

The background of the entire page is a repeating pattern of climbing shoes, specifically bouldering shoes with a sticky rubber sole and a downturned toe. The shoes are rendered in a black and white, stippled style, creating a dense, textured effect.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
RÉGION LORRAINE
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE

-PIED DE POOL-

**Étude des caractéristiques
d'extensibilité des éléments de la voûte plantaire
chez les grimpeurs de haut niveau**

Rapport de travail écrit personnel
présenté par Agathe Bignon
étudiante en 3^e année de kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'état
de Masseur Kinésithérapeute
2004-2005

SOMMAIRE

PRESENTATION DU TRAVAIL ECRIT

SOMMAIRE

RESUME

1. INTRODUCTION.....	1
1.1. L'ESCALADE.....	1
1.2. SPECIFICITE DES PIEDS EN ESCALADE.....	2
1.3. OBJECTIF DE L'ETUDE.....	2
2. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES.....	4
2.1. CINESIOLOGIE ET ANATOMIE MISE EN JEU.....	4
2.1.1. Voûte plantaire.....	4
2.1.2. Muscle et aponévrose.....	6
2.1. 3. Big toes test.....	7
2.1. 4. Chaîne musculaire.....	8
3. MATERIEL ET METHODES.....	10
3.1. POPULATION.....	10
3.1.1. Groupe 1 = groupe « grimpeur » de haut niveau.....	10
3.1.2. Groupe 2 = groupe référent.....	11
3.2. RECUEIL DES DONNEES.....	11
3.2.1 .Matériel.....	11
3.2.2. Les mesures.....	11
3.2.3 .Questionnaire.....	13
3.2.3.1. Questionnaire destiné au groupe grimpeur.....	13
3.2.3.2. Questionnaire destiné au groupe référent.....	13
3.3. ANALYSE STATISTIQUE.....	14

4. RESULTATS.	14
4.1. STATISTIQUES DESCRIPTIVES.....	14
4.2. ANALYSE STATISTIQUE.	14
4.2.1. Distance naviculaire sol.....	14
4.2.2. Variation de la distance naviculaire sol.....	15
4.4.4. Autres résultats.....	17
5. DISCUSSION.....	18
5.1. DISTANCE NAVICULAIRE SOL.	18
5.2. VARIATION DE LA DISTANCE NAVICULAIRE SOL.	19
5.3. DOULEURS.	20
6. CONCLUSION.....	22

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RESUME

L'objectif principal de l'étude a été d'étudier les caractéristiques d'extensibilité de certains éléments de la voûte plantaire (long fléchisseur de l'hallux, aponévrose plantaire) et d'étudier leur intervention dans la genèse des phénomènes douloureux décrit par certains grimpeurs.

L'évaluation des différents paramètres a été réalisée à partir d'un questionnaire posé à un groupe de grimpeurs de haut niveau et à un groupe référent de personnes n'ayant jamais pratiqué l'escalade. Les caractéristiques d'extensibilité des éléments de la voûte plantaire ont été appréciées par la mesure de la variation de la distance naviculaire sol (définie comme la différence entre la mesure de la distance naviculaire sol avec une extension de l'hallux et la mesure de la distance naviculaire sol).

On constate que, chez les grimpeurs de haut niveau, l'ascension de l'arche interne (évaluée par la variation de la distance naviculaire sol) est significativement moins importante que chez des personnes n'ayant jamais pratiqué l'escalade. Cette variation de la distance naviculaire sol n'est pas corrélée à la différence de taille pointure entre la chaussure de ville et le chausson d'escalade, ni à la présence de douleurs au pied et au dos. Cependant, plus de la moitié des grimpeurs se plaignent de douleurs au dos.

Notre étude permet de définir un programme de prévention kinésithérapique secondaire basé sur des étirements du muscle long fléchisseur de l'hallux et de l'aponévrose plantaire. Il peut également être mis en place dans le cadre d'une prévention kinésithérapique primaire.

Mots-clefs : escalade, pied, arche interne, kinésithérapie, distance naviculaire sol.

1. INTRODUCTION.

1.1. L'escalade.

A l'origine de l'escalade, on trouve l'alpinisme. L'alpinisme, à ses débuts (1492, ascension du Mont Aiguille) était un sport pratiqué par les membres de la bonne société, le long des pentes neigeuses, accompagnés de cohortes de guides. C'est l'Anglais Mummery (1855-1895) qui fait germer l'idée révolutionnaire de l'alpinisme sans guide. C'est en cela qu'il est appelé aujourd'hui le « père de l'alpinisme moderne ». Dès lors, l'escalade et l'alpinisme deviennent deux activités sportives bien distinctes. L'escalade va se développer à la manière d'une mode. Le développement des structures artificielles d'escalade dans les années 60 va bouleverser la pratique de ce sport, notamment en supprimant les risques objectifs rencontrés en alpinisme comme les mauvaises conditions météorologiques, le dépitonnage... mais également en le rendant accessible à un public jusqu'alors exclu des activités de pleine nature.

Au fur et à mesure des années, ce sport a atteint un niveau technique et athlétique extrêmement élevé parmi ses adeptes, grâce entre autres à l'évolution du matériel (légèreté de celui-ci, précision, adhérence du chausson...).

La difficulté des voies d'escalade s'objective selon une échelle de difficulté croissante qui va de 3 (très facile) à 9 (extrêmement difficile); avec des sous-niveaux en difficulté croissante : a, a+, b, b+, c, c+.

On peut réaliser des voies d'escalade soit en moulinette : c'est-à-dire que le grimpeur est assuré complètement car il existe un point de renvoi de la corde en haut de la voie, soit en tête : dans cette situation c'est le grimpeur qui assure sa sécurité au fur et à mesure de son ascension. (4)

1.2. Spécificité des pieds en escalade.

Pour atteindre les sommets, les grimpeurs s'accrochent aux aspérités et enchaînent prises de main et appuis des pieds avec des techniques très spécifiques.

La pose des pieds est indispensable pour progresser. Celle-ci va permettre entre autres de décharger le travail des bras, et ainsi de les économiser musculairement parlant.

Dans les surplombs, où l'on trouve les voies les plus dures, les grimpeurs évoluent plus ou moins tendus par les bras. Cependant, les pieds jouent un rôle important dans la progression qui nécessite une poussée ainsi qu'une extension très importante.

L'étude des mouvements des pieds du grimpeur révèle une sollicitation importante des muscles extenseurs de cheville et des muscles fléchisseurs des orteils. (6)

Le grimpeur pose l'avant du pied sur la prise, il s'agit bien d'être le plus précis possible car la plupart des prises sont petites. Une fois le pied posé, il ne bouge plus. Le grimpeur vient alors se placer dans un axe permettant une poussée perpendiculaire à la prise.

En escalade, les chaussures spécifiques à ce sport sont appelées chaussons (figure 1). Ils sont l'intermédiaire entre le pied et le rocher. Les bons chaussons ne font pas les bons grimpeurs en revanche un chausson inadapté ne favorise pas la progression.

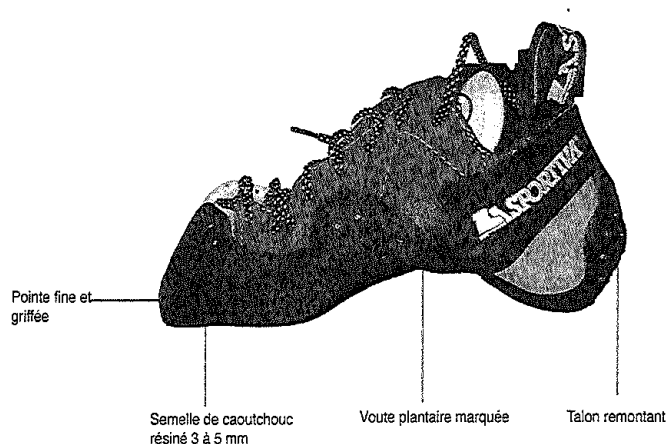


Figure 1 : chausson la sportiva®, testarossa

Le chausson est une véritable seconde peau. Il se porte très ajusté de manière à transmettre précisément chaque information du relief vers le pied et respecter la précision des appuis. Ainsi il se porte pieds nus et la pointure doit être ajustée au pied. Il a une forme concave et griffée en pointe pour permettre des appuis précis (ANNEXE I). **Les grimpeurs confirmés n'hésitent pas à choisir trois voire quatre pointures en dessous de la pointure de leurs chaussures de ville. L'hallux se retrouve donc pressé au centre du chausson et les orteils sont en position de flexion de 60 à 90° et ramené vers le médial.**

Les grimpeurs veillent à ce que les orteils soient contre le dessus de la chaussure d'escalade, qu'il n'y ait pas d'espace vide et que le pied ne tourne pas dans le chausson. Ainsi lorsque le grimpeur enfle son chausson, il prend son temps afin d'ajuster son pied parfaitement au chausson.

Il n'y a aucun confort dans le port du chausson. La preuve en est qu'à la fin d'une voie d'escalade, ces sportifs enlèvent aussitôt leurs chaussons.

Pour le grimpeur, les douleurs aux pieds sont considérées comme une conséquence normale de la pratique de ce sport. Les blessures aux pieds sont donc souvent ignorées, et peu étudiées.

1.3. Objectif de l'étude.

L'objectif de notre étude est d'étudier les caractéristiques d'extensibilité des éléments de la voûte plantaire chez le grimpeur haut niveau. Nous avons aussi évalué l'incidence de la différence de taille entre le chausson d'escalade et la chaussure de ville et l'incidence du nombre d'années de pratique de ce sport sur l'évolution de ces caractéristiques d'extensibilité. Il s'agit enfin d'appréhender l'incidence de ces modifications sur les phénomènes douloureux aux pieds ou au dos décrits par certains grimpeurs.

Nous avons donc choisi de mesurer la hauteur de l'arche interne sur un pied en charge et en position physiologique (distance naviculaire sol) puis sur un pied en charge avec une extension passive de l'hallux dans un groupe grimpeur de haut niveau et dans un groupe référent composé de personnes n'ayant jamais pratiqué l'escalade.

2. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES.

2.1. Cinésiologie et anatomie mise en jeu.

2.1.1. Voûte plantaire.

L'architecture de la plante du pied peut être définie comme une voûte soutenue par trois arches. Cette voûte repose au sol par trois points d'appui : A, B, C et ceux-ci réunissent trois arches (figure 2). (10)

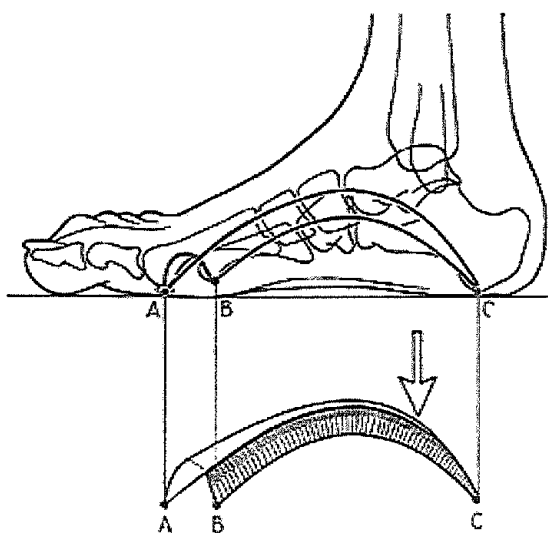


Figure 2 : Voûte plantaire (illustration modifiée, d'après KAPANJI (10))

Nous reprenons cette théorie car elle est intéressante sur le pied en charge sur un mode statique.

Entre les deux points d'appui antérieurs A et B est tendu l'arche antérieure, la plus courte et la plus basse ; entre les deux points d'appui externes B et C se situe l'arche externe, de longueur et de hauteur intermédiaire. Enfin entre les deux points d'appui internes C et A s'étend l'arche interne, la plus longue et la plus haute. C'est la plus importante des trois, tant sur le plan statique que dynamique.

Intéressons nous plus particulièrement à l'arche interne. Cette arche comprend 5 pièces osseuses : d'avant en arrière :

- Le premier métatarsien
- Le premier cunéiforme
- L'os naviculaire, clé de voûte de cette arche.
- Le talus
- Le calcanéum.

De nombreux ligaments plantaires réunissent les cinq pièces osseuses. Ils résistent aux efforts violents, mais de courte durée, à l'inverse des muscles qui s'opposent aux déformations prolongées.

Les muscles joignant deux points plus ou moins éloignés de l'arche forment des cordes partielles ou totales. Ils agissent comme de véritables tendeurs.

- Le tibial postérieur, forme une corde partielle tendue près du sommet de l'arche.
- Le long fibulaire agit aussi sur l'arche interne dont il augmente la concavité.
- Le long fléchisseur propre de l'hallux forme une corde sub-totale de l'arche interne ; il agit donc puissamment sur sa concavité, aidé par le fléchisseur commun des orteils qui le sous-croise.

- L'adducteur du gros orteil forme la corde totale de l'arche interne. (10)

2.1.2. Muscle et aponévrose.

Différentes structures anatomiques du pied nous intéressent pour notre étude.

Il semble pertinent de s'intéresser plus particulièrement à l'aponévrose plantaire (figure 3) et au muscle long fléchisseur de l'hallux.

➤ L'aponévrose plantaire s'insère en arrière sur la tubérosité du calcaneum, entre les articulations tarsiennes et métatarso-phalangiennes et s'attache en avant sur les plaques plantaires des articulations métatarso-phalangiennes, sur la gaine fibreuse du long fléchisseur des orteils et sur leur phalange proximale (ANNEXE II). (11)

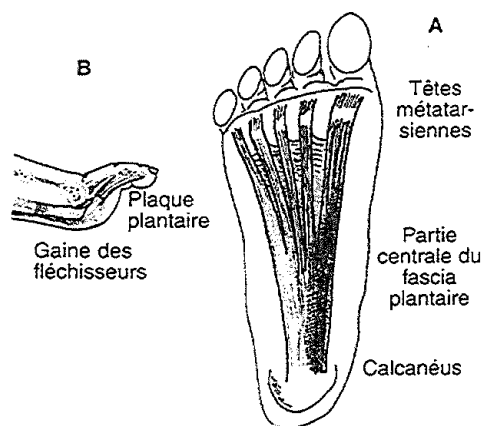


Fig. 4 : fascia plantaire
 A) disposition générale.
 B) attaches sur la plaque plantaire, la gaine des fléchisseurs le tissu sous-cutané.

Figure 3 : Aponévrose plantaire (illustration modifiée, d'après MOULIES (11))

➤ Le long fléchisseur de l'hallux (figure 4) prend son origine à la face postérieure de la fibula en dehors de la crête verticale pour se terminer à la base de la 2^e phalange, face plantaire.

Il est important de retenir que lors de son trajet, ce muscle passe sous le sustentaculum tali et ainsi a donc un rôle de soutien de la voûte plantaire ainsi qu'un rôle de soutien de la colonne de l'hallux (MP+++).

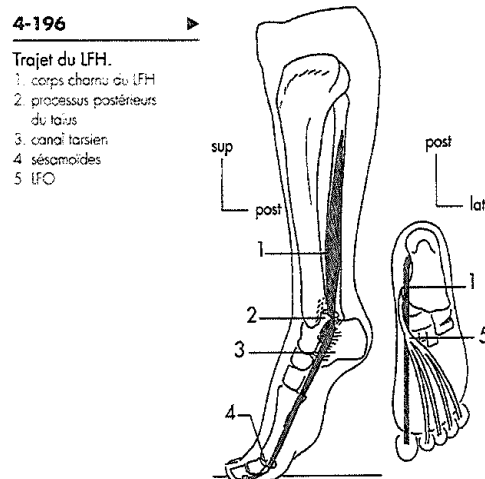
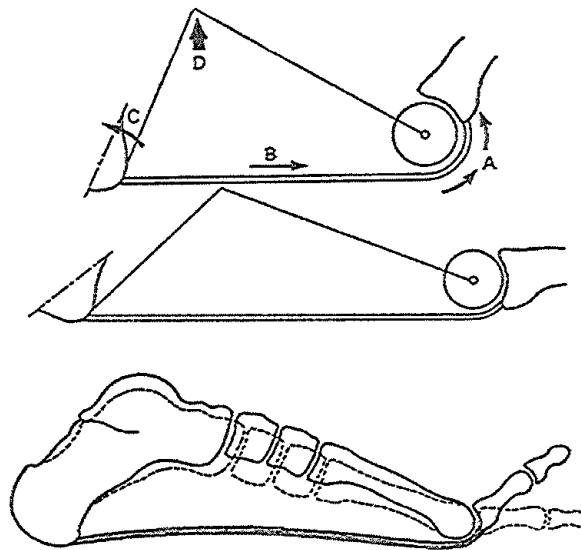


Figure 4 : Le long fléchisseur de l'hallux (illustration modifiée, d'après DUFOUR (7))

2.1.3. Big toes test.

L'aponévrose plantaire a été comparée à un mécanisme avec poulie.

Hicks a démontré que, par traction sur l'aponévrose plantaire, l'extension du gros orteil a tendance à creuser la ferme du pied en entraînant une flexion plantaire de la tête métatarsienne dans cette cupule. (9)



La figure inférieure montre l'aponévrose plantaire avec l'orteil en flexion plantaire (en pointillé), et une arche plus haute avec l'orteil en flexion dorsale (en trait plein). La figure supérieure montre comment l'aponévrose plantaire tourne autour de la tête métatarsienne et pendant la dorsiflexion (A) mise sous tension (B), modifie l'angle du calcaneum (C), et élève l'arche longitudinale (D).

Figure 5 : Le mécanisme en « poulie » (illustration modifiée, d'après CAILLET (3))

La même expérience est moins démonstrative pour les autres orteils et l'est d'autant moins qu'on s'éloigne du premier.

Selon d'autres auteurs, c'est le long fléchisseur de l'hallux qui est mis en tension. Et encore selon d'autres sources, ce serait le long fléchisseur de l'hallux et l'aponévrose plantaire qui seraient mises en tension.

2.1.4. Chaîne musculaire.

Il existe plusieurs chaînes musculaires au niveau du membre inférieur. Nous allons nous intéresser à la chaîne musculaire d'ouverture.

Cette chaîne musculaire commence du sacrum et de l'iliaque et se termine sur l'arche interne, l'hallux et la voûte plantaire (figure 6). Elle a une direction vers le bas, l'avant et le dehors.

Depuis le sacrum et l'iliaque, elle rejoint par le plan superficiel du grand fessier, le bord postérieur du fascia lata. Elle se continue en avant de ce dernier par le vaste externe qui envoie des terminaisons sur le condyle fémoral interne et le tibia. Son trajet devient postéro-interne avec le gastrocnémien médial et les muscles rétro malléolaires internes. La chaîne d'ouverture se termine sur l'arche interne, l'hallux et la voûte plantaire.

Cette chaîne est complétée par un trajet plus externe partant de l'ischion, il a une direction en bas et en dehors ; il fait relais sur la tête du péroné par le long et le cours biceps. Ensuite, le trajet devient antéro-interne au niveau de la loge antérieure avec le tibial antérieur et le long extenseur propre du I pour se terminer au niveau de l'arche interne du pied et sur l'hallux. (2)

Cette chaîne est en continuité avec la chaîne postérieure croisée du tronc. En effet, le grand fessier, de par ses insertions sur la crête iliaque et la crête sacrée est en relation avec le grand dorsal du même côté mais également avec le grand dorsal opposé à travers l'aponévrose lombaire. (1)

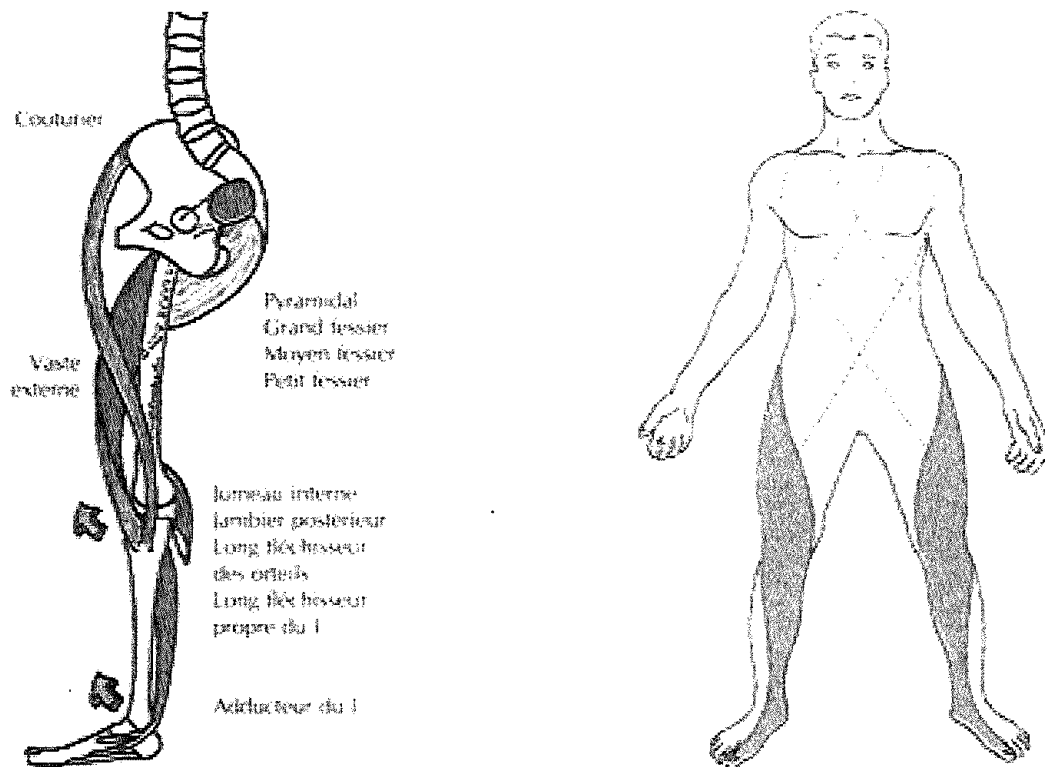


Figure 6 et 7 : La chaîne d'ouverture du membre inférieur illustration modifiée, d'après
BUSQUET (2)

3. MATERIEL ET METHODES.

3.1. Population.

3.1.1. Groupe 1 = groupe « grimpeur » de haut niveau.

Ce groupe est composé de 34 sportifs (16 filles et 18 garçons), pratiquant l'escalade depuis au moins 6 ans, à raison de 4 à 5 entraînements par semaine. La moyenne d'âge de ce groupe est de $23,1 \pm 5,6$ ans. Le niveau d'escalade pour les filles est d'au moins 7a+ à vue et pour les garçons d'au moins 7b+ à vue (le niveau à vue correspond au niveau de voie que le grimpeur parvient à escalader en tête avec succès dès le premier essai, sans connaître la voie et sans jamais avoir vu quelqu'un grimper dedans). La majorité des individus évolue au

niveau 8a. Les mesures ont été effectuées lors de l'étape de la coupe du monde d'escalade 2004 de Valence.

3.1.2. Groupe 2 = groupe référent.

Ce groupe est composé de 49 personnes (30 filles et 19 garçons) n'ayant jamais pratiqué l'escalade de leur vie et pratiquant une autre activité sportive pour 47 d'entre elles. La moyenne d'âge est de $21 \pm 4,6$ ans. Ce groupe sert à établir notre comparaison.

3.2. Recueil des données.

3.2.1. Matériel.

Nous utiliserons comme seul matériel de mesure un pied à coulisse (figure 8) permettant de mesurer la hauteur de l'arche interne. L'unité de mesure est le millimètre et la précision le centième de millimètre.

3.2.2. Les mesures.

➤ Mesure de l'arche interne, pied en charge en position physiologique (figure 9).
(Distance naviculaire sol = ditstance mesurée du tubercule de l'os naviculaire au sol + 1,6 cm)

Le sujet est debout, en charge, pieds nus. Il écarte les pieds dans une position jugée confortable par lui. À partir du moment où le sujet est dans cette position, il ne bouge plus jusqu'à la fin de la prise des deux mesures.

Les mesures prises sont effectuées sur le pied d'appel de la personne pour ne pas prendre trop de temps auprès des compétiteurs. Le choix est de prendre le pied d'appel de manière à avoir un pied de référence (bien que, dans ce sport, il n'existe pas de pied d'appel).

Nous allons alors repérer le tubercule de l'os naviculaire par la palpation du pied. C'est le tubercule qui fait saillie à la partie inférieure de la face interne de l'os naviculaire. Il sert de lieu d'insertion du tibia postérieur. Chez beaucoup de sujets, il est franchement visible. Après avoir palpé la malléole interne, nous nous dirigeons vers le bas et l'avant et nous trouvons alors ce tubercule. Si, sur certains sujets, cette palpation est difficile, nous utiliserons la mise en tension du muscle tibia postérieur qui est un moyen efficace pour le repérer. Le pied étant préalablement positionné en flexion plantaire, il suffit de demander au sujet une adduction du pied. À partir de la malléole interne, nous suivons le tendon de ce muscle jusqu'à la tubérosité osseuse recherchée. (12)

Il s'agit ensuite de placer le pied à coulisse perpendiculairement au sol et de prendre la mesure entre le tubercule de l'os naviculaire et le sol.

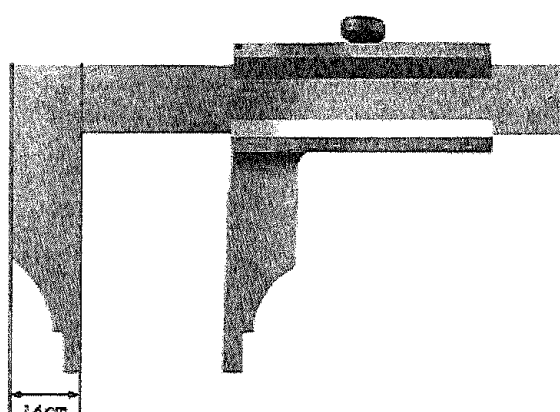


Figure 8 : Pied à coulisse.

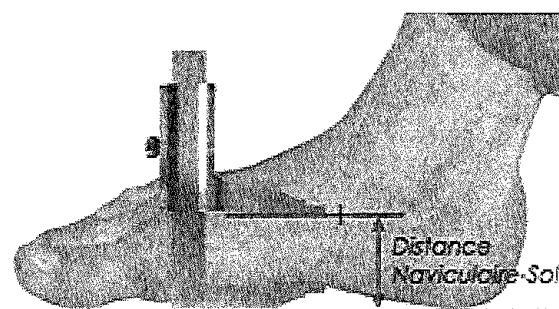


Figure 9 : Mesure de la distance naviculaire sol.

➤ Mesure de l'arche interne avec une extension de l'hallux.

(Distance naviculaire sol avec extension de l'hallux = Distance mesurée du tubercule de l'os naviculaire au sol avec extension de l'hallux + 1,6 cm).

Le sujet n'ayant toujours pas bougé, nous réalisons une extension passive maximale de l'hallux et reprenons la mesure en utilisant les mêmes repères.

➤ **Mesure de la variation de la distance naviculaire sol.**

Cette mesure est définie comme la différence entre la mesure de la distance naviculaire sol avec une extension de l'hallux et la mesure de la distance naviculaire sol.

3.2.3. Questionnaire.

3.2.3.1. Questionnaire destiné au groupe grimpeur.

Nous avons recueilli un ensemble d'informations sous la forme d'un questionnaire pour le groupe grimpeur de haut niveau concernant : le sexe, la taille, l'âge, le poids, la pointure des chaussures de ville et la pointure des chaussons d'escalade, le nombre d'années de pratique, le niveau d'escalade à vue, la fréquence de l'entraînement, la présence de douleurs aux pieds ou au dos, les antécédents d'entorse ou de fracture.

3.2.3.2. Questionnaire destiné au groupe référent.

À partir de notre questionnaire, nous récoltons les informations concernant : le sexe la taille, l'âge, le poids, la pointure des chaussures de ville, le sport pratiqué le plus longtemps, la fréquence de l'entraînement, la présence de douleurs aux pieds ou au dos, les antécédents d'entorse ou de fracture.

3.3. Analyse statistique.

L'analyse statistique des résultats a été effectuée avec le logiciel Statgraphics.

Les comparaisons des groupes ont été réalisées par des tests paramétriques.

L'influence des différentes variables sur les variables d'intérêt a été étudiée par régression linéaire multiple.

4. RESULTATS.

4.1. Statistiques descriptives.

Quatre vingt trois sujets ont été inclus dans l'étude et répartis en deux groupes : grimpeurs (n=34) et référent (n=49).

Il n'existe pas de différence significative d'âge, de taille et de pointure de chaussure de ville entre les deux groupes.

Il existe une différence significative de poids ($p < 0,05$) : 58,15 kg pour les grimpeurs et 62,84 kg pour les non grimpeurs.

4.2. Analyse statistique.

4.2.1. Distance naviculaire sol.

➤ **La distance naviculaire sol n'est pas significativement différente entre les deux groupes.**

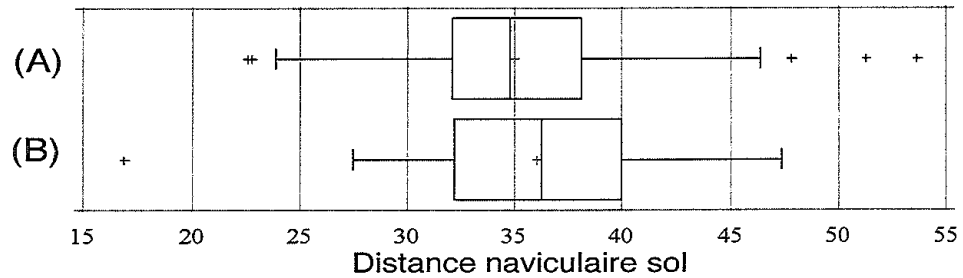


Figure 10 : Comparaisons des distances naviculaire - sol entre le groupe référent (A) et le groupe grimpeur de haut niveau (B)

4.2.2. Variation de la distance naviculaire sol.

► La variation de la distance naviculaire sol est significativement plus élevée chez les non grimpeurs ($p < 0,0001$) : 9 mm chez les non grimpeurs versus 5,6 mm chez les grimpeurs.

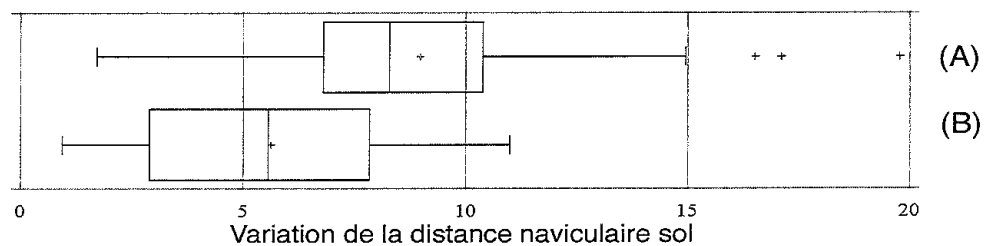


Figure 11 : Comparaison des variations de la distance naviculaire sol entre le groupe référent (A) et le groupe grimpeur de haut niveau (B) ; ($p < 0,0001$).

► Une régression linéaire multiple a été utilisée pour décrire la relation entre la variation de la distance naviculaire sol et les sept autres variables (sexe, taille, âge, poids, pointure des chaussures de ville, fréquence de l'entraînement, pratique sportive).

Cette régression met en évidence un effet significatif de trois variables : pointure de la chaussure de ville ($p=0,0076$), distance tubercule de l'os naviculaire sol au repos ($p=0,0028$) et la pratique sportive ($p=0,0001$) sur la variable d'intérêt (variation de la distance naviculaire sol).

➤ Pour mieux rendre compte de l'effet de l'escalade un modèle de régression linéaire multiple utilisant toutes les variables sauf la pratique sportive est utilisé.

Il permet de mettre en évidence un effet significatif de la pratique sportive (escalade) sur la variation de la distance naviculaire sol.

➤ **Il n'existe pas de corrélation significative entre la différence de pointure (= pointure de la chaussure de ville moins celle du chausson d'escalade) et la variation de la distance naviculaire sol.**

Pour parvenir à ce résultat, une régression linéaire a été utilisée afin de décrire la relation entre la variation distance naviculaire sol des 34 individus du groupe « grimpeur » et la différence de pointure.

➤ **Il n'y a pas de relation significative entre la variation de la distance naviculaire sol mesuré et le nombre d'année de pratique de l'escalade.**

4.4.4. Autres résultats.

➤ **Il n'existe pas de différence significative de la variation de la distance naviculaire sol entre les sujets se plaignant de douleur au dos et/ou au pied et les sujets ne se plaignant d'aucune douleur ($p=0,06$) (toutes populations confondues).**

On remarque cependant que 56 % des grimpeurs se plaignent de douleurs au dos, que 12 % se plaignent de douleurs au pied au cours de la marche et que 6% se plaignent des deux types de douleurs.

➤ **Il n'existe de pas de différence significative de la variation de la distance naviculaire sol mesuré en fonction de la présence ou d'absence d'antécédent d'entorse chez l'ensemble des sujets.**

➤ **Il existe une corrélation linéaire positive entre le poids et la distance naviculaire sol.**

Une régression linéaire multiple a été utilisée pour décrire la relation entre la variation de la distance naviculaire sol et les 7 autres variables (âge, sexe, fréquence des entraînements, poids, pointure des chaussures de ville, taille, code- pratique) sur l'ensemble des sujets.

Le coefficient de la pente de cette régression linéaire est de 0,23. C'est-à-dire que pour une différence de poids de 1 kg, on a une différence de hauteur d'arche interne de 0,23 cm.

5. DISCUSSION.

5.1. Distance naviculaire sol.

➤ Après comparaison des mesures de la distance de l'arche interne (évaluée par la distance naviculaire sol), pied en charge en position physiologique, entre les deux groupes, on trouve que les moyennes de ces mesures ne sont pas statistiquement différentes entre les 2 populations.

Ainsi, on ne peut pas définir un type podologique spécifique des sportifs pratiquant l'escalade à partir de ce protocole. Selon une autre étude réalisée par Dedieu P. et al (6) les grimpeurs experts se distinguent très nettement par un type podologique vers un pied creux.

Cependant, la méthodologie utilisée dans leur étude est différente puisque les observations ont été faites à partir de mesure podométrique du pied.

Les comparaisons ont été effectuées entre grimpeurs de niveau de pratique différente (débutant, débrouillé, confirmé, expert) alors que dans notre travail, nous avons choisi un groupe référent de personnes n'ayant jamais pratiqué l'escalade.

La population de grimpeurs experts (niveau de 8a et plus) dans l'étude de Dedieu et al représente seulement 8% d'une population de 252 grimpeurs soit 20 grimpeurs. Dans notre étude, 24 grimpeurs ont ce niveau soit 70% de notre population.

➤ Il existe une corrélation positive entre la mesure de la distance naviculaire sol et le poids du grimpeur. C'est-à-dire que, plus le grimpeur est lourd, plus la distance naviculaire sol est importante. À cette observation, on peut apporter l'explication suivante : plus le sportif est lourd, plus il doit soulever de poids pour se déplacer dans les voies d'escalade. Il sollicite

donc de façon beaucoup plus importante les muscles plantaire et jambier mis en action comparativement aux grimpeurs plus légers.

5.2. Variation de la distance naviculaire sol.

➤ La pratique de l'escalade diminue de manière statistiquement significative la variation de la distance naviculaire sol.

À cela nous pouvons tenter d'apporter plusieurs hypothèses :

- Une rétraction des structures capsulo-ligamentaires, consécutive aux contraintes majeures en charge sur le pied. Cette rétraction empêche de réaliser une extension de l'hallux suffisante pour mettre en tension maximale le long fléchisseur de l'hallux et l'aponévrose plantaire et donc obtenir une ascension réelle de l'arche interne.

- Une hypertonie du muscle long fléchisseur de l'hallux du fait de la sollicitation indiscutable et permanente de ce muscle lors de la pratique de ce sport, rend très difficile l'extension passive de l'hallux et le met précocement en tension maximale.

- Une rétraction du muscle long fléchisseur de l'hallux et/ou de l'aponévrose plantaire, consécutive à la position du pied pris dans le chausson d'escalade.

➤ L'utilisation de chaussons d'escalade de taille plus petite que la taille du pied ne semble pas avoir d'influence sur la variation de la distance naviculaire sol. Ce résultat peut paraître inattendu et surprenant compte tenu de la position du pied prise dans le chausson d'escalade.

Il est vrai que d'une marque de chausson d'escalade à l'autre, il existe des différences de taille assez importante pour une même pointure de chaussure de ville. Une personne chaussant du

38 en chaussure de ville prendra en général un 37 chez five-ten®, mais un 34 chez la sportiva® par exemple.

Pour observer une influence de la taille du chausson d'escalade il aurait fallu probablement stratifier les grimpeurs en fonction de la marque de leur chausson d'escalade, pour effectuer l'analyse statistique.

➤ Le nombre d'années de pratique dans ce sport n'influe pas sur la variation de la distance naviculaire sol. On remarque même que pour les grimpeurs avec le moins d'expérience (entre 6 et 7ans), la variation de la distance naviculaire sol est déjà bien inférieure à la variation de la distance naviculaire sol moyenne du groupe référent.

Cependant, les mesures effectuées sur la population de grimpeur de haut niveau ont été réalisées juste après l'ascension d'une voie d'escalade, soit après une sollicitation importante des muscles plantaires. Elles n'ont pas été réalisées avant l'épreuve sportive dans un souci de respect de la concentration du grimpeur (en rappelant que ces mesures ont été faites lors d'une étape de la coupe du monde d'escalade).

Ces résultats peuvent aussi laisser penser qu'une modification des caractéristiques d'extensibilité des éléments de la voûte plantaire s'installe rapidement dans la pratique de l'escalade.

5.3. Douleurs.

➤ Nous avons tenté d'apporter une explication des douleurs retrouvées chez les grimpeurs de haut niveau.

Lors de la marche à la fin de la phase 40 – 50 %, la sortie du pas se fait sur les têtes du premier et deuxième métatarsien puis sur les deux premiers orteils. À ce moment, on se retrouve avec une extension passive de l'hallux. Chez les grimpeurs, cette phase sera gênée, par le fait que le muscle long fléchisseur de l'hallux et/ou l'aponévrose plantaire ne se laisse pas étirer. Ainsi ceci peut intervenir dans la genèse des phénomènes douloureux du pied.

Pour essayer d'expliquer les douleurs au dos, on introduit la notion de lésion primaire (déficit d'extension de l'hallux) et de chaîne musculaire. Un muscle n'agit jamais que dans un sens ou à un seul endroit, sa contraction provoque des tensions qui peuvent se transmettre à d'autres muscles.

Les tensions qui s'exercent au niveau de la loge plantaire peuvent entraîner des lésions en chaîne. La chaîne sollicitée est la chaîne d'ouverture où l'on retrouve entre autres le muscle long fléchisseur de l'hallux. Rappelons également qu'elle est en continuité avec la chaîne musculaire croisée postérieure.

Lorsque la chaîne d'ouverture est surmenée, cela a des répercussions sur la chaîne croisée postérieure du tronc permettant ainsi d'expliquer en partie les douleurs au dos. Le risque est l'installation du sujet dans un schéma pathologique et donc l'apparition d'un phénomène chronique.

➤ D'autre part, les phénomènes douloureux sont présents même chez les grimpeurs avec peu d'années de pratique (6 ans). Ceci est à mettre en relation avec le fait qu'une modification des caractéristiques d'extensibilité des éléments de la voûte plantaire apparaît tôt (cf. 5.2).

6. CONCLUSION.

L'objectif de notre étude a été d'étudier les caractéristiques d'extensibilité des éléments de la voûte plantaire chez les grimpeurs de haut niveau.

Le bénéfice essentiel de cette étude est d'envisager des solutions aux problèmes douloureux que peut engendrer la pratique de ce sport.

Pour cela, il faut envisager des étirements des structures mises en questions .

« Une étude de Fowles et coll portant sur les fléchisseurs plantaires montre que l'étirement prolongé d'un groupe musculaire diminue l'activation (EMG) et la force contractile du muscle étiré » (9). Dans notre cas, la spécificité de travail du muscle long fléchisseur de l'hallux serait perdue.

Cependant, redonner de la souplesse au muscle permettrait de retrouver un déroulement du pied total à la fin de la phase de décolllement du talon, et donc on interviendrait sur une cause éventuelle des douleurs.

On peut donc proposer des étirements du muscle long fléchisseur de l'hallux et de l'aponévrose plantaire aux grimpeurs se plaignant déjà de douleurs de pieds et/ou de dos. Une action préventive sur ces phénomènes pour les grimpeurs ne se plaignant d'aucune douleur pourrait aussi être proposée.

Pour les grimpeurs ne se plaignant pas de douleurs, nous préconisons 4 à 5 étirements en fin de séance permettant de diminuer la raideur du muscle acquise au cours d'une séance.

Pour les grimpeurs présentant déjà des phénomènes douloureux, des séances d'étirement courtes redonneront de la souplesse aux structures tout en évitant de perdre de la force spécifique.

Ces étirements se feront sur un mode actif de façon à limiter la perte de force musculaire tout en redonnant un peu de longueur au muscle long fléchisseur de l'hallux.

La différence de pointure entre les chaussons d'escalade et les chaussures de ville ne semble pas avoir une incidence sur l'évolution morphologique du pied. Une étude plus poussée permettrait d'évaluer plus précisément une corrélation entre ces deux éléments.

Pour cela , il serait intéressant de choisir parmi les grimpeurs de haut niveau des grimpeurs utilisant tous la même marque de chausson d'escalade ainsi que de mesurer la taille de leur pied (en cm). De cette manière, on éviterait les erreurs qui peuvent provenir du fait qu'une pointure de pied est un élément subjectif variant d'une paire de chaussures à l'autre, et du fait que la taille du chausson d'escalade diffère d'une marque de chausson à l'autre.

En conclusion, ce travail préliminaire a permis de démontrer que le pied du grimpeur présentait des modifications des caractéristiques d'extensibilité des éléments de la voûte plantaire (évaluée par la variation de la distance naviculaire sol) qui pourraient être responsable des douleurs que ces sportifs présentent fréquemment. Une prise en charge simple à base d'étirements actifs après une séance d'escalade permettrait de limiter ces douleurs.

BIBLIOGRAPHIE

1. **BUSQUET L.** – Traité d’ostéopathie myotensive – Tome I – Les chaînes musculaire du tronc et de la colonne cervicale – Paris – Maloine S. A. Éditeur, 1985.
2. **BUSQUET L.** – Les chaînes musculaires – Tome IV – membres inférieurs – Paris – Edition Frison-Roche, 1995.
3. **CAILLET R.** – Le pied – collection de rééducation fonctionnelle et de réadaptation – 2^e éd. – Paris – Masson, 1983.
4. **DAMILANO F., GARDIEN C.** – Montagne : passion et mode d’emploi – Paris – Hachette, 1997.
5. **DE DONCKER E.** – Cinésiologie et rééducation du pied - Paris – Masson, 1979.
6. **DEDIEU P., LEFEVRE B.** – Niveau de pratique en escalade et morphologie du pied. Approche quantitative (N=252) – Biom. Hum. et Anthropol., 2002 ; 20 : 119 – 123.
7. **DUFOUR M.** – Anatomie de l’appareil locomoteur : membre inférieur – Paris – Masson, 2001.
8. **FOWLES JH., SALE DG., MAC DOUGLAS JD.** – Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors – J. Appl. Physiol , 2000 ; 82 : 1179 – 1188.
9. **HICKS JH.** – The function of the plantar aponeurosis. – J. Anat., 1951 ; 85 : 414 – 415.
10. **KAPANDJI I.A.** – Physiologie Articulaire : membre inférieur – 5^e ed. – Paris – Maloine, 2000.
11. **MOULIES D., TANGUY A.** – Le pied de l’enfant : chirurgie et orthopédie – Paris – Sauramps médical, 2001.

12. **TIXA S.** – Atlas d'anatomie palpatoire du membre inférieur : investigation manuelle de surface – Paris – Masson, 1997.

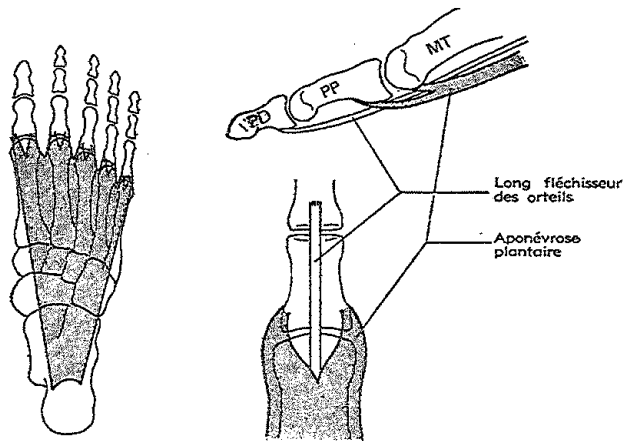
ANNEXES

ANNEXE I



Chausson La Sportiva venom.

ANNEXE II



Insertion distale de l'aponévrose plantaire et du tendon du long fléchisseur des orteils

(illustration modifiée, d'après CAILLET)