

---

## Biométrie du fémur fœtal. Intérêt anthropologique et clinique

---

JL JOUVE<sup>1,4</sup>, Y GLARD<sup>1,4</sup>, P ADALIAN<sup>1</sup>, MD  
PIERSECCHI<sup>1,2</sup>, M PANUEL<sup>1</sup>, C TARDIEU<sup>3</sup>, G  
BOLLINI<sup>4</sup>

1 UMR 6578 « Anthropologie, Adaptabilité Biologique et Culturelle », CNRS-Université de la Méditerranée, Faculté de médecine Timone Marseille.

2 Laboratoire de médecine légale, faculté de médecine Timone, Marseille

3 Muséum National d'Histoire Naturelle, CNRS FRE 2696  
« Adaptation et Évolution des Systèmes Ostéomusculaires »  
Paris

4 Service de chirurgie orthopédique et pédiatrique, Hôpital d'enfants de la Timone, Marseille

---

Correspondance :

Pr JL JOUVE, Service de chirurgie orthopédique et pédiatrique,  
Hôpital Timone enfants 13385 Marseille cedex 5  
Jean-luc.jouve@ap-hm.fr

---

### Résumé

L'homme, seul primate exclusivement bipède, possède une trochlée fémorale creusée en son milieu, asymétrique, avec une berge externe plus saillante. L'engagement de la rotule sur une trochlée de plus en plus profonde et asymétrique semble être une spécificité de l'homme moderne. Ce caractère serait essentiellement la conséquence de la bipédie.

Il existe cependant une grande variabilité individuelle des caractéristiques anatomiques de la trochlée fémorale chez l'homme. Notre objectif était de réaliser une biométrie sur une série de fémurs fœtaux et de comparer nos résultats avec la série de genoux adultes de Wanner (1977) [1]. Ce travail constitue la première évaluation biométrique statistiquement significative de la croissance osseuse durant la vie foetale. Il vise à établir si durant les stades fœtaux précoces la morphologie des extrémités osseuses est fixée ou si au contraire elle se modifie progressivement jusqu'à atteindre la morphologie adulte. Ainsi l'observation d'un nombre significatif de sujets présentant une trochlée creusée dès les stades précoces du développement foetal plaide en faveur de l'influence de facteurs génétiques progressivement apparus au cours de l'évolution et non de seuls facteurs mécaniques dus à l'acquisition de la marche. Cette étude peut également permettre de mieux comprendre la genèse de certains morphotypes prédisposant à la luxation ou l'instabilité rotulienne, pathologie encore mal comprise et donnant lieu à des divergences thérapeutiques importantes.

**Mots clés :** Biométrie / fœtus / trochlée fémorale / dysplasie trochléenne / instabilité rotulienne

---

### Abstract

#### **Biometry of the femoral groove in fetuses. Anthropological and clinical interest**

The femoral groove in humans, the only exclusively biped primate, is asymmetrical, with a lateral margin that is more elevated than the medial one. This asymmetrical patellar groove is a specificity of the modern human being. This feature might be caused by bipedalism. Nevertheless, a great anatomic variability in the shape of the femoral groove has been described. Our aim was to achieve a biometry of the femoral groove in fetuses and to compare our results with those published in adults by Wanner (1977) [27]. To date, this is the first biometry of the trochlear groove in fetuses. The analysis was performed in order to check the following hypothesis: the distal end of the bones is fixed in shape from the earliest foetal stage through the growth. Our results pointed out that a significant number of foetal specimens had an asymmetrical and deeply dug femoral groove from the earliest foetal stage. This supports the hypothesis that in the determination of the distal end shape of the femur, a part is played by genetic factors that have progressively appeared during the evolution. Thus, not only mechanical factors such as specific stress caused by bipedalism are responsible for the shape of the distal femurs in adults. This work may serve as a base in order to better understand the femoral groove dysplasia that is in certain cases responsible for iterative patellar dislocations, and in which the treatment remains controversial.

**Keywords:** Biometry / foetus / trochlear groove / femoral groove dysplasia / patellar dislocation

---

### Introduction

L'homme, seul primate exclusivement bipède, possède une trochlée fémorale creusée en son milieu, asymétrique, avec une berge externe plus saillante. L'engagement de la rotule sur une trochlée de plus en plus profonde et asymétrique semble être une spécificité de l'homme moderne. Ce caractère serait essentiellement la conséquence de la bipédie [Hugston (1968) [2], Tardieu (1998) [3], Tardieu et Preuschhof. (1996) [4]].

Il existe cependant une grande variabilité individuelle des caractéristiques anatomiques de la trochlée fémorale chez l'homme [Dejour et Walch (1990) [5], Garin (1995) [6],

Wanner (1977) [1]]. Notre objectif était de réaliser une biométrie sur une série de fémurs fœtaux et de comparer nos résultats avec la série de genoux adultes de Wanner (1977) [1]. Ce travail constitue la première évaluation biométrique statistiquement significative de la croissance osseuse durant la vie foetale. Il vise à établir si durant les stades fœtaux précoces la morphologie des extrémités osseuses est fixée ou si au contraire elle se modifie progressivement jusqu'à atteindre la morphologie adulte. Ainsi l'observation d'un nombre significatif de sujets présentant une trochlée creusée dès les stades précoces du développement foetal plaide en faveur de l'influence de facteurs génétiques progressivement apparus au cours de

l'évolution et non de seuls facteurs mécaniques dus à l'acquisition de la marche [Garron (2003) [7], Glard (2005) [8], Glard (2005) [9]. Cette étude peut également permettre de mieux comprendre la genèse de certains morphotypes prédisposant à la luxation ou à l'instabilité rotulienne, pathologie encore mal comprise et donnant lieu à des divergences thérapeutiques importantes.

## Matériel et méthode

Il s'agit d'obtenir une biométrie de l'extrémité inférieure du fémur et plus particulièrement du creusement de la trochlée fémorale cartilagineuse du fœtus à partir d'un protocole anatomique reproductible et de comparer cette biométrie à celles déjà publiées chez l'adulte.

### Matériel

La création des centres de diagnostic prénatal (décret N° 97-578 du 28 mai 1997) a permis de systématiser les examens fœtaux post mortem. Ces examens sont obligatoirement effectués après une interruption médicale de grossesse mais peuvent être pratiqués dans le cadre de fausse couche et de mort in utero.

De 1998 à 2001, plus de 2000 fœtus issus de fausses couches et de mort in utero ont été examinés afin d'établir l'origine du décès. Dans cette population 44 fœtus dont l'âge était réparti de 15 à 36 semaines d'aménorrhée (SA) ont été sélectionnés. Ces fœtus ont été considérés comme normaux après vérification anatomique complète, caryotype et radiographie du squelette entier de face et de profil. Nous avons exclu de l'étude des fœtus dont les mères ont présenté pendant la grossesse une hypertension artérielle ou un diabète.

### Méthode

L'ensemble des fémurs retenus présentait une morphologie parfaitement individualisable même pour les plus précoces (15 SA).

Les mesures anatomiques ont été réalisées à partir de documents photographiques numérisés avec un appareil numérique OLYMPUS E-10 4 Méga pixels. Pour les mesures, Adobe Photoshop 7.0. tournant sur un PC Pentium 4 2.66 MHz a été utilisé. L'évaluation statistique des résultats a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS 11.0.

Une incidence photographique épiphysaire distale (fig. 1) a été prise pour chaque fémur: la pièce fémorale reposait sur un plan dur horizontal en appui sur les deux condyles au niveau distal et sur le petit trochanter au niveau proximal. L'objectif photographique était stabilisé par un pied perpendiculaire au plan supportant le fémur. Pour chaque fémur ont été mesurées les valeurs suivantes :

- A (dimension antéro postérieure du condyle externe),
- B (hauteur du fond trochléen),
- C (dimension antéro postérieure du condyle interne),
- D (longueur de la berge externe trochléenne),
- E (longueur de la berge interne trochléenne),
- Angle Alpha (angle d'ouverture de la trochlée),
- Angle Thêta L (pente trochléenne externe),

- Angle Thêta M (pente trochléenne interne).

Plusieurs études de validation de la méthode de mesure ont été effectuées, comportant validation de l'outil de mesures de distances et d'angles, variabilité intra observateur et variabilité inter observateur.

L'analyse statistique a été faite avec le logiciel SPSS 11.0. Pour chaque item ont été calculés moyenne et variance. Pour chaque item un test de corrélation de Pearson a été réalisé (chaque item a été comparé avec les autres items ainsi que l'âge et le sexe). Un test comparant l'angle Alpha de notre série à et celui de la série adulte a également été effectué. [1]. Il a été réalisé une série de tests de comparaison des moyennes d'échantillons indépendants, avec variance connue. Wanner (1977) [1] n'a que des fémurs droits dans sa série, c'est pourquoi la comparaison avec Wanner (1977) [1] n'a porté que sur les fémurs droits de notre série. La faible taille des effectifs (32 pour l'échantillon de Wanner (1977) [1] mais 23 pour le nôtre) imposait encore une fois de réaliser un test t de Student.

## Résultats

Tous les fémurs ont présenté une trochlée mesurable. La biométrie a été possible dans tous les cas.

Le test de corrélation de Pearson a montré que les angles Alpha, Theta L et Theta M n'étaient pas corrélés avec l'âge ou le sexe. Les longueurs A, B, C, D et E n'étaient pas corrélées avec le sexe. Il y avait cependant une corrélation avec ces 5 items et l'âge ( $P < 0,05$ ).

Quand nous avons comparé nos résultats à ceux de Wanner, il n'y avait pas de différence significative concernant la valeur de l'angle Alpha entre notre série et celle de Wanner. Il n'y avait pas de différence significative concernant les angles Theta L et Theta M. Aucune de ces 3 valeurs angulaires n'a paru différente de celle de l'adulte

## Discussion

L'articulation fémoro-patellaire foetale est mal connue et les travaux publiés sur ce sujet sont peu nombreux. Bernays (1878) [10] publie la première description anatomique du genou embryonnaire et situe le début de son développement avant les premières contractions musculaires foetales. Vries (1908) [11] décrit plus particulièrement la rotule foetale et constate que la morphologie patellaire est superposable à celle de l'adulte dès le 4e mois de la vie intra-utérine. Walmsley (1940) [12] note le creusement de la trochlée fémorale chez des embryons de 30mm de long, soit 11 semaines d'aménorrhée (SA), mais insiste surtout sur la hauteur du bord externe de la trochlée plus élevée que celle du bord interne. Gray et Gardner (1950) [13] constatent que les surfaces articulaires fémorales et rotuliennes sont dessinées avant même que l'articulation fémoro-patellaire soit parfaitement en place. Ils sous-entendent l'existence de facteurs autres que des facteurs mécaniques à l'origine de la formation des surfaces cartilagineuses articulaires de l'articulation fémoro patellaire. Doskocil (1985) [14] publie la première série concernant l'étude anatomique d'articulations fémoro-patellaires embryonnaires. Il s'agissait de 14 articulations issues

d'embryons âgés de 40 à 85 jours (6 à 12 SA) fixés dans du formol. Il constate que dès les stades les plus précoces les surfaces articulaires de la trochlée et de la rotule sont asymétriques. Il s'agit cependant d'une appréciation visuelle sans donnée chiffrée. Dorskocil (1985) [14] constate également une migration de la rotule de haut en bas au cours du développement embryonnaire jusqu'à sa place définitive en regard de la trochlée au cours du 3e mois de la vie intra utérine. Cet auteur soutient ainsi la thèse d'une organisation initiale de la forme des surfaces articulaires inscrites dans le génome avec un remodelage possible dans la deuxième partie de la vie intra-utérine sous l'effet de facteurs positionnels. Clavert (1991) [15], Larsen (1993) [16], et Mallet (1994) [17] ont successivement insisté sur l'importance de la rotation des membres inférieurs, le développement du myotome et notamment du muscle vaste médial comme stabilisateur de la rotule, ainsi que sur la formation de la cavité articulaire définitive du genou au cours de la vie foetale.

La littérature est par contre riche en travaux concernant l'articulation fémoro-patellaire de l'enfant et de l'adulte, essentiellement en rapport avec la pathologie de cette articulation. De nombreux auteurs se sont penchés sur les rapports qui existent entre le creusement de la trochlée fémorale et la pathologie fémoro-patellaire [Garin (1995) [6], Brattström (1964) [18], Buard et al. (1981) [19]]. Néanmoins, une seule publication [Wanner (1977) [1]] présente les résultats d'une biométrie du creusement de la trochlée fémorale chez l'adulte. Le travail de Wanner (1977) [1] porte sur une série de 32 fémurs adultes provenant du laboratoire d'anthropologie de l'université du Colorado. Les mesures ont été effectuées en plaçant les pièces anatomiques sur un plan horizontal en appui sur les deux condyles et la ligne inter-trochantérienne. Chaque pièce a été prise en photographie selon une incidence parallèle au plan horizontal en incidence épiphysaire distale. Cet auteur conclut chez l'adulte à une hauteur plus importante de la berge latérale par rapport à la berge médiale de la trochlée et à une longueur de la face latérale de la trochlée globalement équivalente au double de celle de la face médiale. Ces valeurs sont dans l'ensemble très variables comme le montrent ces coefficients de variabilité rapportés pour A-B (28,52 %), C-B (44,4 %), D (16,33 %), E (24,4 %), Thêta L (26,54 %) et Thêta M (40,12 %). En revanche, il retrouve une stabilité remarquable de l'angle alpha d'ouverture de la trochlée mesuré en moyenne à 147,93° avec un faible coefficient de variabilité (6,06 %). D'autre part, cet auteur a mesuré l'angle d'obliquité fémorale (AOF) de l'ensemble des fémurs de sa série et il ne retrouve aucune corrélation entre la valeur de l'angle AOF et la hauteur de la berge trochléenne externe, la pente trochléenne ou l'angle d'ouverture de la trochlée.

Pourtant, il existe un lien fonctionnel majeur entre l'obliquité fémorale et la forme de la trochlée fémorale. Chez l'homme moderne, le fémur est oblique, c'est-à-dire que l'axe de la diaphyse fémorale s'écarte de l'axe mécanique du membre inférieur. Quand le quadriceps (qui s'insère sur le fémur) se contracte, la contrainte mécanique imprimée par le muscle quadricipital tend à luxer la rotule en dehors. Chez l'homme moderne, la forme de la trochlée

fémorale (profonde et asymétrique avec une lèvre externe plus élevée que la lèvre interne) répond bien aux contraintes mécaniques imposées par l'obliquité fémorale et permet à la rotule de rester centrée en regard de l'épiphyse fémorale au cours de l'extension du genou.

Une trochlée creusée asymétrique avec une lèvre externe saillante ainsi qu'un angle d'obliquité fémorale positif sont des facteurs associés à la bipédie pour de nombreux auteurs [Heiple et Lovejoy (1971) [20], Tardieu (2000) [21], Tardieu et Dupont (2001) [22], Tardieu et Trinkaus (1994) [23]]. Ces auteurs ont publié des études comparant fémurs de grands singes et fémurs d'hominidés. Les grands singes non bipèdes présentent une épiphyse fémorale avec une trochlée plate, large, symétrique, une rotule de forme équivalente. La diaphyse est verticale par rapport au plan condylien inférieur avec un angle d'obliquité fémorale nul. L'observation des fossiles hominidés montre que, d'un point de vue évolutif, l'angle d'obliquité fémorale fut la cause de la formation d'une trochlée creusée et saillante sur sa berge externe. En effet, les fémurs fossiles datant de 3 millions d'années présentent un angle d'obliquité fémorale déjà élevé, interprété par les auteurs comme le signe d'une bipédie déjà installée. Cet angle est associé à une épiphyse dont la forme trochléenne reste primitive, très peu creusée et symétrique. Des fossiles plus récents (1,8 millions d'années) montrent la présence d'un angle d'obliquité positif et d'une épiphyse moderne comme sur les fémurs actuels : la trochlée est creusée et asymétrique, permettant à la rotule de rester axée en extension complète chez des individus complètement bipèdes.

Or, il est prouvé que l'obliquité fémorale n'est pas un caractère génétiquement déterminé (Tardieu (2000) [21], Tardieu et Dupont (2001) [22]). On sait que diaphyse et épiphyse se développent de façon indépendante, la croissance diaphysaire, linéaire, est rapide alors que la croissance épiphysaire, multidirectionnelle, est lente [Pous (1982) [24]]. Les publications de Tardieu (2000) [21] et de Tardieu et Dupont (2001) [22] ont montré que le développement de l'obliquité de la diaphyse fémorale se fait en lien avec l'apprentissage de la marche. C'est un caractère épigénétique fonctionnel sans aucun déterminisme génétique.

Notre travail a été de réaliser une biométrie de la trochlée fémorale dans une population de fœtus des deuxième et troisième trimestres. Concernant la méthodologie, la méthode anatomique que nous avons utilisée est la même qu'a utilisé Wanner (1977) [1] sur une population adulte. Le problème a résidé dans la réalisation des photographies numérisées selon un protocole unique. Le repérage sur ordinateur des points de référence s'est fait de façon manuelle et est peut être à l'origine de biais. En revanche, la mesure informatisée est peu susceptible d'être à l'origine d'erreurs : nous avons montré que l'outil informatique (Adobe Photoshop 7.0.) de mesure des angles et des distances était fiable et qu'il existait une bonne reproductibilité et une bonne répétabilité de la méthode de mesure. La biométrie de la trochlée fémorale que nous avons effectuée montre des résultats similaires à celle réalisée par Wanner (1977) [1] sur des adultes. On peut dire que les 3 angles caractérisant la forme de la trochlée fémorale

(Alpha, Théta L et Théta M) ne varient pas entre les premiers stades du développement foetal et le stade adulte. Ceci plaide en faveur d'un déterminisme génétique de la forme de la trochlée fémorale. Malgré leur lien fonctionnel évident, l'obliquité fémorale et la trochlée fémorale ne se développeraient donc pas selon le même processus ontogénétique, puisque l'obliquité fémorale est déterminée par les contraintes mécaniques liées à la bipédie alors que la trochlée fémorale fœtale semble génétiquement déterminée.

Un autre argument en faveur du déterminisme génétique de la forme de la trochlée fémorale est donné par l'étude des formes familiales de luxation récidivante de la rotule. Les facteurs de stabilité de la rotule ont bien été résumés par Garin (1995) [6] et sont de 3 types : osseux, musculaires et capsulo-ligamentaires. Parmi les facteurs osseux, la dysplasie trochléenne est de loin le facteur le plus fréquent pouvant être la cause d'une instabilité rotulienne. Rouvillain et al. (1998) [25] ont montré que les formes familiales de luxations récidivantes de rotules étaient liées à une dysplasie (elle aussi familiale) de la trochlée fémorale, avec un aplatissement de la lèvre externe par hypoplasie du condyle externe. L'origine génétique de la dysplasie trochléenne avait déjà été évoquée par Dejour et Walch (1990) [5] devant la fréquence des atteintes mère-fille ou frère-soeur et la bilatéralité constante de cette anomalie.

D'un point de vue anthropologique, on peut remettre l'ensemble de ces constatations dans une perspective darwinienne : en se mettant debout, l'homme impose à ses fémurs une contrainte mécanique qui les rend obliques. Une trochlée fémorale asymétrique confère un avantage sélectif aux individus qui la possèdent en luttant efficacement contre la luxation latérale de la rotule. Cette trochlée asymétrique a donc été sélectionnée et s'est imposée au cours des générations. C'est pourquoi on la retrouve chez l'homme moderne dès les stades fœtaux les plus précoces, comme un témoin de son déterminisme génétique.

Cependant, une telle forme de déterminisme génétique semble être l'apanage d'éléments anatomiques importants dans l'acquisition d'une fonction bipède. Dans un autre travail [Jouve 2005 [26]], nous avons effectué une biométrie de l'extrémité supérieure des mêmes pièces fémorales afin de déterminer l'antéversion et l'angle cervico diaphysaire. Les résultats sont radicalement différents que pour le fémur distal puisqu'ils mettent en évidence une modification régulière de la morphologie fémorale au cours du développement fœtal. Concernant l'angle cervico diaphysaire, on note une diminution progressive de la valgisation fémorale tout au long de la vie foetale et qui se continue après la naissance. En revanche, l'antéversion fémorale augmente progressivement durant la vie foetale pour atteindre un maximum lors de la naissance puis diminuer à nouveau jusque vers l'âge de 7 ans.

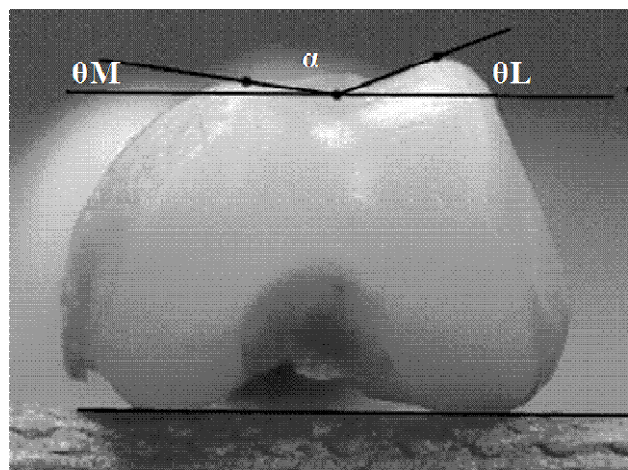
Il semble donc, à la lumière de ces travaux, que certains éléments de l'anatomie fœtale soient soumis à des contraintes mécaniques telles que leur morphologie soit dictée par l'importance de ces contraintes. Ce pourrait être le cas de l'antéversion fémorale dont l'augmentation progressive pourrait s'expliquer par la mise en flexion de

plus importante des hanches au cours de la grossesse puis la mise en extension de celles-ci après l'accouchement.

Cette hypothèse avait été formulée en ces termes dès 1912 par Le Damany [27] et semble se confirmer à l'occasion de nos travaux

En revanche, certains éléments fondamentaux dans l'acquisition de la bipédie permanente telle que la stabilité de l'appareil extenseur lors de la mise en extension permanente du genou ont intégré le génome humain et sont présents dès les premiers stades de la vie foetale. C'est le cas de la trochlée et cette condition va plaider en faveur d'une réparation chirurgicale précoce du défaut de trochlée notamment les trochlées plates telles que les a décrites Dejour. En revanche, des défauts d'antéversion fémorale susceptibles de correction durant l'enfance avec le temps et donc doivent faire considérer toute chirurgie réparatrice avec réserve.

Figure 1 : épiphyse fémorale distale d'un fœtus de 18 SA



## Références

1. Wanner JA, Variations in the anterior patellar groove of the human femur. *Am J Phys Anthropol* 1977; 47 : 99-102.
2. Hugston JC. Subluxation of the patella. *J. Bone Joint Surg* 1968; 50-A : 1003-26.
3. Tardieu C. Short adolescence in early hominids: infantile and adolescent growth of the human femur. *Am. J. Phys. Anthropol* 1998; 107: 163-78.
4. Tardieu C, Preuschoft H. Ontogeny of the knee joint in humans, great apes and fossil hominids : pelvi-femoral relationships during postnatal growth in humans. *Folia Primatol* 1996; 66: 68-81.
5. Dejour H, Walch G. La dysplasie de la trochlée fémorale. *Rev. Chir. Orthop*, 1990 ; 76 : 45-54.
6. Garin C. L'instabilité rotulienne chez l'enfant. In : Conférences d'Enseignement de la S.O.F.C.O.T., 1995 ; Vol.52. *Exp Scient Fr*, Paris, pp. 203-17.
7. Garron E, Jouve JL, Tardieu C, Panuel M, Dutour O, Bollini G. Etude anatomique du creusement de la trochlée fémorale chez le fœtus. *Rev Chir Orthop* 2003; 89 : 407-12.
8. Glard Y, Jouve JL, Garron E, Adalian P, Tardieu C, Bollini G. Anatomic study of femoral patellar groove in fetus, *J Pediatr Orthop*. 2005; 25(3):305-8.
9. Glard Y, Jouve JL, Panuel M, Adalian P, Tardieu C, Bollini G., An anatomical and biometrical study of the femoral trochlear groove in the human foetus, *J Ana* 2005; 25, 305-8

10. Bernays A.. Die Entwicklungsgeschichte des Kniegelenks des Menschen mit Bemerkungen über die gelenke in allgemeinem. Gegenbaur's Morphol. Jahrb 1878; 4: 403-46.
11. Vries B. Zur Anatomie der Patella. Vehr. Anat. Ges. In: Anat. Anz.,Ergänzungsh. Z. Bd. 1908; 32: 163-9.
12. Walmsley T. The development of the patella. J. Anat. 1940; 74: 360-8.
13. Gray D, Gardner E. Prenatal development of the human knee and superior tibiofibular joints. Amer. J. Anat. 1950; 86 : 233-87.
14. Doskocil M. Formation of the femoropatellar part of the human knee joint. Folia Morphologica 1985; 33: 38-47.
15. Clavert JM. Développement embryonnaire des membres et orthopédie. In : Cahiers d'enseignement de la S.O.F.C.O.T. 1991 ; Vol. 40. Exp Scient Fr, Paris, pp. 15-28.
16. Larsen JW. Human Embryology. 1993 Churchill Livingstone, London, pp. 281-307.
17. Mallet JF. Malformations congénitales de l'appareil extenseur du genou. In : Encycl Med Chir, Appareil Locomoteur. Elsevier, Paris. 1994
18. Brattström H. Shape of the intercondylar groove normally and in recurrent dislocation of the patella. Acta Orthop Scand 1964 ; 68 suppl II : 53-78.
19. Buard J, Benoit J, Lortat-Jacob A et al. Les trochlées fémorales creuses. Rev Chir Orthop, 1981 ; 67 : 721-9.
20. Heiple KJ, Lovejoy CO. The distal femoral anatomy of Australopithecus. Am J Phys Anthropol 1971; 35: 75-84.
21. Tardieu C. Ontogenèse/phylogenèse de caractères postcraniens chez l'homme et les hominidés fossiles. Influence fonctionnelle, déterminisme génétique, interactions. Biosystema 18-Caractères 2000 ; pp : 71-85.
22. Tardieu C, Dupont JY. Origine des dysplasies de la trochlée fémorale: anatomie comparée, évolution et croissance de l'articulation fémoro-patellaire. Rev Chir Orthop 2001; 87: 373-83.
23. Tardieu C, Trinkaus E. Early ontogeny of the human femoral bicondylar angle. Am J Phys Anthropol 1994; 95: 183-95.
24. Pous JG. Le cartilage de croissance. In : Conférences d'enseignement de la S.O.F.C.O.T. Vol.15. Exp Scient Fr, Paris, 1982. pp. 41-54.
25. Rouvillain JL, Piquion N, Lepage-Lezin A. et al. .. Une forme familiale de luxation récidivante bilatérale de la rotule avec dysplasie trochléenne majeure. Rev Chir Orthop 1998; 84 : 285-91.
26. Jouve JL, Glard Y, Garron E, Piercecchi MD, Dutour O, Tardieu C, Bollini G. X Anatomical study of the proximal femur in the foetus, J Pediatr orthop B 1993; 14: 105-10
27. Le Damany P La luxation congénitale de hanche, 1912 Felix Alcan Paris