

ETUDE MORPHOMÉTRIQUE DE LA TROCHLÉE DU TALUS CHEZ L'HOMME.

BOULACEL A.⁽¹⁾, BOUZITOUNA M.⁽²⁾, OUCHTATI M.⁽³⁾

1) Laboratoire d'Anatomie Humaine, C.H.U Constantine.

2) Service d'Orthopédie-traumatologie, C.H.U Constantine.

3) Service de Réanimation Médicale, C.H.U Constantine.

RÉSUMÉ :

L'articulation talo-crurale est une articulation très sollicitée qui doit allier solidité, mobilité et stabilité, elle joue un rôle primordial dans la statique et dans le déplacement du pied et supporte tout le poids du corps. L'objectif de notre travail est une actualisation de ces données par une approche où en plus de la dissection et de la biométrie, nous avons recouru à la numérisation, à la statique et la modélisation. L'étude biométrique a été faite sur la trochlée du talus constituant l'articulation de la cheville. Des paramètres ont été calculés et comparés avec les données de la littérature. Un schéma de la trochlée du talus a été confectionné à partir des résultats de notre étude et qui peut donc contribuer et aider à l'amélioration du dessin d'une prothèse de cheville. Notre travail ouvre la voie à une approche de l'étude anatomique où le recours à la numérisation, la statistique et la modélisation seraient des outils qui accompagnent les outils classiques de dissection et biométrie.

Mots clés : Articulation talo-crurale, Cheville, Biométrie, Talus, Biomécanique.

ABSTRACT : MORPHOMETRIC STUDY OF THE TROCHLEA OF THE TALUS OF MEN.

The talo-crurale articulation is a very sought joint which has to ally solidity, mobility and stability, it plays an essential role in statics and in the movement of the foot and supports all the weight of the body. The objective of our work is an updating of these data by an approach where besides the dissection and biometry. We had appeal to digitalization, statics and modelling. The biometric study was made on the trochlee constituting the articulation of the ankle. Parameters were calculated and compared with the data of the literature. A plan of the trochlee of the bank was made from the results of our study and which can thus contribute and help in the improvement of the drawing of a prosthesis of ankle. Our work opens the way to an approach of the anatomical study where the appeal to the digitalization, the statistics and the modelling would be tools which accompany the classic tools of dissection and biometry.

Key words : The talo-crurale articulation, Ankle, Biometry, Bank, Biomechanic.

INTRODUCTION

L'articulation de la cheville est une articulation qui relie le squelette du pied à celui de la jambe, en mettant en synergie la jambe au pied. Elle joue un rôle primordial dans la statique du pied et assure à elle seule les mouvements de flexion-extension du pied [1] qui sont nécessaires au déroulement harmonieux de la marche.

Les trois os qui constituent cette articulation sont réunis dans une même enceinte articulaire. Cette articulation est composée d'éléments ostéo-articulaires constitués par le tibia, la fibula et le talus ainsi que par des structures capsulo-ligamentaires [2, 3]. Elle allie solidité, mobilité et stabilité et dispose de surfaces articulaires congruentes qui sont contrôlées par un ensemble capsulo-ligamentaire et tendineux très différencié [4, 5].

L'articulation de la cheville doit :

- Pouvoir supporter tout le poids du corps;
- Contrôler l'appui de l'arrière pied, quelle que soit la position du pied au sol.

Cet ensemble ostéo-ligamentaire est sollicité dans la marche mais aussi dans beaucoup d'activités de loisirs et de sport [6].

Articulation très sollicitée, la talo-crurale est sujette à différentes lésions allant de l'entorse bénigne aux traumatismes complexes [7].

La corrélation des caractéristiques anatomiques, des spécificités biométriques et fonctionnelles de la cheville est nécessaire. Elle doit intégrer les nouveaux moyens d'exploration qui sont en plus précis et non invasifs.

Parmi les objectifs de notre étude anatomique générale de la cheville, l'actualisation des données est devenue nécessaire du fait des nouveaux moyens d'exploration disponibles et de l'évolution des traitements prothétiques des lésions de la cheville qui sont de plus en plus complexes.

L'objectif de notre étude est d'une importance capitale, il concerne l'étude biométrique des structures osseuses de l'articulation de la cheville.

Le recours à des nouveaux outils (logiciels) ont permis de calculer avec précision des mensurations des différents constituants osseux de la cheville.

Le traitement statistique de ces données a permis d'avoir des valeurs médianes avec les écarts inter individuels.

Ces résultats que nous avons obtenus après étude des pièces anatomiques, nous ont permis une modélisation des surfaces articulaires (trochlée) de la cheville. Cette étude peut être complétée par le recours à des moyens d'exploration plus précis afin d'affiner cette première tentative de modélisation et aboutir à des confections prothétiques.

Cet objectif de recherche scientifique s'accompagne d'une nouvelle approche dans les sciences de l'anatomie où la dissection et la biométrie doivent se baser sur de nouveaux outils d'exploration, de mensuration, de traitement de données et de modélisation dans une optique de meilleure réparation de lésion articulaire.

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel

L'étude biométrique a été réalisée en totalité au niveau de l'institut d'Anatomie de l'hôpital de Strasbourg. Une salle de biométrie a été mise à notre disposition avec tout le matériel indispensable à l'étude, à savoir des boîtes contenant des os secs du squelette humain et des instruments de mensuration. La population des pièces osseuses qui a concerné notre étude a consisté en des os secs représentés par des talus (figure 1).

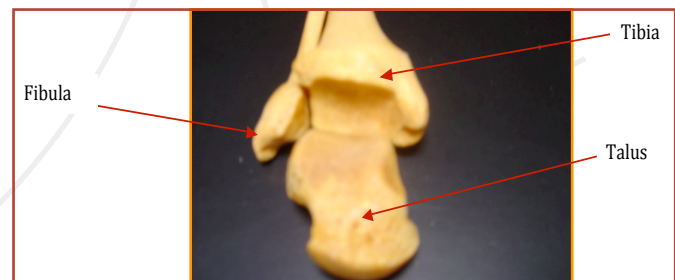


Talus.

Figure 1. Séries d'os d'étude.

Le lot consiste en 93 talus, au niveau de l'unité d'anthropométrie. Ces os sont conservés dans des boîtes étiquetées sans distinction d'âge ni de sexe (figure 2).

Seuls 91 ont été retenus car deux ont été exclus parce que tous les paramètres nécessaires à notre étude n'étaient pas disponibles. Sur les 91 os talus restants les gauches et droits ont été identifiées grâce à leur mise en place, (52 droits et 39 gauches).



La trochlée du talus.

Figure 2. Les trois pièces osseuses constituant l'articulation talo-crurale repositionnées.

2. Méthodes

Les types de mensurations réalisées ont été choisis après consultation des données de la littérature. Il n'y a pas eu de formation spécifique pour la réalisation de ces mensurations ; et la validation des mesures était faite sous le contrôle du professeur responsable du terrain de stage de l'Institut d'Anatomie de Strasbourg.

Les mesures ont été directement effectuées au pied à coulisse (AESULAP AA 845 Rostir™) sur les os choisis et ont permis de donner des chiffres corrigés et contrôlés. C'est une mesure restituée en centimètre (cm) avec une précision de 0,01 mm.

Des photos des différents os sous différents angles ont été réalisées avec un appareil numérique (Nikon® 6.0) et traitées pour certaines par le logiciel Paint (XP -2007).

Les mesures faites sont les suivantes :

Pour le talus en tenant compte du côté (côté droit ou gauche) (figures 3 et 4) :

- La largeur antérieure de la trochlée du talus (Ta1) : c'est la distance entre le bord latéral et le bord médial à la partie antérieure de la trochlée du talus, mesurée parallèlement au bord postérieur.

- La largeur postérieure de la trochlée du talus (Ta2) : c'est la distance entre le bord latéral et le bord médial à la partie postérieure de la trochlée du talus.

- La longueur latérale de la trochlée du talus (Ta3) : c'est la distance entre les deux points d'intersection du bord latéral de la trochlée avec les bords antérieur et postérieur de la surface de la trochlée du talus.

- La longueur médiale de la trochlée du talus (Ta4) : c'est la distance entre les deux points d'intersection du bord médial de la trochlée avec les bords antérieur et postérieur de la surface de la trochlée du talus.

Et à partir de ces mesures des indices ont été calculés comme suit :

- La différence entre les largeurs antérieure et postérieure (δTa) : $\delta Ta = Ta1 - Ta2$;
- L'index de la largeur de la trochlée : $Tai1 = [Ta2 / Ta1] \times 100$;
- Le degré d'inclinaison : rapport entre la différence de la largeur antérieure et la largeur postérieure (δTa) divisée par la longueur de la trochlée du talus : (Ta4) : $Tai2 = [(\delta Ta) / Ta4] \times 100 = [\delta Ta / Ta4] \times 100$;
- L'angle α formé par les bords médial et latéral de la trochlée du talus : $[\alpha = \arctan (\delta Ta5 / Ta4) \times (360 / 2\pi)]$.

Les données ont été traitées par les logiciels Excel, épi-info. 6 et SPSS.12.

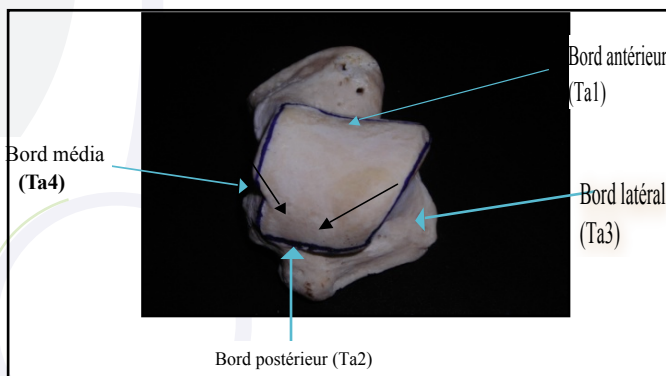


Figure 3. Les différents paramètres de la trochlée du talus.

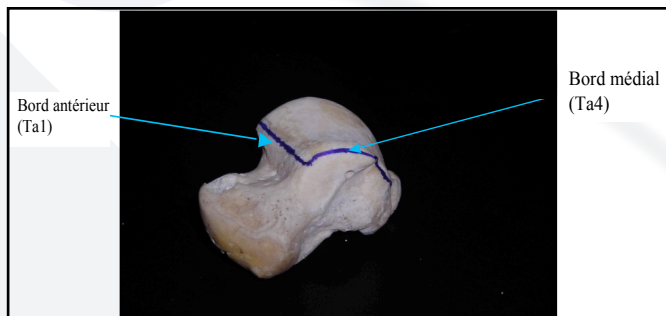


Figure 4. Les bords antérieur et médial de la trochlée du talus.

A partir des mesures effectuées; les paramètres suivants ont été calculés :

- La moyenne;
- L'écart type;
- La minimale;
- La maximale.

Ensuite des comparaisons et des corrélations ont été faites entre:

- Les largeurs des bords antérieurs droit et gauche de la trochlée du talus.
- Les largeurs des bords postérieurs droit et gauche de la trochlée du talus.
- La largeur antérieure et postérieure de la trochlée du talus.
- La largeur antérieure et postérieure de la trochlée.
- La différence entre la largeur antérieure et la largeur postérieure de la trochlée selon le côté.
- La longueur médiale et la largeur antérieure.
- Les longueurs des bords latéraux de la trochlée du talus selon le côté.

- La largeur antérieure et la longueur de la trochlée du talus.

- Les longueurs du bord médial droit et gauche de la trochlée du talus.

- Les angles formés par les bords latéral et médial de la trochlée du talus.

- Les index de la largeur de la trochlée du talus.

- Les degrés d'inclinaison.

Les différences observées suite à ces comparaisons ont été testées pour savoir si elles sont statistiquement significatives (ds) ou non statistiquement significatives (dns).

Les tests statistiques utilisés sont :

- La comparaison de moyenne;
- La corrélation.

Pour notre étude, nous entendons par différence significative quand le p (probabilités d'erreur) affirme que la différence de se tromper est inférieure ou strictement égale à 0,05 (5%). Dans le cas contraire ($p > 0,05$), la différence est non statistiquement significative ; elle n'est imputée qu'au hasard seul. Ou, en plus du hasard, la taille de l'échantillon n'est pas suffisamment grande pour mettre en évidence cette différence.

Les tests ont été calculés grâce aux logiciels :

- Epi info 6.0 pour la comparaison de moyenne;
- Et SPSS 12.0 pour les corrélations.

LA TROCHLÉE DU TALUS

L'étude biométrique du talus est essentiellement basée sur la trochlée qui reste la pièce maîtresse de l'articulation talo-cruale. Ceci nous a motivé à explorer cette surface articulaire sur le plan biométrique en calculant les différents paramètres de la trochlée.

Cette trochlée présente une forme trapézoïdale à grande base antérieure. Nous sommes arrivés à schématiser une forme standard de cette trochlée qui peut aider dans la confection des prothèses de chevilles (figure 5).

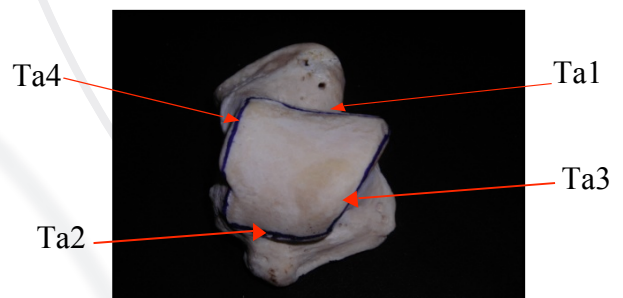


Figure 5. Trochlée du talus droit.

Ta1 : Bord antérieur de la trochlée.

Ta2 : Bord postérieur de la trochlée.

Ta3 : Bord latéral de la trochlée.

Ta4 : Bord médial de la trochlée.

Cette étude biométrique nous a permis avec les différents paramètres mesurés de faire une comparaison selon le côté.

1. Paramètres des bords antérieur droit et gauche de la trochlée du talus

La longueur du bord antérieur du côté droit est significativement plus élevée que la longueur du bord antérieur du côté gauche (ds, $p \approx 0,02$). La valeur extrême est retrouvée du côté droit (tableau I).

2. Paramètres des largeurs des bords postérieurs droit et gauche de la trochlée du talus

La largeur postérieure droite est sensiblement la même que

Tableau I. Longueur du bord antérieur de la trochlée selon le côté (en cm).

Côté	Droit	Gauche	p
Taille	39	52	
Moyenne	3,1408	3,0429	ds $p \approx 0,02$
Ecart-type	0,1904	0,1994	
Minimum	2,73	2,62	
Maximum	3,80	3,40	

celle du côté gauche (ds, $p > 0,05$) (tableau II).

Tableau II. Largeur postérieure de la trochlée selon le côté (en cm).

Côté	Droit	Gauche	p
Taille	39	52	
Moyenne	2,5467	2,5729	dns $p > 0,05$
Ecart-type	0,1994	0,2193	
Minimum	2,2	2,13	
Maximum	3,80	2,98	

3. Paramètres de la largeur antérieure et postérieure de la trochlée du talus selon le côté

La largeur du bord antérieur de la trochlée est significativement plus élevée du côté droit que du côté gauche (ds, $p \approx 0,02$).

La largeur du bord postérieur est sensiblement la même quel que soit le côté (ds, $p > 0,05$) (tableau III).

Tableau III. Largeur du bord antérieur et postérieur du talus selon le côté (en cm).

Côté	Droit		Gauche		p	
Bord	Antérieur	Postérieur	Antérieur	Postérieur	Antérieur	Postérieur
Taille	39		52			
Moyenne	3,1408	2,5467	3,0429	2,5729	ds $p \approx 0,02$	dns $p > 0,05$
Ecart-type	0,1904	0,1994	0,1994	0,2193		

4. Comparaison des largeurs antérieure et postérieure de la trochlée

La comparaison des largeurs antérieure et postérieure se résume sur le tableau IV et les figures 6 et 7.

Tableau IV. Corrélation entre les largeurs de la trochlée du talus (en cm).

Côté	r	p
Droit et gauche	0,57	ds, $p < 0,01$
Droit	0,56	ds, $p < 0,01$
Gauche	0,63	ds, $p < 0,01$

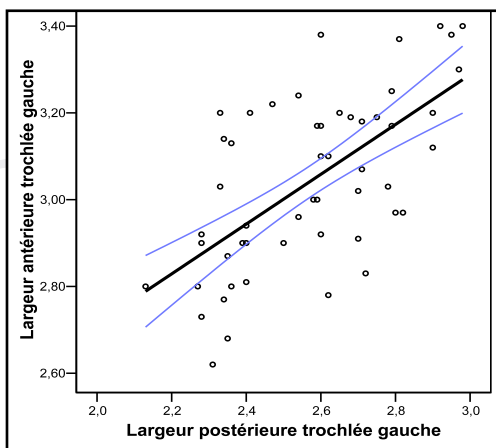


Figure 6. Corrélation entre les largeurs antérieure et postérieure de la trochlée gauche.

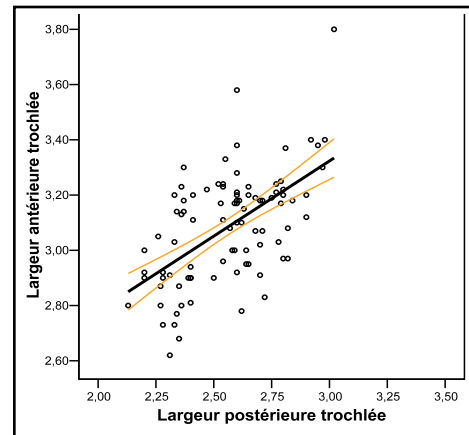


Figure 7. Corrélation entre les largeurs antérieure et postérieure de la trochlée du talus.

Les longueurs antérieure et postérieure de la trochlée sont proportionnellement corrélées entre elles et ce quel que soit le côté considéré (ds, $p < 0,01$).

5. Paramètres de la différence entre la largeur antérieure et la largeur postérieure de la trochlée selon le côté (en cm)

La comparaison montre que la différence du côté droit est plus élevée (ds, $p \approx 0,002$). Ceci est expliqué par le fait que la largeur antérieure droite est plus élevée du côté droit (tableau V).

Tableau V. Différence entre la largeur antérieure et postérieure de la trochlée du talus selon le côté (en cm).

Côté	Droit	Gauche	p
Taille	39	52	
Moyenne	0,5941	0,4700	ds $p \approx 0,002$
Ecart-type	0,1820	0,1808	

6. Paramètres de la longueur médiale avec la largeur antérieure

La longueur du bord médial de la trochlée est plus élevée par rapport à la longueur du bord antérieur (ds, $p \approx 0,000$). La valeur extrême est retrouvée au niveau du bord médial (tableau VI).

Tableau VI. Longueur du bord médial et antérieur de la trochlée du talus (en cm).

Côté	Antérieur	Médial	p
Taille	91	91	
Moyenne	3,0848	3,3043	ds $p \approx 0,000$
Ecart-type	0,2006	0,2581	
Minimum	2,62	2,47	
Maximum	3,80	4,00	

La longueur du bord médial droit est supérieure à la longueur du bord antérieur droit (ds, $p \approx 0,000$).

La longueur du bord médial gauche est supérieure à celle du bord antérieur gauche (ds, $p \approx 0,000$). Les longueurs des bords antérieur et médial du côté droit sont plus élevées que celles du côté gauche (ds, $P \approx 0,000$) (tableau VII).

Tableau VII. Longueur du bord médial avec le bord antérieur de la trochlée du talus selon le côté (en cm).

Côté	Droit		Gauche		p
Bord	Antérieur	Médial	Antérieur	Médial	
Taille	39		52		
Moyenne	3,1408	2,5467	3,0429	3,2938	ds $p \approx 0,000$
Ecart-type	0,1904	0,1994	0,1994	0,2274	
Minimum	2,73	2,47	2,62	2,87	
Maximum	3,80	4,00	3,40	3,88	

7. Paramètres de la longueur du bord latéral de la trochlée du talus selon le côté

La longueur des bords latéraux de la trochlée du talus est sensiblement la même des deux côtés droit et gauche (dns, $p > 0,05$) (tableau VIII).

Tableau VIII. Longueur du bord latéral de la trochlée du talus selon le côté (en cm).

Côté	Droit		Gauche	p
Taille	39	52		
Moyenne	3,5226	3,4094		dns $p > 0,05$
Ecart-type	0,2987	0,3029		

8. Paramètres entre les longueurs des bords médial droit et gauche de la trochlée du talus

La longueur du bord médial de la trochlée du talus est sensiblement la même des deux côtés (droit et gauche) ; (dns, $p > 0,05$) (tableau IX).

Tableau IX. Longueur des bords médiaux de la trochlée du talus selon le côté (en cm).

Côté	Droit		Gauche	p
Taille	39	52		
Moyenne	3,3185	3,2938		dns $p > 0,05$
Ecart-type	0,2965	0,2274		

9- Corrélation entre la largeur antérieure et la longueur de la trochlée du talus

La largeur antérieure est proportionnellement corrélée à la longueur de la trochlée et ce quel que soit le côté (ds, $p < 0,01$) (tableau X et figure 8).

Tableau X. Coefficient de corrélation entre la largeur antérieure et la longueur de la trochlée (en cm).

Côté	r	p
Droit et gauche	0,52	$ds, p < 0,01$
Droit	0,47	$ds, p < 0,01$
Gauche	0,59	$ds, p < 0,01$

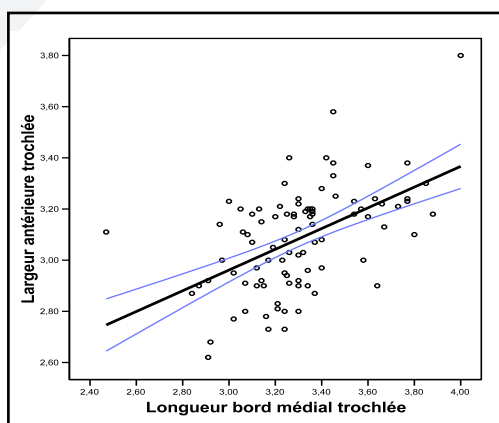


Figure 8. Corrélation entre la largeur antérieure et la longueur du bord médial de la trochlée du talus.

10. Angle entre le bord latéral et le bord médial de la trochlée du talus

L'angle du côté droit est plus élevé par rapport à l'angle du côté gauche ; (ds, $p \approx 0,01$) (tableau XI et figure 9).

Tableau XI. Paramètres de l'angle (en degré) entre le bord latéral et le bord médial de la trochlée selon le côté.

Côté	Droit		Gauche	p
Taille	39	52		
Moyenne	10°16	8°10		ds $p \approx 0,01$
Ecart-type	3°02	3°06		
Minimum	4°59	1°96		
Maximum	16°02	15°92		

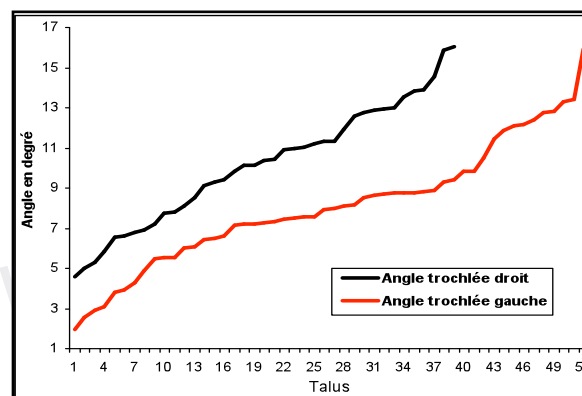


Figure 9. Courbes des angles droit et gauche de la trochlée du talus.

11. Index de la largeur de la trochlée du talus

L'index du côté gauche est plus élevé que l'index du côté droit (différence statistiquement significative, $p \approx 0,004$). La valeur extrême est située du côté gauche (tableau XII).

Tableau XII. Paramètres de l'index de la largeur de la trochlée selon le côté (%).

Côté	Droit		Gauche	p
Taille	39	52		
Moyenne	81,1573	84,6195		ds $p \approx 0,004$
Ecart-type	5,4105	5,6744		
Minimum	72	73		
Maximum	92	96		

12. Le degré d'inclinaison

Le degré d'inclinaison du côté droit est supérieur au degré d'inclinaison du côté gauche (ds, $p \approx 0,002$) (tableau XIII et XIV).

Tableau XII. Paramètres du degré d'inclinaison selon le côté (%).

Côté	Droit		Gauche	p
Taille	39	52		
Moyenne	17,97	14,27		ds $p \approx 0,002$
Ecart-type	5,45	5,47		
Minimum	8,02	3,43		
Maximum	28,70	28,52		

Tableau XIV. Tableau synoptique des différents paramètres de la trochlée du talus (n = 91).

Index	Côté	N	Moyenne	Ecart-Type	Minimum	Maximum	P
Ta1	Droit	39	3,1408	0,1904	2,73	3,80	$\approx 0,0203$
	Gauche	52	3,0429	0,1994	2,62	3,40	
Ta2	Droit	39	2,5487	0,1994	2,20	3,80	$> 0,05$
	Gauche	52	2,5729	0,2193	2,13	2,98	
Ta3	Droit	39	3,5226	0,2965	2,47	4,0	$> 0,05$
	Gauche	52	3,4094	0,2274	2,87	3,85	
Ta4	Droit	39	3,3185	0,2987	2,86	4,55	$> 0,05$
	Gauche	52	3,2938	0,3029	2,66	4,16	
$\delta Ta5$	Droit	39	0,5941	0,1820	0,26	0,93	$\approx 0,002$
	Gauche	52	0,4700	0,1808	0,11	0,87	
$\alpha 1$	Droit	39	10°16	3°02	4,59	16,02	$\approx 0,01$
	Gauche	52	8°10	3°06	1,96	15,92	
Tai1	Droit	39	81,1573%	5,4105%	72%	92%	$\approx 0,004$
	Gauche	52	84,6195%	5,6744%	73%	96%	
Tai2	Droit	39	16,8674%	4,9996%	8%	27%	$\approx 0,01$
	Gauche	52	13,9408%	5,6075%	3%	27%	

COMMENTAIRE

Notre étude biométrique comporte des mesures faites sur des os secs représentés par des talus. L'objectif de la mensuration de tous ces paramètres était de déterminer la morphologie de la trochlée nécessaire pour la confection d'une prothèse de la trochlée du talus.

L'étude faite sur le talus a concerné un échantillon de 91 pièces. Pour l'analyse statistique, les résultats entre les os gauches et droits ont été testés de manière indépendante.

En conséquence, on a eu des valeurs moyennes pour chaque côté et les deux côtés pouvaient donc être comparés. Les résultats détaillés sont représentés dans le tableau synoptique des paramètres des talus (tableau XIV). La trochlée du talus joue un rôle important dans la biomécanique de l'articulation talocrurale. Fessy et al. [9] montrent dans leur étude que la trochlée du talus présente une structure tridimensionnelle, plus large en avant qu'en arrière et creusée par une dépression longitudinale. Sarrafian SK. [10] la décrivait comme une poulie avec une gorge plus proche du bord médial. Ce bord médial de la surface supérieure de la trochlée est rectiligne, alors que le bord latéral est oblique, orienté en arrière et en dedans donnant ainsi une largeur postérieure plus petite. Les données de la littérature sont peu nombreuses concernant les paramètres morphométriques de la trochlée du talus. L'objectif de l'étude de ces paramètres est d'arriver à trouver un dessin de la trochlée du talus pour la confection d'une prothèse afin de remplacer un talus démolé par un traumatisme.

Certains auteurs en plus des différences entre les largeurs antérieure et postérieure de la trochlée, et des index de longueur-largeur qui ont été étudiés isolément ; seules Brenner et al. [11], à notre connaissance ont associé ces deux types de paramètres pour déterminer un élément morphologique important qui est l'angle formé par les bords médial et latéral de la trochlée du talus. Selon la littérature, la largeur de la mortaise tibio-fibulaire est corrélée avec la largeur de la trochlée du talus ($r = 0,94$), et aussi avec la longueur de la trochlée ($r = 0,65$).

1. Résultats de l'étude morphométrique de la surface supérieure du talus

La largeur antérieure droite (Ta1) de la trochlée est plus grande que la largeur antérieure gauche (Ta2) ds, $p \approx 0,02$.

Par contre, il n'y a pas de différence observée entre les deux bords postérieurs droit et gauche de la trochlée (Ta2) ds, $p > 0,05$.

La différence ($\delta Ta5$) entre la largeur antérieure et postérieure de la trochlée du talus droite et gauche montre que celle du côté droit est plus élevée que celle du côté gauche ds, $p \approx 0,002$.

La différence à droite dans notre série est située parmi les résultats rapportés par Testut [12] et celle de gauche est située parmi les résultats rapportés par Poirier et Charpy [13]. La différence globale est égale à 5, 20mm (tableau XV).

a. Les bords latéral (Ta3) et médial (Ta4)

La comparaison de la longueur des deux bords latéraux (Ta3) des trochlées des talus droite et gauche ne retrouve pas de différence significative ($p > 0,05$).

De même que pour les deux bords médiaux (Ta4). Cependant une légère augmentation est constatée à droite pour les deux bords latéral et médial; mais elle reste non significative rejoignant les résultats de Schmidt [14] qui trouvait que la longueur du bord médial de la trochlée du côté droit était significativement plus grande que celle du côté gauche. Brenner et al. [11] aussi ne retrouvent pas de différence significative mais ils notent que la longueur de la trochlée du talus (Ta4) est plus élevée dans les os gauches (tableau XVI).

b. L'angle (α)

Cet angle formé par les deux bords latéral et médial de la trochlée du talus est significativement plus élevé du côté droit ($p \approx 0,01$).

c. Le degré d'inclinaison

Défini par le rapport entre la différence entre la largeur antérieure et la largeur postérieure ($\delta Ta5$) divisé par la longueur de la trochlée du talus montrait de grandes variations selon notre série où le degré d'inclinaison du côté droit est supérieur à celui du côté gauche (ds, $p \approx 0,002$). Ce degré d'inclinaison est compris dans tout notre échantillon ($n=91$) entre 3 et 29%, avec une moyenne comprise entre 14,27% pour le côté gauche et 17,97% pour le côté droit. Nos résultats rejoignent ceux de Barnett et Napier [15] qui ont trouvé aussi une grande variation allant de 0 à 14 où la limite supérieure est presque identique à notre moyenne du côté gauche.

Tableau XV. Différences des largeurs de la trochlée du talus présentées dans la littérature et comparées à notre série.

Auteurs	Différence (mm)		
Poirier - Charpy	4-5 mm		
Testut	5-6 mm		
Inman; cite par Sarrafian	$x = 2,4 \text{ mm} \pm 1,3 \text{ mm}$		
Schmidt [10, 12]	diamètre antérieur = 28,9 mm	diamètre postérieur = 21,4 mm	
Notre série	diamètre antérieur = 30,8	diamètre postérieur = 25,6	$\neq 5,20$
	diamètre antérieur droit = 31,40	diamètre postérieur droit = 25,46	$\neq 5,94$
	diamètre antérieur gauche = 30,42	diamètre postérieur gauche = 25,72	$\neq 4,70$

Tableau XVI. Comparaison des diamètres de la longueur médiale de la trochlée.

Auteurs	Schmidt [12]	Notre série
Longueur médiale de la trochlée (mm)	34,8	33,04 Testut

d. L'index de la largeur de la trochlée

Dans notre échantillon, il est plus élevé du côté gauche (différence significative, $p \approx 0,004$). Nos résultats correspondent avec ceux de Platzer W [16] qui fut le premier à déterminer une différence selon le côté dans l'index de largeur de la trochlée du talus où il trouvait que cette différence selon le côté était de manière significative augmentée du côté gauche.

Mais l'angle entre le bord médial et le bord latéral reste un paramètre absolu et fiable pour Brenner et al. [11] et surtout un élément morphologique fondamental pour le dessin de la prothèse de l'articulation de la cheville. Notre étude nous a permis d'aboutir à une moyenne égale à $10^{\circ},16$ avec un écart type égal à $3^{\circ},02$ pour le côté droit ; et une moyenne égale à $8^{\circ},10$ avec un écart type égal à $3^{\circ},06$ pour le côté gauche. L'angle formé par le bord latéral et le bord médial du côté droit est plus élevé significativement par rapport à celui de gauche, $p = 0,01$. Cette différence est due probablement au pied droit qui est utilisé préférentiellement pour les activités de mobilisation, alors que le pied gauche non dominant constitue le support de stabilisation. Des angles plus larges entre le bord médial et le bord latéral de la surface supérieure de la trochlée du talus du côté gauche ont été observés dans certaines données de la littérature et ceci même en l'absence des différences significatives; comme le cas dans l'étude de Brenner et al. [11].

Les différences retrouvées selon le côté sont discutées du point de vue de la mise en charge en appui sur le pied. Quand le pied est utilisé comme support de stabilisation, la trochlée présente un angle plus large permettant une majoration des mouvements rotatoires [11, 17].

En se basant sur les résultats retrouvés, on peut alors dire que la trochlée du talus n'est pas symétrique entre les deux côtés droit et gauche.

La comparaison des index de largeur de la trochlée (**Tai1**) retrouve un index gauche plus élevé que l'index du côté droit (**ds**, $p \approx 0,004$), même la valeur extrême est située à gauche.

Le degré d'inclinaison (**Tai2**) du côté droit est supérieur à celui du côté gauche (**ds**, $p \approx 0,002$), la valeur extrême est presque identique des deux côtés.

L'analyse des diamètres mesurés dans notre échantillon révèle des corrélations avec :

- $r = 0,57$ entre les largeurs antérieure et postérieure des trochlées du talus (**r gauche = 0,63, r droit = 0,56**) ;
- et $r = 0,52$ entre la largeur antérieure et la longueur de la trochlée du talus (**r droit 0,47 et r gauche 0,59**).

Sarrafian SK et Brenner et al. [10, 11] retrouvent :

- $r > 0,5$ entre les largeurs antérieure et postérieure des trochlées

du talus (**r gauche = 0,522, r droit = 0,579**) ;

- et entre la largeur antérieure et la longueur de la trochlée du talus (**r gauche = 0,566, r droit = 0,528**).

DISCUSSION

La description anatomique normale de la surface supérieure de la trochlée du talus présente un bord médial parallèle à la longueur de la trochlée (Ta4) ; un bord latéral oblique en arrière et en dedans. De plus, les deux bords antérieur et postérieur de la trochlée du talus sont supposés être parallèles. Il est admis, ainsi, que la trochlée du talus se présente sous une forme trapézoïdale avec des angles droits sur le côté médial [10].

L'étude biométrique de la trochlée du talus peut aider à l'amélioration du dessin des prothèses de cheville, mais plusieurs éléments doivent être pris en considération.

Comme déjà mentionné au préalable, la différence des largeurs antérieure et postérieure peut être considérée comme un paramètre absolu. L'angle formé par les bords médial et latéral peut être considéré comme une forme d'index. Les bords antérieur et postérieur de la trochlée du talus n'influent en rien sur cet angle qui peut donc contribuer dans le dessin d'une prothèse de cheville.

Dans notre étude, et en s'inspirant des travaux de Brenner et al. [11], nous avons également pris en compte ces considérations et nous avons calculé l'angle entre le bord médial et le bord latéral de la trochlée du talus qui ont été mesurés. Ainsi, toutes ces données nous ont permis de dessiner une surface supérieure trapézoïdale standard droite et gauche de la trochlée du talus (figure 10).

Les seuls auteurs, à notre connaissance, dont les résultats correspondent largement à nos valeurs sont Brenner et al. et Schmidt [11, 14]:

- La longueur moyenne de la trochlée du talus (Ta4) mesurée par ces auteurs (moyenne = 34,8 mm) se situe entre nos mesures gauches et droites, et qui correspond à droite à 35,22 et à gauche à 34,09;
- La moyenne de la largeur postérieure, mesurée par ces auteurs est de 21,4 mm ; elle est située juste au dessous de la valeur moyenne de notre série (25,46 mm);
- La largeur antérieure était significativement plus petite dans les spécimens de Schmidt [14] (28,9 mm vs 30,37 mm), pour notre série et pour chaque côté séparément ; le côté droit (31,40) et le côté gauche (30,42); une différence significative entre les côtés est constatée et où le côté droit est significativement plus augmenté que le gauche;
- Par ailleurs, il n'y avait pas de différence significative entre les deux bords postérieurs de la trochlée. La moyenne de la longueur du côté droit est de 25,46 et du côté gauche de 25,72. Il a été constaté une différence significative entre les côtés dans la mesure de la largeur postérieure [14];
- Le degré d'inclinaison variait de 0 à 14 [15]. Dans notre sé-

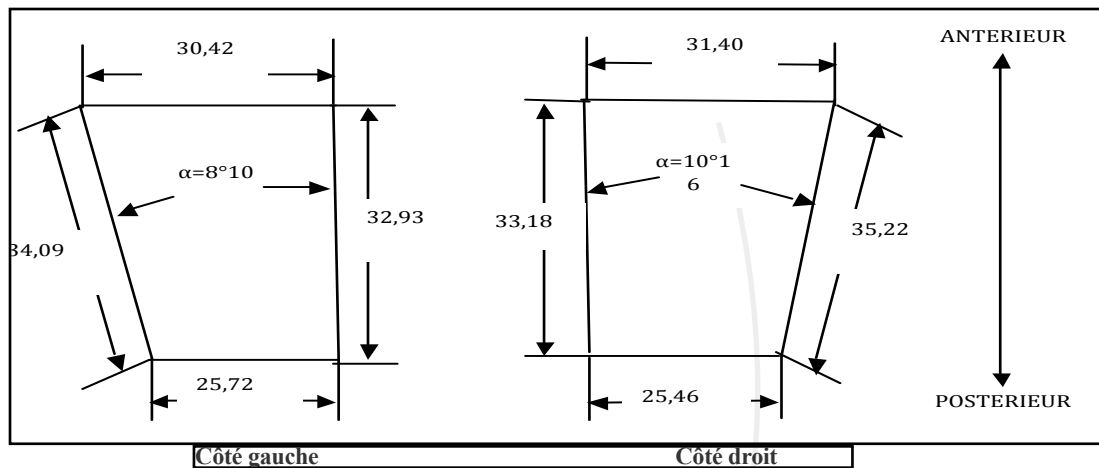


Figure 10. Configurations standardisées gauche et droite de la face supérieure de la trochlée du talus (longueurs en millimètres et l'angle α en degré).

rie le degré d'inclinaison Tai(3) du côté droit varie entre 8,02 et 28,70 avec une moyenne de 17,97; du côté gauche, le degré d'inclinaison varie entre 3,43 et 28,52 et une moyenne de 14,27; • L'index du côté gauche est supérieur à l'index du côté droit (statistiquement significatif, $p \approx 0,004$). Les résultats de Barnette et al. [15] vont dans le même sens que les nôtres. L'étude sur la trochlée du talus de Brenner et al. [11] rapporte également que la position des bords de la trochlée correspond aussi à la position des surfaces articulaires adjointes. En conséquence, l'angle formé par le bord médial et le bord latéral de la trochlée du talus doit être considéré aussi comme une mesure de l'angle d'ouverture des surfaces articulaires malléolaires tibiale et fibulaire dans le plan transversal. Cet angle n'est pas influencé ni par la position, ni par la forme, ni par la torsion du tibia, par contre, il témoigne d'une torsion de la fibula. Ainsi, on peut déduire des conséquences à partir du calcul de cet angle que la torsion fibulaire est plus importante à droite qu'à gauche [17].

CONCLUSION

L'articulation talo-crurale est une articulation de type trochléenne ne permettant que des mouvements perpendiculaire à l'axe de la trochlée. Elle est constituée d'un ensemble tibio-fibulaire appelé mortaise dans lequel vient s'encaster le tenon talien.

C'est une articulation superficielle et solidement emboîtée, elle est bridée latéralement par les malléoles et les puissants ligaments latéraux et présente deux caractères principaux :

- Prédilection anatomique à un seul type de mouvement, la flexion – extension (flexion dorsale et extension plantaire assurant ainsi une très grande stabilité.

- Association aux articulations du pied pour donner aux mouvements la souplesse nécessaire à la marche.

Le talus joue un rôle important dans la répartition des pressions du pilon tibial vers le calcanéum et le tarse antérieur.

Dans la station debout et au cours de la locomotion, l'articulation talo-crurale assure la transmission des forces qui s'exercent sur tout le membre inférieur. Cette articulation réalise l'équivalent d'une seule articulation à 3 degrés de liberté quand elle est associée à la rotation axiale du genou en permettant d'orienter la voûte plantaire dans toutes les directions pour l'adapter aux terrains accidentés. La position neutre de l'articulation est la position où le pied est à angle droit par rapport à la jambe mais la fixation de l'articulation dans cette position n'est pas convenable à la marche. Une légère flexion plantaire est souhaitable.

La position de repos de l'articulation talo-crurale est représentée par la position en flexion plantaire, mais la fixation de l'articulation dans cette position constitue l'équinisme mais reste une position favorable à la marche.

Cette articulation présente 2 spécificités :

- La mobilité pour la marche;
- Et la solidité pour la transmission du poids du corps dans la station debout.

Les traumatismes de la cheville sont très fréquents en pratique générale et c'est surtout le complexe ligamentaire externe qui est le plus vulnérable.

Afin d'explorer cette articulation, des moyens d'investigations et en particulier les techniques d'imageries ont été développés. L'exploration radiologique appropriée de l'articulation talo-crurale nécessite 3 incidences :

- Une radiographie de face obligatoire pour l'exploration des interlignes articulaires;
- Une radiographie de profil externe, en dehors d'un traumatisme;
- Une radiographie en oblique pour le dégagement de la malléole externe, à la suite d'un traumatisme.

L'articulation tibio-fibulaire distale est une amphiarthrose qui met en contact la malléole fibulaire et le pilon tibial et qui constitue un ensemble solide : c'est la mortaise tibio-fibulaire qui ne recouvre que les deux tiers de la trochlée du talus et ce quel que soit le degré de flexion-extension de la cheville. Le jeu tibio-péronier lui permet une certaine souplesse ce qui lui permet de s'adapter aux différentes situations qui se présentent à elle.

L'articulation talo-crurale assure la stabilité du pied par rapport à la jambe dans les mouvements de la marche et de la course.

RÉFÉRENCES

1. Paturet G. Traité d'anatomie humaine. Membres supérieur et inférieur. Masson et Cn ; Editeurs. Paris (VI). Masson- Paris. 1951; 2 : 659-692.
2. Kamina P. Précis d'anatomie Clinique tome I Maloine- Paris 2002.
3. Bouchet A, Cuilleret J. Membre inférieur in : Anatomie topographique descriptive et fonctionnelle- deuxième partie. Jambe, cou-de-pied et pied. Tom 4 Simep 1983.
4. Castaing L, Delaplace J. La cheville. Editions VIGOT. 5-49.

5. **Maestro M.** Rappel biomécanique de la talo-crural et de la sous-talienne. Journées internationales de la pathologie du pied. Grenoble 2002.
6. **Laude M.** Anatomie de l'astragale et de son environnement ostéo-articulaire. Laboratoire d'Anatomie et organogénèse de la Faculté de Médecine d'Amiens. Maîtrise orthopédique. Janvier 1999; 80.
7. **Kapandji I.** Physiologie articulaire membres inférieurs : La cheville. VI^{ème} Edition. 1994; 2 : 74-157.
8. **Bonnel F, Blotman F.** Bases anatomiques et principes biomécanique de la cheville. In : Cheville et médecine de rééducation. Masson Edition. Paris. 1982 : 1-6.
9. **Fessy MH, Carret JP, Bejui J.** Morphometry of the talocrural joint. Surg Radiol Anat. 1997; 19 : 299-302.
10. **Sarrafian SK.** Osteology-talus. In : Saraffian SK (ed) Anatomy of the foot and ankle, 2nd edn. JB Lippincott. Philadelphia. 1993 : 47-58.
11. **Brenner E, Piegger J, Platzer W.** The trapezoid form of the trochlea tali. Surg Radiol Anat. 2003; 25 : 216-225.
12. **Testu L.** Traité d'Anatomie humaine 1921. VIIth Edition Dion, Paris.
13. **Poirier P, Charpy A.** Traité d'Anatomie humaine 1899. Masson, Paris.
14. **Schmidt HM.** Articular surface form and split-line pattern of talus trochlea. Verh Anat Ges. 1976; 70 : 621-626.
15. **Barnett CH, Napier JR.** The axis of rotation at the ankle joint in men. Its influence upon the form of the talus and the mobility of the fibula. J Anat. 1952; 86 : 1-9.
17. **Platzer W.** Funktionelle Anatomie des Fubskellettes. In : Murri A (Ed). Der Fuss. Med. Literat. Verlagsges, Uelzen. 1981.