

MORPHOLOGIE ET FONCTION DU TROISIÈME MÉTATARSIEN DE DMANISSI, GÉORGIE ORIENTALE

Léo Gabounia, Marie-Antoinette de Lumley et Gilles Berillon

Résumé

L'élément d'un pied humain a été reconnu parmi le matériel archéologique provenant des fouilles effectuées en 1997 à Dmanissi, au niveau de la couche IV, attribuée à la fin de l'épisode oldowayen ou au début de Matuyama post-oldowayen. Il s'agit d'un métatarsien III droit, D2021, dont les caractéristiques anatomiques évoquent chez cet individu, vraisemblablement de sexe féminin, la présence d'une voûte osseuse plantaire longitudinale faiblement marquée, compensée par une forte musculature destinée à augmenter la voussure de l'arche transversale. Cette disposition rappelle celle observée sur les hominidés du Pléistocène inférieur africains de Koobi-Fora, Omo et Olduvai, datés entre 1,8 et 1,5 Ma.

Abstract

A human foot element has been identified in the archaeological material of the 1997 Dmanissi field season, on the level with the layer IV which is attributed to the end of the oldowayan episode or the beginning of post-oldowayan Matuyama. It is a right metatarsal bone, D2021, which anatomical features evoke that the foot of this individual, very likely female, associated a low longitudinal plantar arch with a compensatory strong muscles which allows to increase the transversal arch. This arrangement is similar to the one of the lower Pleistocene African hominids from Koobi Fora, Omo and Olduvai and dated of 1.8-1.5 My.

Au cours de la fouille du mois d'août 1997, un troisième métatarsien droit humain a été recueilli dans la couche IV du carré 64/59 (14^{ème} bâtiment) du site de Dmanissi, n° D2021 (Gabounia *et al.*, 1999). C'est le deuxième reste humain découvert sur ce site après la mandibule.

Le métatarsien était associé à une mandibule de *Canis etruscus*, un cubitus et une M3 inférieure d'*Archidiskodon meridionalis*, une ramure de *Cervus perrieri*, une omoplate de cf. *Soergaelia* et quelques autres mammifères. L'industrie lithique est attribuée au Paléolithique inférieur. Le premier reste humain, une mandibule, découvert en automne 1991 était dans la couche V sous-jacente, situé à une dizaine de mètres de distance de celui du métatarsien. Les couches IV et V présentent de grandes similitudes au point de vue paléontologique, archéologique et sédimentologique. Cet ensemble est attribué à la fin de l'épisode oldowayen ou au début de Matuyama post-oldowayen. Il s'agit d'une période à climat tempéré, modérément sec, avec une végétation demi-steppe.

La faune est caractérisée par la présence d'équidés, de rhinocérotidés, de girafidés, d'autruches, de différents cervidés et de gros carnivores comme *Megantereon* (tigre à dent de sabre), *Homotherium*, *Canis etruscus*, un grand hyénidé *Pachycrocuta* cf.

perrieri, et de rongeurs du groupe *Mimomys pliocaenicus*. Cette association traduit le début du Pléistocène inférieur et une assez grande diversité du paysage liée à la situation géographique du site de Dmanissi à proximité du versant nord du petit Caucase.

Etat de conservation, age, sexe

Le métatarsien de Dmanissi est cassé distalement au niveau des tubercules dorsaux ; seul le tubercule médial est préservé. Ils constituent la limite dorsale et distale du point d'ossification principal correspondant au corps, et se situent au contact de la zone métaphysaire en arrière du point d'ossification secondaire correspondant à la tête. La cassure est oblique et passe en avant du tubercule médial et en arrière du tubercule latéral. Elle est nette et ne laisse voir aucune trace de métaphyse. Le point d'ossification secondaire correspondant à la tête du métatarsien devait être soudé au corps de l'os. L'ossification et la croissance du métatarsien devait être terminée. L'individu devait être âgé de plus de 18 ans selon les tables relatives à l'homme actuel (Flecker, 1942).

Les données dimensionnelles et l'aspect morphologique gracile de l'os évoquent une appartenance à un adulte de sexe féminin (fig. 1).

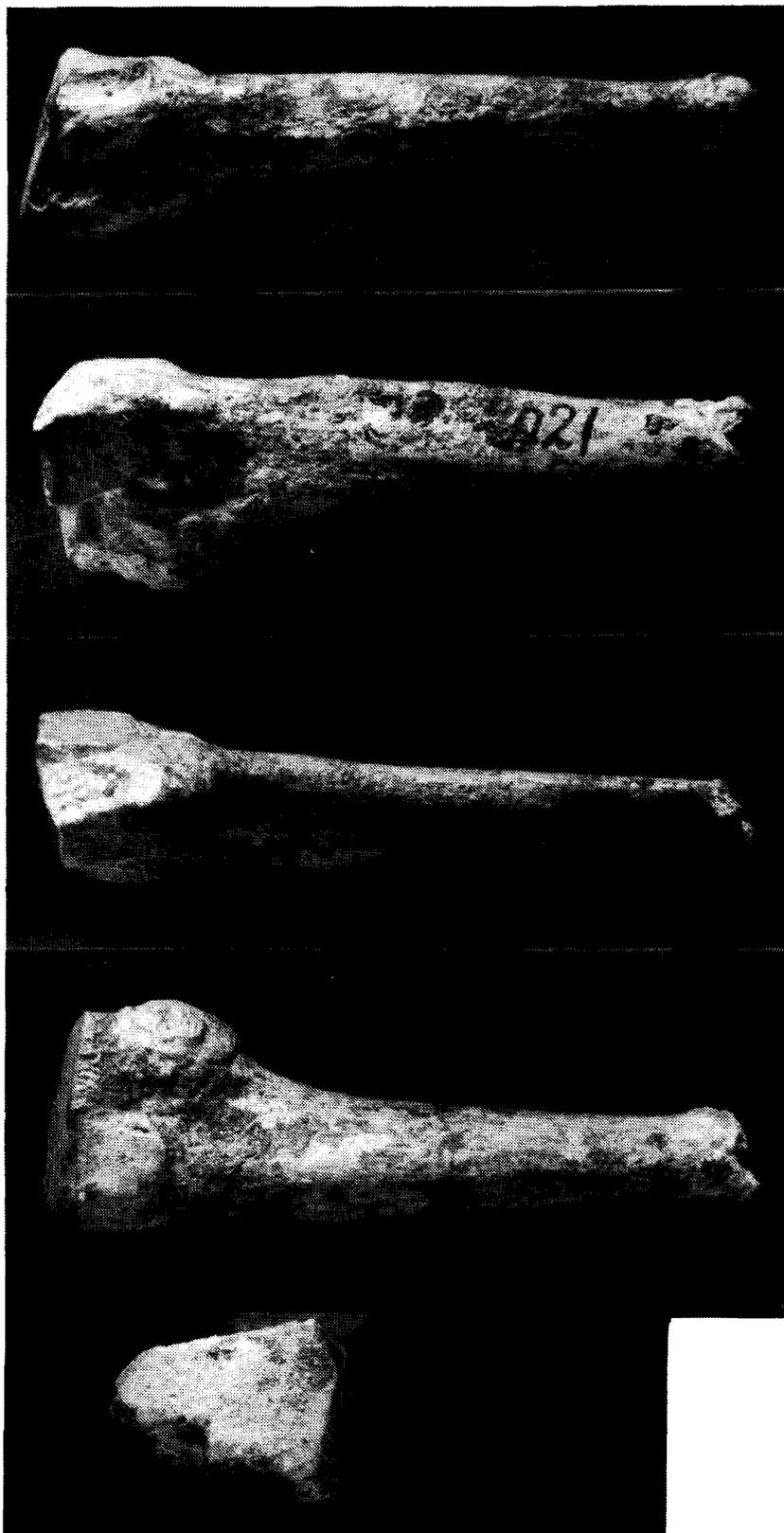


Figure 1. Métatarsien III droit, D2021, vues dorsale (a), latérale (b), plantaire (c), médiale (d), proximale (e) appartenant à un adulte vraisemblablement de sexe féminin découvert en 1997 dans la couche IV du site de Dmanissi (Géorgie orientale), daté d'environ 1,7 Ma. *Gr.nat.*X2. Clichés labo. photo. Musée de l'Homme.

Dimensions générales

Le métatarsien III de Dmanissi est comparé aux fossiles et échantillons actuels suivants :

- les métatarsiens III du Pléistocène inférieur découverts en Afrique de l'Est :
 - Omo F 511-16 du member H de la formation de Shungura (Éthiopie) daté de 1,6-1,8MA (Coppens, 1975 ; Howell et Coppens, 1976) et attribué à un hominidé de genre et d'espèce indéterminés (McHenry, 1994),
 - KNM-ER 803 découvert à Ileret area 8A (Kenya) (Leakey, 1972; Day et Leakey, 1974), daté de 1,5-1,6MA (Fiebel *et al.*, 1989) et attribué par leurs inventeurs au genre *Homo*,
 - OH8 découvert à Olduvai (Tanzanie) dans le niveau FLKNN du Bed I (Leakey, 1960), daté d'environ 1,78 Ma (Walter *et al.*, 1991), paratype de *Homo habilis* (Leakey L.S.B. *et al.*, 1964; Day et Napier, 1964).
- les métatarsiens des néandertaliens de Krapina 247-1, Kiik-Koba 1, La Ferrassie 1 et 2, Subalyuk1, Tabun C1, ainsi qu'aux données de la littérature relatives aux néandertaliens de Shanidar (Trinkaus, 1983),
- 20 métatarsiens épipaléolithiques (Taforalt, Maroc),
- deux échantillons d'hommes actuels provenant des collections du laboratoire d'Anthropologie Biologique du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris) et du Musée Bocage (Lisbonne).

Les définitions des mesures sont données dans le texte et illustrées par la figure 2. Les valeurs sont données dans les tableaux 1 à 4.

Longueur de l'os et estimation de la stature

Dmanissi est cassé au niveau de la tête. Le corps du métatarsien est complet ainsi que l'extrémité proximale (base). Il est possible de relever deux longueurs (tableau 1) :

Lcorps : Longueur du corps, distance du milieu du bord supérieur de l'extrémité proximale jusqu'à la base du tubercule distal le plus éloigné, c'est à dire le tubercule médial (ou interne).

Lmax : Longueur maximum, distance du milieu de la surface articulaire proximale au point distal le plus éloigné, parallèlement au grand axe du corps (Martin *et al.*, 1957). La mesure de Ferembach (1962), distance du milieu du bord supérieur de

l'extrémité proximale jusqu'au point le plus éloigné distalement, correspond à une longueur maximum hors tout. La mesure de Ferembach est légèrement plus élevée que celle de Martin *et al.*, la différence est due à l'obliquité de la facette articulaire proximale qui réduit la longueur de l'os. La mesure de Volkov (1904) est prise sur le pied monté, et correspond à la distance de l'articulation du métatarsien avec le cunéiforme latéral jusqu'à l'articulation du métatarsien avec la phalange proximale ; cette longueur est donc plus courte que celle proposée par Ferembach et Martin *et al.*

La longueur du corps de Dmanissi peut être mesurée directement, elle est faible, inférieure aux valeurs des autres fossiles et de l'homme actuel. La longueur maximum du métatarsien de Dmanissi (mesure de Ferembach) est située dans les valeurs inférieures des hommes fossiles et actuels et proche de la plus faible valeur des néandertaliens, Shanidar 8 attribué au sexe féminin. Cette longueur (mesure de Martin *et al.*) a été estimée à partir d'une formule établie par l'un des auteurs (G.B.) sur un échantillon d'hommes actuels (Collection du Musée Bocage, Lisbonne) qui donne : $\text{Log(Ltot)} = 0,9354\text{Log(Lcorps)} + 0,1748$, $R^2=0,9594$. Estimée à 60,25 mm, elle est faible et inférieure à toutes les valeurs des hommes fossiles et actuels.

La formule de Byers *et al.* (1989), établie à partir d'un échantillon de 129 hommes actuels des deux sexes et d'origine variée (stature = $675+13,4L_{\text{max}}$) permet d'estimer la stature de l'individu de Dmanissi à 1,48 m avec une erreur standard de 65,4 mm. Cette valeur rejoint la première estimation proposée par Gabounia *et al.* (1999) basée sur la proportion du troisième métatarsien dans la longueur du pied, cette dernière représentant 15 % de la stature ; cette méthode a été utilisée par Bontch-Osmolovskij (1954) pour estimer la stature de l'adulte de Kiik Koba.

Diamètre au milieu ou épaisseur du corps

Le métatarsien de Dmanissi présente un diamètre médio-latéral faible relativement au diamètre supéro-inférieur ce qui traduit un net aplatissement médio-latéral (tableau 2). Ce fort aplatissement est nettement supérieur à celui des néandertaliens de Shanidar et à la valeur moyenne des hommes actuels et se rapproche de la moyenne des femmes actuelles, sans atteindre le très fort aplatissement du métatarsien KNM-ER 803 de Koobi-Fora attribué à *Homo*.

La torsion de l'os

La torsion de l'os (M-11) est bien marquée sur Dmanissi. L'angle de torsion défini par Martin *et*

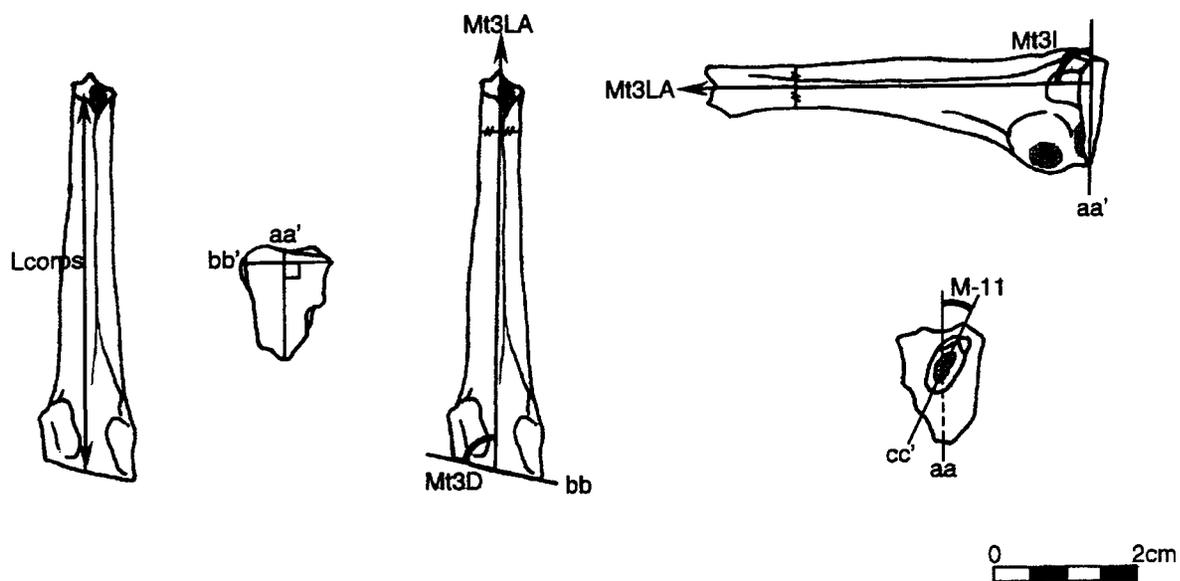


Figure 2. Dimensions et angles mesurés sur le métatarsien III de Dmanissi : longueur du corps (Lcorps), angle horizontal (Mt3D), angle vertical (Mt3I), angle de torsion (Mt3T). aa' et bb' sont respectivement la hauteur et la largeur de la surface articulaire proximale du métatarsien, cc' est la hauteur du corps au niveau de la cassure et Mt3LA est l'axe d'allongement du métatarsien.

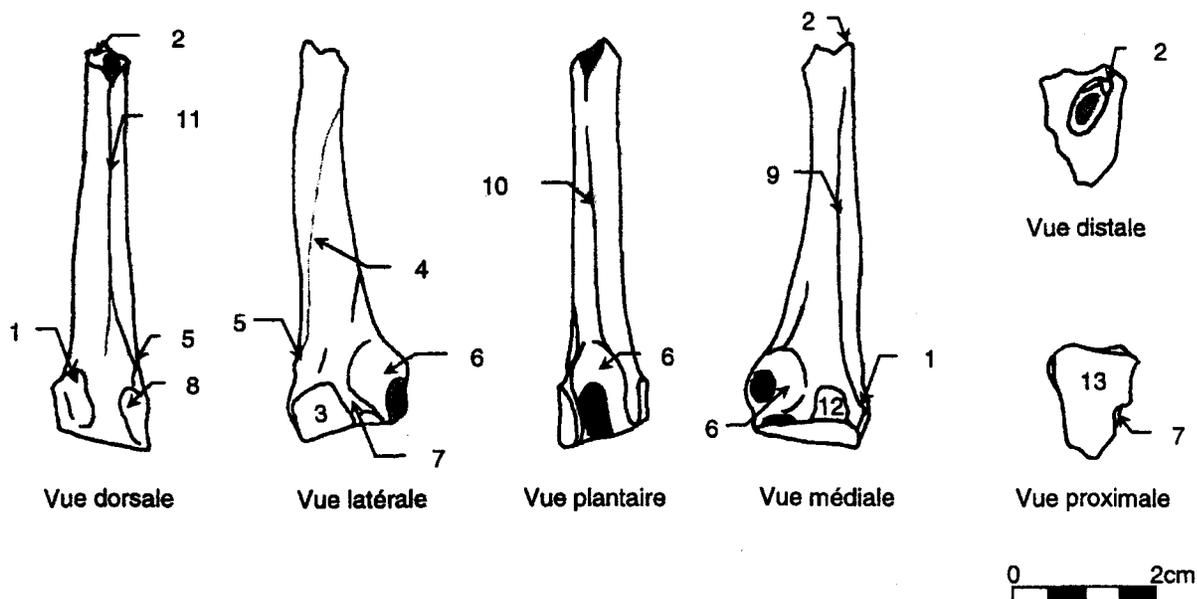


Figure 3. Les surfaces articulaires, les crêtes et les tubercles observés sur le métatarsien III de Dmanissi (cf. texte). *Gr.nat.*

al. est l'angle formé par l'axe dorso-plantaire de la surface articulaire proximale (fig. 2, aa') et l'axe dorso-plantaire du corps (cc'). L'angle de 24° est supérieur à celui des néandertaliens, La Ferrassie 2 et Shanidar 1, 6 et 8. Il est supérieur à celui de Omo F 511-16. Il est proche de ceux de KNM-ER 803 et Kiik-Koba 1. Il est compris entre les valeurs moyennes relevées sur les hommes actuels et les hommes épipaléolithiques de Taforalt (tableau 3).

En fait, une grande variation peut être observée sur les métatarsiens fossiles. Il est intéressant de noter une certaine homogénéité sur les métatarsiens des néandertaliens de Shanidar (7-15°). La plus faible valeur correspondant à la plus faible torsion est relevée sur Shanidar 1 attribué au sexe masculin. Les deux néandertaliens aux valeurs plus élevées (Shanidar 6 et 8) sont attribuées au sexe féminin. Bien que, chez l'homme actuel, il n'existe pas de différence statistique significative de torsion entre les deux sexes, la torsion la plus faible est en général relevée chez les mâles ; cette observation est valable pour les individus de Shanidar.

Une autre interprétation, peut être évoquée. La forte torsion pourrait être mise en relation avec une voûte plantaire longitudinale peu marquée. La torsion des métatarsiens est médiale sur les 4 métatarsiens latéraux (Berillon, 1998). La forte torsion de Dmanissi correspondrait à un pied à voûte plantaire présente mais peu marquée. D'autres éléments appuient cette interprétation.

Orientation du corps par rapport à la surface articulaire proximale

Deux angles peuvent être mesurés (fig. 2) :

Mt3D : Angle horizontal, en vue dorsale, angle entre l'axe horizontal de la surface articulaire proximale (fig. 2, bb') et l'axe du métatarsien (Mt3LA).

Mt3I : Angle vertical, en vue médiale, angle entre l'axe vertical (aa') de la surface articulaire proximale et l'axe du métatarsien (Mt3LA).

Les valeurs de ces deux angles (tableau 4) sur le métatarsien de Dmanissi sont comprises dans la variabilité actuelle et fossile ; ces valeurs sont relativement constantes chez les hommes actuels des deux sexes et chez les néandertaliens. Elles n'ont pas de signification architecturale ni sexuelle.

Description anatomique, morphologique et fonctionnelle

Courbure longitudinale

Le métatarsien III de Dmanissi est bien rectiligne, aucune incurvation n'est visible, comme sur tous

les métatarsiens attribués à *Homo*. Rectiligne dans les deux sens, horizontal et vertical, il a une forme effilée, le diamètre dorso-plantaire du corps décroît régulièrement de l'arrière vers l'avant (fig. 3 et 4).

Le corps

Le corps se caractérise par un fort aplatissement médio-latéral qui réduit la face dorsale à une largeur de 8 à 4 mm de l'arrière vers l'avant. Les métatarsiens actuels ont en général une section de forme triangulaire à base dorsale et à sommet plantaire. Le corps de l'os de Dmanissi présente une torsion sur son axe de telle sorte que la surface dorsale tend à devenir médiale (ou interne) en se rapprochant de l'extrémité distale.

Sur Dmanissi, la surface de la face dorsale n'est pas lisse mais elle est parsemée de fines irrégularités qui jouxtent le bord latéral. Cette zone correspond à l'insertion du muscle troisième interosseux dorsal qui a un rôle dans la flexion de la première phalange et l'extension des deux autres et dans l'abduction ou l'écartement des troisième et quatrième orteils du second.

La face latérale ou externe, limitée par le bord latéral et le bord inférieur ou plantaire, est vaste, plus large en arrière qu'en avant. Elle est traversée obliquement d'arrière en avant par une fine crête mousse (4) qui s'étend du tubercule pour l'insertion du second ligament interosseux entre le métatarsien III et IV (5) près de la facette articulaire pour le métatarsien IV et rejoint le bord inférieur ou plantaire en avant. Sur les métatarsiens III actuels, cette fine crête oblique n'est pas visible; seul le bord inférieur est marqué.

La face médiale ou interne est limitée par le bord médial (9) et le bord inférieur. Sa surface est lisse et légèrement convexe verticalement.

Le bord latéral, anguleux, s'étend en arrière du tubercule d'insertion du second ligament interosseux entre les métatarsiens III et IV (5), passe en position dorsale et vient se terminer en avant. Il dessine une courbe à concavité externe.

Le bord médial (9), mousse, s'étend en arrière de la zone située entre le tubercule pour l'insertion du ligament interosseux dorsal entre les métatarsiens II et III (1) et la facette articulaire dorsale pour le métatarsien II (12). Il suit un trajet légèrement convexe du côté médial (ou interne) et se termine en avant à la base du tubercule médial (ou interne) (2).

Le bord plantaire ou inférieur (10), mousse en

arrière et saillant en avant, s'étend du tubercule pour l'insertion des ligaments plantaires (6) en arrière, selon un trajet rectiligne, jusqu'à son extrémité antérieure.

Sur les métatarsiens actuels, le bord plantaire peut être plus ou moins aiguë et suivre un trajet plus ou moins rectiligne. Le bord inférieur de Dmanissi peut être classé parmi les bords moyennement aigus.

Extrémité distale ou tête

Le métatarsien III de Dmanissi est cassé à son extrémité distale. La cassure passe entre le tubercule médial et la surface articulaire de la tête et se dirige obliquement en arrière du tubercule latéral. La présence du tubercule médial a permis d'obtenir la longueur du corps.

Extrémité proximale ou base

La base est bien conservée, complète avec juste une perte de la paroi osseuse de l'extrémité latérale près de l'angle plantaire ou inférieur. La moitié plantaire du bord médial de la surface articulaire pour le cunéiforme latéral (13) présente une légère érosion qui a mis à nu les travées osseuses spongieuses.

Dans son ensemble l'extrémité postérieure est triangulaire avec une base supérieure ou dorsale et un sommet inférieur ou plantaire. Elle présente trois faces : une non articulaire, dans le prolongement de la face dorsale du corps et deux articulaires, l'une médiale (ou interne) avec une seule facette supérieure (12) bien visible sur Dmanissi, l'autre latérale (ou externe) (3) avec une large facette articulaire destinée au métatarsien IV.

La face dorsale de forme trapézoïdale est limitée en arrière par le bord rectiligne (13mm) de la surface articulaire postérieure, du côté médial par un bord rectiligne plus court (6mm) et latéralement par un bord irrégulier (13mm). La surface est irrégulière, elle présente *trois* reliefs plus ou moins saillants ou *tubercules*. Deux de taille semblable (1, 8), allongés parallèlement aux bords latéral et médial de la base donnent insertion aux ligaments intermétatarsiens dorsaux, le troisième (5) bien individualisé et plus petit, arrondi, est accolé à l'extrémité antérieure du tubercule latéral précédent, il est destiné à l'insertion du 2^{ème} ligament interosseux entre le métatarsien III et IV.

Sur les métatarsiens III actuels, ce troisième petit tubercule est, soit absent, soit plus ou moins bien individualisé et plus ou moins éloigné de l'angle de l'extrémité proximale. Sur une vue dorsale, il est rarement visible. Lorsqu'il existe, il est totalement

situé sur la face latérale. Il n'a pas été observé sur les autres fossiles.

La face latérale présente une vaste *facette articulaire* pour la connexion avec le métatarsien IV (3), qui occupe la moitié supérieure de cette face. L'autre moitié est occupée par une vaste saillie rugueuse (6) séparée de la facette articulaire par une *étroite et profonde gouttière*. En fait, cette saillie déborde l'angle plantaire sur la face médiale pour constituer une *volumineuse apophyse plantaire* (ou inférieure). Les deux ligaments plantaires les plus profonds, interne et moyen, unissent le troisième métatarsien d'une part, au deuxième métatarsien et d'autre part, au quatrième métatarsien. Sur un plan plus superficiel, s'attache l'extrémité distale du feuillet superficiel du ligament calcanéo-cuboïdien ou grand ligament de la plante (ligament long plantaire).

Deux muscles se terminent sur la base du troisième métatarsien :

Le jambier postérieur (muscle tibial postérieur) envoie à son extrémité inférieure des expansions terminales dont l'une s'accroche sur le tubercule plantaire du troisième métatarsien. Il a une action de flexion plantaire, il amène le pied en dedans (adduction) et en rotation interne (inversion).

L'adducteur (abducteur pour Testut) du gros orteil dégage un faisceau oblique qui s'insère sur la base des métatarsiens III et IV. Il a une action de rapprochement du premier orteil avec les autres orteils et contribue à la tension de la voûte plantaire.

Il est intéressant de noter la contradiction apparente entre la forte torsion du corps du métatarsien de Dmanissi qui traduirait un pied ostéologiquement plat et une attache musculaire très développée (tubercule plantaire très fort) pour l'adducteur du gros orteil qui traduit une action de forte tension de la voûte plantaire.

Autrement dit, la torsion du corps traduit plutôt un affaissement du pied et la proéminence du tubercule plantaire traduit un resserrement de l'ensemble du métatarse avec une augmentation de la voûture de l'arche transversale qui passe à la base des métatarsiens. Il pourrait s'agir ici d'une manifestation d'une compensation musculaire à une structure osseuse. Il serait intéressant de repérer s'il existe sur les troisièmes métatarsiens une corrélation entre le degré de torsion du corps et le développement du tubercule plantaire.

La facette articulaire latérale (3) a une forme en demi-cercle de 9mm de diamètre. Elle est légèrement concave dans les deux sens horizontal et vertical. Elle est destinée à s'articuler avec la facette correspondante du quatrième métatarsien. Elle est relativement vaste par rapport aux facettes observées sur les os actuels. Elle est séparée du tubercule plantaire par une étroite et profonde gouttière de 2,5mm de profondeur (7). Cette profonde dépression dessine une encoche très nette sur le bord latéral (ou externe) de la surface articulaire proximale. Le fond de la dépression est parsemée de fins foramens. A l'intérieur de cette gouttière glisse le ligament interosseux cunéo-métatarsien ou interosseux externe qui assure la stabilité de l'articulation tarso-métatarsienne (articulation de Lisfranc). Il faut rappeler que, dans le contexte anatomique, le cunéiforme latéral en contact avec le troisième métatarsien, pénètre en avant à l'intérieur de la ligne métatarsienne postérieure. Cette pénétration, avec celle du métatarsien II à l'intérieur de la rangée des cunéiformes assure le ferme maintien de l'ensemble tarso-métatarsien en particulier en son milieu, qui correspond au sommet de la voûte plantaire transversale métatarsienne postérieure.

Le troisième tubercule (5) décrit sur la face dorsale, bien individualisé, est saillant sur la face latérale.

La face médiale porte la tubérosité plantaire sur sa portion inférieure. Elle présente une *facette articulaire* sur la portion supérieure (12). De forme semi-circulaire (7x5,5mm) elle est légèrement allongée d'avant en arrière et plus petite que la facette latérale. Plane, elle est destinée à l'articulation avec le deuxième métatarsien contigu.

La facette inférieure n'est pas repérable. L'érosion du bord médial (6mm de haut x 2mm de large) empêche l'observation de la présence éventuelle d'une étroite facette de contact inférieure destinée au deuxième métatarsien. Chez l'homme actuel (tableau 5), cette facette est inférieure à 2mm dans 42% des cas et absente chez environ 20% des individus (femmes, 16,1% ; hommes, 25,8%). Sur les os de Taforalt, cette facette est rarement absente (10%), le plus souvent supérieure à 2mm (70%) et peut atteindre 4mm de même que sur les os actuels examinés. Présente sur le métatarsien des néandertaliens observés, elle est absente sur le métatarsien de OH8. Sur le métatarsien de Dmanissi, l'érosion ne dépasse pas 2mm, ce qui veut dire que même si l'os était intact, l'extension de cette facette était très faible (2mm maximum).

L'absence de forte connexion avec le deuxième métatarsien pourrait traduire une voûte plantaire peu arquée. Cette observation est à rapprocher de la forte torsion du corps qui traduiraient toutes deux une arche plantaire à voussure faible, associée à des insertions ligamentaires et musculaires développées pour compenser cette disposition.

La face postérieure est totalement articulaire, de forme triangulaire à base dorsale. Elle est limitée par trois bords. Le bord dorsal est irrégulièrement convexe vers le haut (13mm de longueur). Le bord latéral est cassé à la base ; il mesure environ 15mm. Son trajet légèrement concave dans sa portion supérieure (7mm) dessine une concavité de 1,5mm correspondant à la gouttière latérale de la base (7) et est interrompue dans sa portion inférieure. Le bord médial est rectiligne sur pratiquement toute sa longueur (13mm) et dessine une convexité près de l'angle plantaire. La longueur totale du bord est de 15mm. La surface articulaire est lisse avec une imperceptible convexité dans les deux sens vertical et horizontal. Elle s'articule avec le cunéiforme latéral. Sur les os d'hommes actuels observés, la face articulaire est en général plane ou légèrement concave alors qu'à Dmanissi, elle est nettement mais faiblement convexe. Cette convexité pourrait permettre des mouvements de flexion de l'articulation cunéo-métatarsienne. Il serait intéressant de voir si il existe une association entre cette possibilité de flexion et l'absence de contact articulaire plantaire avec le deuxième métatarsien. La disposition moderne qui associe une articulation plane et une forte cohésion plantaire entre les métatarsiens II et III traduit une congruence plus serrée à ce niveau où l'arche transversale est la plus haute.

La disposition de Dmanissi à arche plantaire transversale atténuée est comparable à celle de OH8 dont le métatarsien III est dépourvu, lui aussi, de facette articulaire plantaire pour le deuxième métatarsien. Sur ces deux fossiles, cette disposition est compensée par un renfort ligamentaire et musculaire très net, en particulier des muscles jambier postérieur et adducteur de l'hallux.

La structure interne

La radiographie met en évidence une corticale épaisse (2,5mmX2 au milieu du corps) et une cavité médullaire étroite sur toute la hauteur de l'os (2,5mm). La cavité occupe 33% du diamètre total (fig. 4). Sur les métatarsiens en vue dorsale des hommes actuels observés (7 individus), la cavité médullaire plus importante occupe au même niveau, en moyenne 41% du diamètre du corps

avec un minimum de 31% et un maximum de 50%.

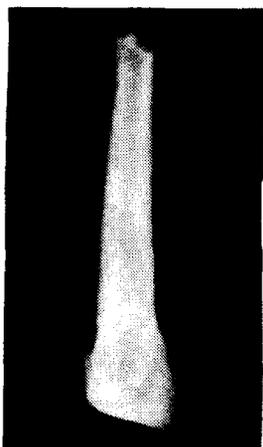


Figure 4. Radiographie du métatarsien III de Dmanissi D2021 en vue plantaire. *Gr.nat. Service Pr. Cabanis, Hopital XV-XX, Paris.*



Figure 5. Coupe transversale du corps du métatarsien III de Dmanissi D2021 au milieu. *Gr.nat.X6. service Pr. Cabanis, Hopital XV-XX, Paris.*

Une analyse au scanner (fig. 5) permet de préciser le long de l'os : le rapport épaisseur de la corticale - lumière du canal médullaire, d'effectuer des coupes verticales et de repérer l'aplatissement médio-latéral, la saillie de la crête latérale, l'orientation des travées osseuses au niveau de la base de l'os.

Aucune anomalie d'ossification ou pathologique n'est repérable. L'os est bien conservé dans son ensemble.

Conclusion

Le troisième métatarsien droit de Dmanissi bien conservé devait appartenir à un individu adulte et

par ses dimensions générales pourrait être attribué à un individu de sexe féminin.

Il se caractérise par :

- un aplatissement médio-latéral du corps marqué,
- une torsion du corps forte,
- l'absence ou la faible extension de la facette articulaire plantaire pour le deuxième métatarsien,
- un effilement du corps vers l'avant,
- un fort développement du tubercule plantaire,
- une profonde gouttière latérale de la base,
- une individualisation du troisième tubercule latéral de la base, avec une extension sur la face dorsale,
- une crête oblique sur la face latérale du corps,
- une corticale très épaisse.

Les cinq derniers critères paraissent liés à une fonction avec de fortes sollicitations ligamentaires et musculaires. Les quatre premiers pourraient être des caractères anatomiques constitutionnels. L'aplatissement médio-latéral existe aussi sur le métatarsien III de Koobi Fora KNM-ER 803J, daté entre 1,6 et 1,5 Ma et attribué à *Homo* (Day et Leakey, 1974). Le fossile de Dmanissi pourrait être contemporain et attribué à *Homo erectus*.

Parmi les caractères angulaires, les valeurs des angles horizontal et vertical rentrent dans la variabilité du genre *Homo* actuel et fossile. Par contre, l'angle de torsion indique sur Dmanissi une importante torsion du corps qui pourrait traduire une faible mais présente voûte plantaire longitudinale. La torsion est comparable à celle de KNM-ER 803J. Sur Omo F511-16, elle est moins marquée. Ces deux métatarsiens africains ont par ailleurs de plus grandes dimensions que l'os de Dmanissi et pourraient appartenir à des individus de sexe masculin à voûte plantaire longitudinale plus ou moins marquée. La différence de torsion entre les os africains pourraient être attribuée à une diversité biologique ou une différence sexuelle. Ce critère de torsion peut en l'état actuel des découvertes, être considéré comme un élément à confirmer sur des os appartenant au même stade évolutif.

Cette forte torsion est corrélée à une voûte plantaire affaissée, elle-même compensée par un renforcement ligamentaire et musculaire au niveau de l'ensemble tarso-métatarsien, zone clé de la voûte plantaire transversale. A une voûte plantaire longitudinale affaissée s'associe une tension musculaire transversale forte et stable sur le fossile

de Dmanissi. D'autre part, la légère convexité de la facette articulaire pour le cunéiforme associée à la réduction ou à l'absence de la facette articulaire plantaire pour le deuxième métatarsien traduisent une plus grande aptitude à la flexion de l'articulation cunéo-métatarsienne qui n'existe pas chez les hommes actuels. La grande similitude entre Dmanissi et OH8 évoque une disposition fonctionnelle identique.

Cette disposition anatomico-fonctionnelle caractérise le pied de l'individu de Dmanissi. Elle est différente de celle des néandertaliens par l'aspect général de l'os. Chez les néandertaliens, le troisième métatarsien est plus massif avec une base plus large, un aplatissement médio-latéral beaucoup moins marqué. Chez les hommes modernes, l'aplatissement médio-latéral est faible, la corticale est fine et les structures ligamentaires et musculaires sont graciles. Par contre, le corps constitue un cylindre régulier de l'arrière à l'avant avec peu de différences entre la hauteur en arrière et la hauteur en avant.

La configuration de Dmanissi rappelle celle observée sur les hominidés fossiles du Pléistocène inférieur africains, de Koobi Fora, Omo et Olduvai datés entre 1,8 et 1,5 Ma.

La voûte osseuse de Dmanissi est peu marquée comme sur OH8. Néanmoins elle est suffisante pour la pratique d'une bipédie permanente. Elle est associée à une mobilité accrue dorso-plantaire de la troisième articulation cunéo-métatarsienne. L'ensemble, sous-tendu par une forte tension musculaire, permet un appui du pied au sol plus souple que dans le fonctionnement podal humain actuel.

Bibliographie

- AIELLO L. and DEAN C., 1990. *An introduction to human evolutionary anatomy*, London, Academic Press, 596 pages.
- BERILLON G., 1998. *Analyse architecturale du pied de Homo, Pan et Gorilla. Application à l'étude des restes isolés de pied d'Hominoïdes miocènes et d'Hominidés fossiles*. Thèse de Doctorat du Muséum National d'Histoire Naturelle, Institut de Paléontologie Humaine, Paris, 453 pages.
- BYERS S., AKOSHIMA K., CURRAN B., 1989. Determination of adult stature from metatarsal length. *American Journal of Physical Anthropology* 79:275-279.
- BONTCH-OSMOLOVSKIJ G.A., 1954. Le squelette du pied et de la jambe de l'Homme fossile de la grotte de Kiik-Koba. *Paléolithique de Crimée*. Vol. III, Acad. Sci. U.R.S.S. de Moscou, Leningrad.
- COPPENS Y., 1975. Évolution des hominidés et de leur environnement au cours du Plio-Pléistocène dans la basse vallée de l'Omo en Éthiopie. *C.R.A.S. Paris* 281, série D:1693-1696.
- DAY M.H., LEAKEY R.E.F., 1974. New evidence of the genus *Homo* from East Rudolf, Kenya (III). *American Journal of Physical Anthropology* 41:367-380.
- DAY M.H., NAPIER J.R., 1964. Hominid fossils from Bed I, Olduvai Gorge, Tanganyika. Fossil foot bones. *Nature* 201:969-970.
- DELOISON Y., 1993. *Étude des restes fossiles des pieds des premiers hominidés : Australopithecus et Homo habilis. Essai d'interprétation de leur mode de locomotion*. Thèse de Doctorat d'Etat es Sciences, Université René Descartes, Paris, 783 pages.
- FEREMBACH D., 1962. *La nécropole épipaléolithique de Taforalt (Maroc Oriental). Étude des squelettes humains*. Casablanca, Éditions du CNRS, 131 pages.
- FIEBEL G.S., BROWN F.H., DOUGALL I., 1989. Stratigraphic context of fossil Hominids from the Omo group deposits : Northern Turkana Basin, Kenya and Ethiopia. *American Journal of Physical Anthropology* 78:595-622.
- FLECKER H., 1942. Time of appearance and fusion of ossification centers as observed by roentgenographic methods. *American Journal of Roentgenology* 47:97-159.
- GABOUNIA L., VEKUA A., LORDKIPANIDZE D., 1999. A hominid metatarsal from Dmanisi (Eastern Georgia). *Anthropologie* XXXVII(2):163-166.
- HEIM J.L., 1982. *Les Hommes Fossiles de la Ferrassie. Les squelettes adultes (squelettes des membres)*, 272 pages, Archives de l'Institut de Paléontologie Humaine 38.
- HOWELL F.C., COPPENS Y., 1976. An overview of Hominidae from the Omo succession, Ethiopia. In *Earliest man and environment in the Lake Rudolf basin: Stratigraphy, Palaeoecology and Evolution*, Y. Coppens, F.C. Howells, G.L. Isaac, R.E.F. Leakey eds., 522-532, Chicago, Chicago University Press.
- LEAKEY L.S.B., 1960. Recent Discoveries at Olduvai Gorge. *Nature* 188:1050-1052.
- LEAKEY L.S.B., TOBIAS P.V., NAPIER J.R., 1964. A new species of the genus *Homo* from Olduvai Gorge. *Nature* 202:7-9.
- LEAKEY R.E.F., 1972. Further evidence of Lower Pleistocene Hominids from East Rudolf, North Kenya, 1971. *Nature* 237:264-269.

MARTIN R., SALLER K., 1957. *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung*, 578-597, Verlag-Stuttgart, Gustav Fisher.

MCHEMRY H., 1994. Early hominid postcrania. Phylogeny and function. In *Integrative paths to the past: Paleoanthropological advances in honor of F. Clark Howell. Chapter 14*, R.S. Corruccini & R.L. Ciochon eds., 251-268, Englewood Cliffs, Prentice Hall, *Advances in Human Evolution 2*.

TRINKAUS E., 1983. *The Shanidar Neandertals*, New York, Academic Press, 502 pages.

VOLKOV T., 1904. Variations squelettiques du pied chez les primates et dans les races humaines. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* V:201-331.

WALTER R.C., MANEGA P.C., HAY R.L., DRAKE R.E., CURTIS G.H., 1991. Laser-fusion $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of Bed I, Olduvai Gorge, Tanzania. *Nature* 354:145-149.

Métatarsiens III	Longueur maximum (mm)		Longueur du corps (mm)
	Ferembach	Martin <i>et al.</i>	
Dmanissi, d	(64) ⁽¹⁾	(60,25)	52
KNM-ER 803 J, g ⁽²⁾	-	-	60,3
Omo F 511-16 g ⁽²⁾	-	-	60,5
Shanidar 1, d (M) ⁽³⁾	73,2	71,1	62,5
Shanidar 6, g (F) ⁽³⁾	66,8	65,3	
Shanidar 8, d (F) ⁽³⁾	64,7	63,2	
Krapina 247-1, d	72,8		
Kiik-Koba 1, d (M)	73,4		
Taforalt N	(32) ⁽⁴⁾		20
min	65		55,3
max	79		68,6
moy	72,4		61,9
Actuels ⁽⁵⁾ :			
femmes (31) moy		64,4	56,0
DS		3,3	3,0
min		57,3	49,2
max		70,0	60,7
hommes (31) moy		68,4	59,4
DS		3,8	3,6
min		60,4	51,5
max		76,6	67,8

⁽¹⁾ estimée à 65mm par Gabounia *et al.* (1999), ⁽²⁾ Deloison (1993), ⁽³⁾ Trinkaus (1983), ⁽⁴⁾ Ferembach (1962), ⁽⁵⁾ Berillon (collection du Musée Bocage, Lisbonne).

Tableau 1. Longueur maximale estimée et longueur du corps du métatarsien de Dmanissi comparées à celles de métatarsiens d'hominidés du Pléistocène moyen et supérieur, des hommes de Taforalt (Epipaléolithique) et l'homme actuels.

Métatarsiens III	Diamètres au milieu du corps (mm)		Indice
	supéro-inférieur	médio-latéral	
Dmanissi, d	9,3	6,3	67,7
Dmanissi, d ⁽¹⁾	8,2	7,3	89
KNM-ER 803 J, g ⁽²⁾	10,4	6,1	58,6
KNM-ER 803 J, g ⁽³⁾	10,7	6,4	59,8
Shanidar 1, d (M) ⁽⁴⁾	9,2	7,7	83,7
Shanidar 6, g (F) ⁽⁴⁾	7,5	7,5	100
Shanidar 8, d (F) ⁽⁴⁾	8,5	6,8	80
Actuels ⁽⁵⁾ :			
femmes (31) moy	8,7	5,5	69,4
DS	5,5	0,7	12,9
min	5,7	4,2	19,4
max	38,2	7,4	86,1
hommes (31) moy	8,4	6,6	78,9
DS	0,6	0,7	10,0
min	6,9	5,1	62,2
max	9,6	8,0	102,6

⁽¹⁾ Gabounia *et al.* (1999), ⁽²⁾ Deloison (1993), ⁽³⁾ Day et Leakey (1974), ⁽⁴⁾ Trinkaus (1983), ⁽⁵⁾ Berillon (collection du Musée Bocage, Lisbonne).

Tableau 2. Diamètres au milieu ou épaisseur du corps du métatarsien de Dmanissi comparés à ceux de métatarsiens d'hominidés du Pléistocène moyen et supérieur et d'homme actuels.

Métatarsiens III	Angle de torsion (M-11) (en degré)
Dmanissi, d	24
KNM-ER 803 J ⁽³⁾	26
Omo F 511-16, g ⁽¹⁾	7
Shanidar 1, d (M) ⁽²⁾	7
Shanidar 6, g (F) ⁽²⁾	11
Shanidar 8, d (F) ⁽²⁾	15
Kiik-Koba 1, d (M) ⁽¹⁾	29
La Ferrassie 2 (M)	8
Taforalt (20) min	8
max	18
moy	10,9
Actuels (43) ⁽¹⁾ min	11
max	43
moy	28,3
Actuels ⁽⁴⁾ :	
femmes (31) moy	22,5
DS	6,2
min	11,0
max	36,0
hommes (31) moy	19,8
DS	6,7
min	4,0
max	32,0

⁽¹⁾ Berillon (1998), ⁽²⁾ Trinkaus (1983), ⁽³⁾ Day et Leakey (1974), ⁽⁴⁾ Berillon (collection du Musée Bocage, Lisbonne).

Tableau 3. Angle de torsion du métatarsien III de Dmanissi comparé à celui de métatarsiens d'hominidés du Pléistocène moyen et supérieur, des hommes de Taforalt (Epipaléolithique) et d'hommes actuels.

Métatarsien III	Angle horizontal Mt3D (en degré)	Angle vertical Mt3I (en degré)
Dmanissi, d	76	90
KNM-ER 803 J ,g ⁽¹⁾	75	95
Omo F 511-16, g ⁽¹⁾	73	95
Shanidar 1, d (M) ⁽²⁾	73	89
Shanidar 4 (M) ⁽²⁾	80	
Shanidar 6, g (F) ⁽²⁾	78	
Shanidar 8, d (F) ⁽²⁾	82	
Néandertaliens (6), moy. ⁽¹⁾	77	91,6
Actuels (43) ⁽¹⁾ min	70	89
max	90	103
Moy	78,9	94,7
Actuels ⁽³⁾ :		
Femmes (31) moy	77,9	91,7
DS	3,6	2,8
min	68,0	86,0
max	85,0	97,0
Hommes (31) moy	78,2	92,6
DS	4,1	2,9
min	68,0	86,0
max	85,0	98,0

⁽¹⁾ Berillon (1998), ⁽²⁾ Trinkaus (1983), ⁽³⁾ Berillon (collection du Musée Bocage, Lisbonne).

Tableau 4 : Angles horizontal et vertical du métatarsien III de Dmanissi comparés à ceux de métatarsiens d'hominidés du Pléistocène moyen et supérieur et d'hommes actuels.

Métatarsien III	Facette plantaire pour le métatarsien II							
	Hommes actuels					Taforalt (20)		
	femmes (31)		hommes (31)		cumulé (62)		N	%
N	%	N	%	N	%			
Absente	5	16,13	8	25,81	13	20,97	2	10
<=2mm	8	25,81	5	16,13	13	20,97	4	20
>2mm	18	58,06	18	58,06	36	58,06	14	70

Tableau 5 : Effectifs (N) et fréquences (%) des morphotypes de la facette articulaire plantaire pour le métatarsien II chez les Hommes de Taforalt (épipaléolithique) et un échantillon d'hommes actuels (collection du Musée Bocage, Lisbonne).