostéotomie et la dernière consultation était de 53 mois (47-62 mois.

La série comprenait 19 hommes et 9 femmes, d'âge moyen 50 ans (32-62 ans), 22 patients avaient un surpoids (BMI > 25). L'arthrose selon Ahlback, était de stade I chez 20 patients (66.67%), stade II chez 7 patients (23.33%), stade III chez 3 patients (10%). En pré opératoire, la déformation en varus moyenne était de 6,9° (4-15), l'index patellaire était à 0,92 (0,53 -1,18), la pente tibiale à 6,7° (0-17)

L'allogreffe traitée Oste0pure™

Le procédé Oste0pure™ (laboratoire Ost Développement 15, rue Georges Besse 63017 Clermont-Ferrand Cedex 2) est un traitement physico-chimique, dans le but d'améliorer la sécurité infectieuse et d'optimiser la réhabitation d'allogreffes .

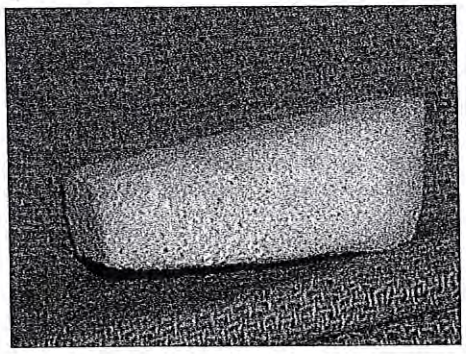
Les têtes fémorales sont reçues dans une banque de tissus, (Osteobanque d'Auvergne, association à but non lucratif de chirurgiens orthopédistes, 15 bd Pochet Lagaye 63100 Clermont Ferrand) qui vérifie le respect des procédures techniques, des critères de sélection et de la négativité des sérologies virales, assurant le premier niveau de sécurisation. La phase de traitement intervient alors avec: élimination de l'os cortical, nettoyage sous pression, traitement physico-chimique délipidant, double passage à l'urée et stérilisation terminale.

L'optimisation de la sécurité infectieuse par diminution d'une potentielle charge virale de plusieurs Log, a été validée par l'Institut Pasteur-Texcell. Le nettoyage de l'os qui respecte la trame collagénique, permet une bonne ostéoconduction, et n'entraine pas de toxicité systémique ou de génotoxicité (5). Sa bio-compatibilité est excellente, validée par les résultats des cultures de cellules souches à son contact. (6).

L'os humain traité selon ces procédures spécifiques a fait l'objet de validation par le groupe de sécurité microbiologique de l'ANSM qui a donné son accord pour la mise à disposition en date du 7 septembre 1999 (agrément n° 99-08802B02) puis des autorisations de procédé (PPT 232 ,233 ,234 ,234) le 21 décembre 2012.

Ce greffon spongieux n'a pas de solidité mécanique par lui-même et doit toujours être utilisé avec un moyen d'ostéosynthèse dans les zones de contraintes mécaniques.

Les coins d'Oste0pure™ ont été spécifiquement dessinés pour les ostéotomies tibiales d'ouverture : de forme parallélépipédique losangique, leur hauteur médiale est de 10 à ou 15mm.



La plaque Surfix®

La plaque Surfix® est une plaque verrouillée, avec des trous de vis pourvus d'un filetage, permettant la mise en place de contre-vis, empêchant tout recul des vis. Son dessin en L est spécialement conçu pour ce type d'ostéotomie, permettant une stabilité dans tous les plans (varus-valgus, flexion-extension et rotation).

Technique chirurgicale

Le calcul de la correction est effectué de manière à ce que l'axe mécanique du membre inférieur en post-opératoire croise l'épine tibiale latérale. L'angle calculé est reporté sur le pangonogramme (sans agrandissement) pour déterminer l'importance en mm de l'ouverture. Des tables ont également été proposées par Hernigou (7)., Il faut garder en mémoire que l'épaisseur de la lame de scie, si elle n'est pas prise en compte réalise une légère sous-estimation de l'ouverture.

L'incision est antéro interne, permettant une reprise ultérieure par PTG. Le trajet de l'ostéotomie sus tubérositaire est visualisé à l'aide de la fluoroscopie. Une broche est mise en place permettant de guider la lame de scie. L'ouverture de la distance mesurée en pré opératoire est réalisée, à l'aide de davier de Meary positionné au tiers postérieur pour éviter l'augmentation de la pente tibiale. La plaque fixe l'ouverture qui est comblée par un coin d' Oste0pure™. La mobilisation active du genou est effectuée dès le lendemain de l'intervention, l'appui n'est pas autorisé avant le 45ème jour. Une anti coagulation préventive par héparine de bas poids moléculaire éventuellement relayée par un traitement anti-vitaminique K, est maintenue jusqu'à la reprise totale de l'appui.

Evaluation clinique

L'évaluation clinique a été réalisée selon les critères définis par le symposium de la SOFCOT de 1991 (2) en préopératoire, à j 45, à 3 mois et à 6 mois, à savoir :

- la mobilité ; flexion et extension chiffrée en degré.
- la douleur : 4 niveaux de cotation : absente 0, mécanique modérée 1, importante 2, constante et invalidante 3.
- le périmètre de marche : 4 niveaux de cotation : illimité 0, 500 à1000 m 1, 100 à 500 m 2, moins de 100 m 3.

Les résultats ont été qualifiés de bons pour une cotation 0 et 1 et mauvais pour une cotation 2 et 3.

Evaluation radiologique

Un bilan radiologique systématique a été réalisé chez chaque patient, en préopératoire et à la dernière révision: Radiographie du genou de face et de profil, Etude statique des membres inférieurs de face en appui bipodal, Cliché de face en « schuss », Défilé femoro-patellaire à 30° de flexion

Sur les clichés préopératoires, étaient rapportées les valeurs suivantes : L'angle mécanique femoro tibial HKA, La pente tibiale selon la méthode de Dejour (8): angle formé par la tangente au plateau tibial médial avec l'axe diaphysaire calculé à partir de points situés à 10 et 15 cm sous l'interligne (8° ± 3,3), La mesure de la hauteur patellaire selon la technique de Caton (9) (patella « haute » : IR >1,2, Rotule « normale » : 0,8<IR<1,2, Rotule « basse » : 0,6< IR< 0,8, Rotule « inféra » : IR <0,6), Le stade de l'arthrose selon la classification d'Ahlback (10), L'angle d'ouverture médiale(valgisation prévue)

Sur les clichés post-opératoires on notait en plus L'évolution du pincement articulaire médial (mm), l'aspect radiologique de la greffe osseuse (densité, remaniement, tassement, aspect de la jonction greffe-os natif : liseré, halo, condensation, aspect de séquestre).

Résultats

Complications

En per opératoire, un patient a présenté une rupture de la corticale latérale du tibia et un autre une fracture épiphysaire avec un refend articulaire du plateau tibial latéral, ces deux fractures étaient consolidées au 3eme mois post opératoire.

En post opératoire : deux phlébites d'évolution favorable sous traitement, une algoneurodystrophie ont été observées.

Deux patients présentaient un syndrome fémoro patellaire avec des index patellaires à 0,5.

Aucune infection, aucune fracture du coin d'Oste0pure™ ou tassement, aucune mobilisation ou fracture du matériel d'ostéosynthèse n'ont été observés ; ni d'écoulement séreux.

Reprises

23 ablations de matériel ont été effectuées. Trois genoux chez deux patients ont été repris, pour mise en place d'une arthroplastie totale de genou, à un recul moyen de 48 mois après l'ostéotomie. Ces patients présentaient un stade 3 d'Albach, et une déformation supérieure à 10° en varus, en pré op.

Résultats cliniques
Le délai moyen de reprise de l'appui total était de deux mois.
En ce qui concerne la douleur, nous retrouvons 27 bons résultats (douleur cotée 0 ou 1) et 3 mauvais résultats. Dans 28 cas la flexion est supérieure ou égale à 120°, le périmètre de marche est illimité dans 27 cas.
Au total 3 mauvais résultats ayant nécessité une reprise par arthroplastie phrases complètes avec verbes SVP

Résultats radiologiques morphologiques:
La correction de l'angle HKA moyen prévu était de 9,8° (5-15), correspondant à une ouverture moyenne de 12,1mm. L'angle HKA moyen post opératoire était de 2,3° en valgus. La différence entre la correction calculée et obtenue était de 0,5° (-2, +3), la traduction en pourcentage donne un objectif satisfait à 93% (57-107), avec une tendance à l'hypocorrection par rapport à la planification. Nous considérons satisfaisant l'intervalle de 0 à 4° de valgus, 28 genoux étaient corrigés de façon satisfaisante, un genou était hypocorrigé (1° de varus), et un hypercorrigé (5°de valgus)
L'index patellaire moyen est passé de 0,92 (0,53 -1,18), à 0,78(0,50-1,23), cette différence est significative ($p<0.05$) (0 rotule « haute », 15 rotules « normales » soit 50%, 13 rotules « basse » soit 43,33%, 2 rotules « inféra » soit 6%)
La pente tibiale moyenne passait de 6,7° (0-17), à 10,9° (3-19), ($p<0.05$).
L'étude de l'interligne au dernier recul montrait la stabilité de l'interligne chez 22 patients, l'élargissement de l'interligne médial sans pincement latéral dans 6 cas, le pincement de l'interligne dans 2 cas.

Résultats radiologiques du greffon
A la dernière révision, l'évolution radiographique du greffon montrait : un aspect d'iso densité dans 28 cas (93%) (Figure 1) et une hypodensité dans 2 cas constatée au 3eme mois et stable dans le temps (Figure 2)
La jonction greffe-os natif était sans particularité dans 26 cas (87 %), un liseré plus dense était visible dans 2 cas (Figure 3)
Un liseré clair dans 2 cas associé aux hypodensités Nous n'avons observé aucun tassement de greffe quelque soit son aspect au plus long recul. Pour les deux cas présentant hypodensité et liseré de jonction, la déformation initiale était inférieure à 8 et 10° et la correction obtenue était de 181 et 182°.

Figure 1a Aspect isodensité radio de face

Figure 1b Aspect isodensité radio de Profil

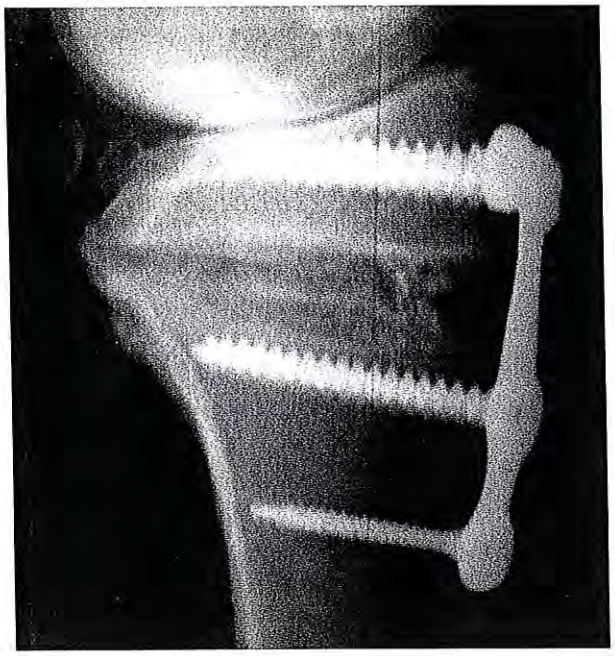


Figure 2 Aspect hypodensité radio de profil

Figure 3 liseré de jonction hyperdense radio de face

Discussion

La technique

Sur le plan clinique cette série donne des résultats comparables à ceux de la littérature sur le plan fonctionnel, avec a moyen terme 10% de genoux repris pour mise en place d'une arthroplastie (4, 11, 12). Ces cas étaient les plus défavorables avec une arthrose de Stade 3 et des déformations supérieures à 10°.

Les modifications morphologiques induites par cette technique sont retrouvées avec une tendance à l'augmentation de pente tibiale (13) et une diminution de l'index rotulien (14). L'augmentation de la pente tibiale peut être évitée par une ouverture plus importante en arrière et la confection d'une charnière latérale et non postéro latérale (13). La diminution de l'index rotulien est géométriquement obligatoire et entraine une contre indication de cette technique pour des index rotuliens inférieurs à 0,6 en préopératoire (14).

Toutes les ostéotomies de la série ont consolidé dans des délais comparables aux données de la littérature (15). Nous n'avons pas retrouvé de problème de reconstruction osseuse en rapport avec une rupture de la charnière latérale ou à une ouverture importantes de plus de 10mm (16). Nous n'avons pas retrouvé de complications en rapport avec l'utilisation de l'allogreffe traitée Oste0pure™, ou du matériel d'ostéosynthèse par plaque Surfix®. Hernigou confirme, d'ailleurs, le bon comportement des matériels d'ostéosynthèse dans ces indications (17).

Le comblement de l'ouverture

Un certain nombre d'auteurs (12, 18-20) ont proposé l'absence de comblement de l'ouverture métaphysaire, avec des reconstructions osseuses satisfaisantes dans 90% des cas (21), mais des délais plus importants pour obtenir la consolidation (12). Cette attitude semble avoir des limites et Aryee (22) propose le comblement systématique en cas de rupture de la charnière latérale ou d'une ouverture de plus de 10mm (16)

Quel comblement choisir ?

Si l'utilisation de l'autogreffe reste une référence (16, 23-26), avec un taux de reconstruction satisfaisant de 90% (16), elle pose le problème de la morbidité du site de prélèvement (27-29).

L'allogreffe peut être utilisée en comblement. Santic (30) retrouve un taux de 90% de reconstruction dans une série n'utilisant que l'allogreffe cryoconservée. Kuremsky (16) retrouve un taux de réussite moins important pour les allogreffes que pour les autogreffes dans une série comparant les deux types de greffe.

Le développement de l'utilisation de substituts osseux ou d'allogreffe traitées, avait pour but de diminuer : la morbidité liée au prélèvement pour l'autogreffe et les problèmes d'approvisionnement pour l'allogreffe cryoconservée.

L'utilisation des xénogreffes et du corail entraine un taux de reprises chirurgicales bien supérieur aux autres matériaux de comblement, en rapport avec des phénomènes immunoallergiques et doivent par conséquent être abandonnées (31-33).

Ces complications ne sont pas retrouvées avec les céramiques d'alumines et les céramiques phospho-calciques avec des taux de consolidation évalué entre 70 et 90% (34-36) . La question reste un taux élevé d'image hyperdense, et un taux d'ossification à l'histologie de 40 à 50% (36).

Dans notre série utilisant une allogreffe traitée Oste0pure™, nous n'avons relevé aucune complication spécifique des hétérogreffes, l'évolution a été favorable sur le plan radiologique avec dans 87% un comportement comparable à l'autogreffe en terme de densité et de jonction. Ces résultats sont tout à fait superposables aux résultats de la littérature utilisant de l'autogreffe.

Conclusion

Pour le traitement de la gonarthrose fémoro tibiale interne, l'OTV par addition interne sus tubérositaire, permet la correction de la déformation. Le risque de l'augmentation de la pente tibiale doit être prévenu par le positionnement postérieur de la greffe, et la confection d'une charnière latérale, sans rupture. Un index rotulien inférieur à 0,6 en pré-opératoire est une contre indication à l'ouverture interne.

Un comblement de l'ouverture métaphysaire est le plus souvent utilisé et est conseillé pour toute ouverture supérieure à 10mm et en cas de rupture de la charnière latérale.

L'utilisation de l'allogreffe traitée Oste0pure™ permet des résultats comparables à l'autogreffe, sur le plan clinique et radiologique. Elle n'entraine pas de complications liées à certains substituts osseux d'origine organique. Le traitement de l'allogreffe augmente la sécurisation par rapport aux allogreffes cryoconservées, et diminue les coûts liés à la greffe par intervention. De plus il permet sa conservation à température ambiante ce qui rend plus accessible la greffe osseuse à tous les patients quelque soit leur éloignement d'une banque de tissus distribuant des produits cryoconservés.

Références :

1. Hernigou P. Recul à plus de 20ans de la gonarthrose fémoro-tibiale interne après ostéotomie tibiale de valgisation : ostéotomie unique versus ostéotomie itérative. Rev Chir Orthop. 1996;82:241-50.
2. Vielpeau C. Portrait robot de la gonarthrose à ostéotomiser. Indications et limites. Rev Chir Orthop. 1992;78, Suppl:104-6.
3. Ahlback S. Osteoarthritis of the knee. A radiographic investigation. Acta Radiol. 1968; 227(Suppl):7-22.
4. Luites JWH, Brinkman JM, Wymenga AB, van Heerwaarden RJ. Fixation stability of opening- versus closing-wedge high tibial osteotomy: a randomised clinical trial using radiostereometry. J Bone Joint Surg Br. 2009;91(11):1459-65.
5. Boisgard S, Silbert H, Berger M, Levai JP. Biocompatibility study of a human bone matrix treated with stromal cells. J Bone Joint Surg Br. 2005; 87-B(SUPP_II):134.
6. Descamps S, Moreel P, Roch G, Berger M, Boisgard S, Levai J-P. Biocompatibility of a safe bone allograft (Oste0pure) used as a support for mensenchymatous stem cells. J Bone Joint Surg Br. 2008;90-B(SUPP_II):254
7. Hernigou P, Ovadia H, Goutallier D. Modélisation mathématique de l'ostéotomie tibiale d'ouverture et tables de correction. Rev Chir Orthop. 1998;30:171-4.
8. Dejour H, Bonnin M. Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture. Two radiological test compared. J Bone Joint Surg(Br). 1994;76:745-9.
9. Caton J. Une nouvelle technique de mesure de la hauteur de la rotule. Premier congrès de la société internationale du genou; 1979; Lyon. 1979.
10. Amendola A, Bonasia DE. Results of high tibial osteotomy: review of the literature. Int Orthop, 2010;34(2):155-60.
11. Benzakour T, Hefti A, Lemseffer M, El Ahmadi JD, Bouyarmane H, Benzakour A. High tibial osteotomy for medial osteoarthritis of the knee: 15 years follow-up. Int Orthop, 2010.
12. Kolb W, Guhlmann H, Windisch C, Kolb K, Koller H, Grützner P. Opening-wedge high tibial osteotomy with a locked low-profile plate. J Bone Joint Surg .A, 2009;91(11):2581-8.
13. Wang JH, Bae JH, Lim HC, Shon WY, Kim CW, Cho JW. Medial open wedge high tibial osteotomy: the effect of the cortical hinge on posterior tibial slope. Am J Sports Med, 2009;37(12):2411-8.
14. El Amrani MH, Lévy B, Scharycki S, Asselineau A. Patellar height relevance in opening-wedge high tibial osteotomy, Orthop Traumatol Surg Res, 2009; 35-41
15. Miller BS, Downie B, McDonough EB, Wojtys EM. Complications after medial opening wedge high tibial osteotomy. Arthroscopy, 2009; 25(6):639-46.
16. Kuremsky MA, Schaller TM, Hall CC, Roehr BA, Masonis JL. Comparison of Autograft vs Allograft in

Opening-Wedge High Tibial Osteotomy. J Arthroplasty. 2009.
17. Hernigou P. Technique d'ostéotomie tibiale par ouverture interne. Rev Chir Orthop. 1992;78 suppl 1:99-101.
18. Bainvel J. Ostéotomie tibiale d'ouverture sans greffon osseux. Ann Orthop Ouest. 1982;14:74-5.
19. Christodoulou N, Moussas T, Karaindros C, Polyatzis C, Vretos C. Ostéosynthèse des ostéotomies tibiales de valgisation par fixateur externe "goniométric". Rev Chir Orthop. 1996;82:331-5.
20. Zaki SH, Rae PJ. High tibial valgus osteotomy using the Tomofix plate--medium-term results in young patients. Acta Orthopaedica Belgica. 2009;75(3):360-7.
21. Valkering KP, van den Bekerom MPJ, Kappelhoff FM, Albers GHR. Complications after tomofix medial opening wedge high tibial osteotomy. J Knee Surg, 2009;22(3):218-25.
22. Aryee S, Imhoff AB, Rose T, Tischer T. Do we need synthetic osteotomy augmentation materials for opening-wedge high tibial osteotomy. Biomaterials. 2008;29(26):3497-502.
23. Cauchoix J, Duparc J, Lemoine A, Deburge A. L'ostéotomie dans les gonarthroses avec déviation angulaire dans le plan frontal.Résultats et indications thérapeutiques. Rev Chir Orthop. 1968;54:343-60.
24. Debeyre J, Artigou J. Résultats à distance de 260 ostéotomies tibiales pour déviation frontale du genou. Rev Chir Orthop. 1972;58:335-9.
25. Goutallier D, Hernigou P, Medevielle D, Debeyre J. Devenir à plus de 10 ans de 93 ostéotomies tibiales. Rev Chir Orthop. 1986;72:101-14.
26. Lerat J. Ostéotomies dans la gonarthrose. Conférences d'enseignement de la SOFCOT. Paris: Expansion Scientifique Française; 2000. p. 165-201.
27. Cockin J. Autologous bone grafting complications at donor-site. J Bone Joint Surg (Br). 1971;53:153.
28. Laurie S, Kaban L, Mulliken J, Murray J. Donor site morbidity after harvesting rib and iliac bone. Plast Reconstr Surg. 1984; 73:933-8.
29. Summers B, Eisenstein S. Donor-site pain from the ilium. A complication of lumbar spine fusion, J Bone Joint Surg (Br). 1989;71: 677-9.
30. Santic V, Tudor A, Sestan B, Legovic D, Sirola L, Rakovac I. Bone allograft provides bone healing in the medial opening high tibial osteotomy. Int Orthop. 2009;34(2):225-9.
31. Lascard T, Favard L, Burdin P, Traoré O. Utilisation du phosphate tricalcique dans les ostéotomies tibiales de valgisation par addition interne. Ann Orthop Ouest. 1998;30:137-41.
32. Levai JP, Bringer O, Descamps S, Boisgard S. Complication en rapport avec l'utilisation d'une xenogreffe (Lubboc) pour le comblement de l'ouverture interne dans l'ostéotomie tibiale de valgisation. Rev Chir Ortho 2003;89(8):707-11.
33. Meyer S, Floerkemeier T, Windhagen H. Histological osseointegration of Tutobone: first results in human. Arch Orthop Trauma Surg, 2008;128(6):539-44.
34. Bonnevialle P, Abid A, Mansat P, Verhaeghe L, Clement D, Mansat M. Osteotomie tibiale de valgisation par addition médiale d'un coin de phosphate tricalcique : technique dite mini invasive. Rev Chir Orthop. 2002;88:486-92.
35. Bové J. Utilisation d'une cale en céramique d'alumine poreuse dans l'ostéotomie tibiale de valgisation par ouverture interne: 50 cas avec un recul moyen de 16 mois. Rev Chir Orthop. 2002; 88: 480-5.
36. Meyer S, Floerkemeier T, Windhagen H. Histological osseointegration of a calciumphosphate bone substitute material in patients. Biomed Mater Eng, 2007;17(6):347-56.