

MINISTERE DE LA SANTE

REGION LORRAINE

INSTITUT LORRAIN DE FORMATION DE MASSO-KINESITHERAPIE DE NANCY

L'IMPACT DE LA FORCE DES TRICEPS SURAUX DANS LE SPRINT

Mémoire présenté par **Flavien OSTY**,

étudiant en 3^{ème} année de masso-

kinésithérapie, en vue de l'obtention du

Diplôme d'Etat de Masseur-Kinésithérapeute

2013-2016.

SOMMAIRE

	Page
RESUME	
1. INTRODUCTION	1
2. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE.....	2
3. RAPPELS ANATOMIQUES ET BIOMECANIQUES	3
3. 1. Anatomie du triceps sural	3
3. 2. Le sprint	4
3. 2. 1. Biomécanique du sprint.....	4
3. 2. 1. 1. Différences entre la marche et la course.....	4
3. 2. 1. 2. Phase d'appui.....	6
3. 2. 1. 3. Phase d'oscillation.....	7
3. 2. 2. L'importance du triceps sural dans le sprint.....	8
3. 2. 2. 1. Un rôle stabilisateur.....	9
3. 2. 2. 2. Un rôle propulseur	9
4. MATERIEL ET METHODE	10
4. 1. Population	10
4. 2. Protocole expérimental	12
4. 2. 1. Description des sessions	12
4. 2. 2. Mesure de la force des triceps suraux.....	12
4. 2. 2. 1. Installation du sujet.....	12
4. 2. 2. 2. Mesure	13
4. 2. 3. Mesure du temps écoulé lors d'un sprint sur 50 mètres	14
4. 2. 3. 1. Echauffement.....	14
4. 2. 3. 2. Sprint.....	16
4. 3. Matériel utilisé.....	16
4. 4. Méthode statistique	17

5. RESULTATS.....	18
6. DISCUSSION.....	21
6. 1. À propos du protocole.....	21
6. 2. À propos des paramètres internes	23
6. 3. À propos des paramètres externes.....	24
7. CONCLUSION	25
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

RESUME

Introduction : Depuis la fin du XIX^{ème} siècle, beaucoup d'études concernant le sprint, moyen de locomotion le plus rapide de l'Homme, ont été menées afin de réduire la survenue des blessures liées au sport et d'optimiser la performance en sprint. Nous avons ainsi réussi à déterminer les principaux facteurs expliquant cette performance chez des athlètes et non-athlètes, et celui que nous pouvons le plus influencer est notamment la force musculaire.

Objectif : L'objectif de cette étude sera donc d'étudier l'apport de la force des triceps suraux dans le sprint, muscles propulseurs du pas, et ainsi de savoir si la participation de ces muscles est telle qu'elle peut déjà nous renseigner sur la performance en sprint d'une personne lambda.

Matériel et Méthode : 31 étudiants (17 hommes et 14 femmes), tous pratiquant leur propre sport, ont participé à 2 sessions. La première consistait à mesurer la force de leurs triceps suraux à l'aide d'un dynamomètre, la deuxième étant elle dédiée à la mesure du temps écoulé lors d'un sprint sur 50 mètres grâce à un chronomètre.

Résultats : Pour la population étudiée, les résultats obtenus ne permettent pas d'établir une corrélation significative entre la force des seuls triceps suraux et le temps écoulé lors d'un sprint de 50 mètres.

Discussion : Il est indéniable que les triceps suraux participent grandement lors du sprint, toutefois nous pouvons également noter l'importance des autres muscles de la chaîne postérieure, en particulier grands fessiers et ischio-jambiers. De plus, d'autres critères intrinsèques aux sujets et extrinsèques peuvent expliquer ces résultats. Le matériel utilisé est également source de biais.

Mots-clés : course, triceps sural, sprint, force, vitesse, relations.

Key words : running, triceps surae, sprint, strength, velocity, relationships.

1. INTRODUCTION

La locomotion humaine est depuis des centaines d'années sujette à des représentations de toutes sortes, allant de peintures sur les parois des grottes préhistoriques à la réalisation de fresques ou de vases grecs, datant d'environ 400ans avant J.-C., montrant l'être humain en train de se mouvoir, jusqu'à intéresser les savants de la Renaissance tel que Léonard de Vinci (1452-1519).

Ce n'est que vers la fin du XIXème siècle qu'apparaissent les premières véritables études scientifiques abordant les mouvements du corps humain, et plus particulièrement les travaux portant sur la course, mode de déplacement naturel le plus rapide chez l'Homme, et modèle plus complexe que la marche, grâce au physiologiste Marey et Demeny, son collaborateur [1]. Depuis, bien des études ont été menées pour essayer de modéliser la course à pied, d'expliquer les phénomènes physiques auxquels est confronté le coureur, et ainsi de comprendre les mécanismes qui peuvent induire les différents traumatismes dans le sport, et d'en déduire la rééducation adéquate, ou bien dans le but d'améliorer les performances du sportif.

Dans cette étude, nous nous intéresserons donc à la performance en sprint chez l'humain. Plus particulièrement, nous essaierons de comprendre quels paramètres permettent à un sprinteur de courir plus rapidement qu'un autre.

D'après les travaux de L. Cunha and al. [2], nous savons tout d'abord que les jeunes hommes courent plus vite que les jeunes femmes, et que les athlètes courent plus vite que les non-athlètes. De plus, il a été montré que plus l'individu était capable de développer une force importante au niveau de ses membres inférieurs, et ce peu importe le type de contraction utilisé, et plus il était en mesure de courir vite [2].

L'évolution de la vitesse au cours d'un sprint sur 100m est caractérisée par 3 phases : l'accélération initiale de 0 à 10m, l'accélération plus modérée jusqu'à la vitesse maximale de course atteinte vers 36-40m, et la phase de vitesse constante jusqu'à la décélération [3]. Au cours de ces deux dernières phases, aucun paramètre mécanique musculaire, que ce soit la force, la puissance ou bien la raideur, ne montre une relation significative avec le temps écoulé sur cette distance, alors que lors de de la phase d'accélération initiale, la force maximale des membres inférieurs chez des sprinteurs est importante [4, 5].

Ainsi, et bien que la faculté de courir vite soit en grande partie innée, le paramètre de force musculaire serait une valeur prédictive possible de la vitesse maximale atteinte durant l'accélération initiale, et ainsi du temps écoulé sur une distance donnée. Parmi les nombreux muscles du membre inférieur chez l'Homme, et leurs différents rôles lors du sprint, les véritables moteurs lors de cet exercice sont les muscles de la chaîne postérieure que sont les grands fessiers, les ischio-jambiers et les triceps suraux [6, 7, 8]. Pour s'en convaincre, il suffit de regarder l'important développement de ces muscles chez les athlètes. Contrairement à certaines idées reçues, les quadriceps participent peu au sprint. Ils ne sont vraiment importants que lors du départ, pour vaincre l'inertie [7].

Sachant tout cela, cette étude aura pour but d'évaluer la force d'un de ces trois muscles essentiels à la performance lors du sprint. Pour cela, nous avons choisi les triceps suraux, car ils sont les muscles principaux de la propulsion du pied par la flexion plantaire de la cheville [9]. L'étude sera réalisée chez des jeunes hommes et des jeunes femmes ne pratiquant ni l'athlétisme, ni un autre sport utilisant le sprint à un niveau national, et nous y comparerons la force de leurs muscles au temps écoulé lors d'un sprint d'une distance de 50m. Cette distance de 50m n'est pas choisie au hasard, car elle permettra aux coureurs non-athlètes de l'étude d'atteindre leur vitesse maximale [3], et inclura l'importance du paramètre de force musculaire sur la performance de sprint [4, 5]. En outre, elle respectera également la capacité physique des sujets, n'étant pas des sprinteurs aguerris.

Ainsi donc, est-ce que la force des triceps suraux peut être une valeur prédictive de la performance en sprint sur 50m chez des jeunes gens lambda ? C'est d'après cette hypothèse que se basera notre étude, qui essaiera d'y répondre.

2. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Lors de notre recherche bibliographique, nous avons questionné en particulier la base de données MEDLINE, dans laquelle nous en avons retiré la plupart de nos références, ainsi que les bases de données EMConsulte, la COCHRANE LIBRARY et GOOGLE SCHOLAR.

Nous nous sommes également procurés deux livres, le premier étant le livre d'anatomie du membre inférieur de M. Dufour, le second étant un livre sur la marche humaine, la course et le saut, coordonné par E. Viel.

Les principaux mots-clés utilisés, en anglais, étaient « running », « triceps surae », « sprint », « strength », « velocity » et « relationships », ce qui en français nous donnait « course », « triceps sural », « sprint », « force », « vitesse » et « relations ». Ces mots-clés ont été utilisés seuls et ensemble à chaque fois. Nos recherches ont été complétées par d'autres références qui figuraient sur les articles que nous avons préalablement sélectionnés.

Ces recherches se sont étendues sur une période allant de 1994 à 2013. Les critères de sélection ont été tout d'abord la présence des mots-clés dans le titre, puis si l'abstract abordait le sujet souhaité, et enfin, après lecture complète dudit article, sa pertinence et son intérêt dans notre étude.

3. RAPPELS ANATOMIQUES ET BIOMECANIQUES

3. 1. Anatomie du triceps sural

Le triceps sural est composé de 3 muscles : le muscle soléaire et les muscles gastrocnémiens médial et latéral (ANNEXE I). Voici le détail de leur anatomie selon M. Dufour [9].

Le muscle soléaire prend son origine au niveau du col de la fibula, avec un débord sur le corps de celle-ci, en postérieur, ainsi que sur la crête oblique du tibia et le tiers moyen du bord médial de celui-ci. Ces deux insertions sont reliées par une arcade fibreuse.

Les muscles gastrocnémiens prennent, eux, leurs origines au niveau des épicondyles (médial et latéral) et des condyles (médial et latéral) fémoraux, ainsi que sur les coques condyliennes (médial et latéral).

Ces 3 muscles ont un trajet vertical sur le plan superficiel de la loge postérieure de la jambe et forment le galbe du mollet.

Ils se terminent tous trois à la partie inférieure de la face postérieure du calcaneus par un tendon très puissant : le tendon d'Achille.

Le muscle soléaire a une action statique qui permet le contrôle de l'inclinaison jambière vers l'avant, et il conditionne l'équilibre ainsi que la propulsion lors d'une accélération du pas. Les muscles gastrocnémiens ont une action dynamique qui permet le début de la flexion du genou en chaîne ouverte et la fin d'extension du genou en chaîne fermée, ce qui permet de minorer la participation du quadriceps. Dans l'ensemble, l'action principale du triceps sural est la flexion plantaire de la cheville, avec inversion du pied. En effet, la rétraction de ce muscle entraîne le pied en position de varus-équin.

Le muscle est innervé par le nerf tibial : un nerf pour chaque chef du gastrocnémien, racines S1 et S2 (parfois L5) ; et deux nerfs pour le soléaire (un nerf supérieur pour la partie postérieure et un nerf inférieur pour la partie antérieure), racines L5 et S1 (parfois L4).

3. 2. Le sprint

3. 2. 1. Biomécanique du sprint

3. 2. 1. 1. Différences entre la marche et la course

Le sprint diffère biomécaniquement par rapport à la marche. Cela induit plusieurs constatations. En effet, tout d'abord, le constat le plus évident est que le sprint augmente considérablement la vitesse de déplacement du sujet par rapport à la marche, ce qui amène le coureur à déplacer plus rapidement ses membres inférieurs et ainsi augmente les amplitudes de mouvement dans toutes les articulations mises en jeu [1, 10, 11, 12].

De plus, les différentes phases de la marche ne sont pas toutes retrouvées dans le sprint (fig. 1). En effet, la marche présente une phase d'appui (« stance phase ») plus longue que la phase d'oscillation (« swing phase »), alors que lors du sprint cette tendance s'inverse [1, 10, 11]. Et surtout, la différence majeure est que la marche présente au début et à la fin de sa phase d'appui une phase de double appui (« double support »), qui est absente dans le sprint, où

d'ailleurs on retrouvera à la place une phase sans appui (« double float »), présente au début et à la fin de la phase d'oscillation cette fois [1, 10, 11].

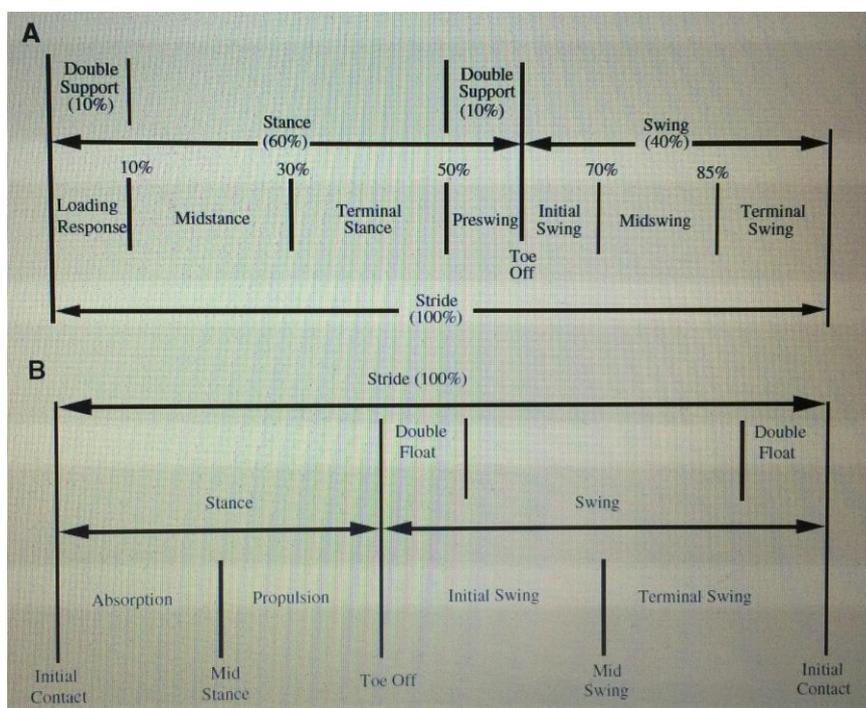


Figure 1: Gait cycle with phases and individual components. (A) Walking. (B) Running. (From Ounpuu S. The biomechanics of walking and running. Clin Sport Med 1994 ;13(4) :843-63 ; with permission.).

Cette différence de phases est due à l'augmentation de la vitesse, qui augmente ainsi la longueur de la foulée et donc qu'on retrouve une plus grande amplitude de mouvement [10, 11, 12].

Ainsi l'attaque du pas suivant se fait avec plus d'énergie, donc la force de réaction du sol va doubler par rapport à celle reçue par le sujet lors de la marche [11]. Afin de dissiper en partie cette force, le travail excentrique des muscles fléchisseurs du membre inférieur sera donc également augmenté [10, 11].

Enfin, le dernier constat majeur que l'on peut noter lorsque nous comparons la marche et le sprint est que lors de la marche, ainsi que lors d'un jogging, c'est-à-dire un effort de course sous-maximal, l'attaque du pas suivant se fait par le talon. Or, lors du sprint, c'est la partie médiale du pied qui touche le sol en premier, mettant ainsi la cheville en position de légère flexion plantaire ainsi qu'en pronation à l'impact [1, 11].

La figure ci-dessous (fig. 2) détaille bien le passage de la marche à la course, lorsque la phase d'appui du sujet ne constitue plus que 50% du cycle, et que les phases de double appui disparaissent au profit des phases sans appui (point A). Puis, lors du passage de la simple course au sprint, le point d'appui lors du contact initial passe du talon à l'avant-pied (point B) [1].

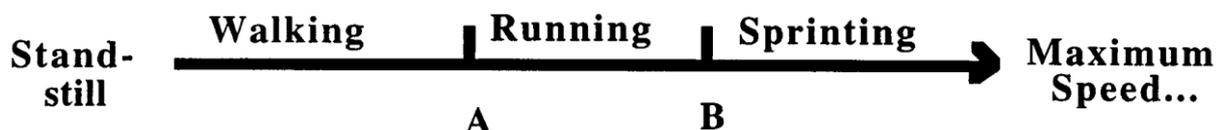


Figure 2: Forward human locomotion. At point A, stance phase equals 50% of gait cycle. Periods of double support in walking give way to periods of double float in running. Point B for the purposes of the kinematic and kinetic sections of this article represents a change from hindfoot to forefoot initial contact (From Novacheck TF. The biomechanics of running. Gait Posture 1998 ;7 :77-95.).

Toutes ces différences entre la marche et le sprint sont en fait toutes dues à l'augmentation de la vitesse. Nous allons donc maintenant analyser les différentes phases de la course, puis nous détaillerons le rôle du triceps sural dans le sprint juste après.

3. 2. 1. 2. Phase d'appui

Cette phase commence lors du contact initial du pied presque à plat avec le sol. Le pied est donc en légère flexion plantaire et pronation. Lors de ce contact, le pied va absorber l'impact, par une contraction excentrique du triceps sural afin de freiner la dorsiflexion rapide de la cheville. La flexion de hanche et de genou par la contraction excentrique du couple grand fessier/ischio-jambiers et du droit fémoral aide à dissiper cette force de réaction du sol [1, 10, 11, 12]. Le fascia plantaire va également jouer un rôle dans l'absorption du choc car il va s'étirer et permettre ainsi au pied d'amortir l'impact [10]. Les adducteurs de hanche sont également actifs durant tout le cycle du sprint, alors que durant la marche ils ne sont sollicités que durant la phase d'oscillation [1, 11]. Nous avons également une contraction des abducteurs de hanche qui vont permettre la stabilité du bassin.

Ainsi, lorsque la cheville du coureur atteint une position de pronation maximale, l'étape dite d'absorption du choc prend fin, et l'étape de propulsion du pied par la supination de celui-

ci commence. Pour cela, le tibia postérieur va travailler en excentrique afin de contrôler la pronation, puis sera relayé par le triceps sural en concentrique lorsque débutera la supination, qui permettra le décollement du talon puis des orteils. Dans ce même temps, nous avons toujours une co-contraction du quadriceps et des ischio-jambiers qui permettent la stabilité du genou [11]. Durant cette phase de propulsion, la force de réaction verticale du sol est maximale, soit presque 3 fois plus qu'à la marche, d'où l'importance d'avoir une bonne stabilité au niveau des articulations mises en jeu [11].

Juste avant le décollement des orteils, le triceps arrête sa contraction, et c'est le tibia antérieur qui lui succède. Les extenseurs de genou et de hanche que sont le quadriceps et le couple grand fessier/ischio-jambiers se préparent à jouer leur rôle concentrique cette fois.

Au niveau musculaire, le rôle principal du quadriceps est bien d'assurer une bonne stabilité du genou et permettre une absorption optimale de la force de réaction du sol par les tendons et fascias, et non de participer à l'accélération du mouvement dans cette phase [7]. Les ischio-jambiers et le grand fessier, eux, assurent ici l'extension de la hanche qui permet de produire une force horizontale au moment de la prise d'appui avec le sol [6, 7, 8]. Dans cette phase, il semblerait que le grand fessier ait une action motrice plus importante que les ischio-jambiers [6, 7]. Enfin, le triceps sural contribue aussi à l'absorption des forces lors de l'impact, mais également à la restitution de ces forces à la propulsion du pas pour une meilleure économie et efficacité de course [7].

3. 2. 1. 3. Phase d'oscillation

Au début de cette phase, le tibia antérieur va tout d'abord exercer une action concentrique au niveau du pied. Cette action est cependant bien moindre que lors de la marche. Le quadriceps va également amener sa contribution concentrique, en coordination avec l'ilio-psoas, qui lui sera très sollicité, afin de permettre l'accélération du mouvement oscillatoire du membre inférieur vers l'avant [1, 7, 10, 11, 12].

Enfin, vers la fin de cette phase, afin de se préparer à l'atterrissage du pied, la contraction concentrique du grand fessier et des ischio-jambiers est maximale [10, 11, 12]. Juste avant l'impact, les ischio-jambiers vont ralentir l'extension du genou en excentrique, tandis que le

triceps sural et le tibial antérieur vont se co-contracter afin de stabiliser le pied lors de l'impact à venir [11, 12].

Au niveau musculaire, ce sont les ischio-jambiers qui ont, ici, une action motrice plus importante que le grand fessier sur l'extension de hanche [8]. En fin de phase, l'action du tibial antérieur va permettre d'anticiper l'impact afin de pré-activer la chaîne postérieure pour préparer « l'effet ressort » [7].

Dès lors, le cycle est complet et se répète tout au long du sprint (fig. 3).

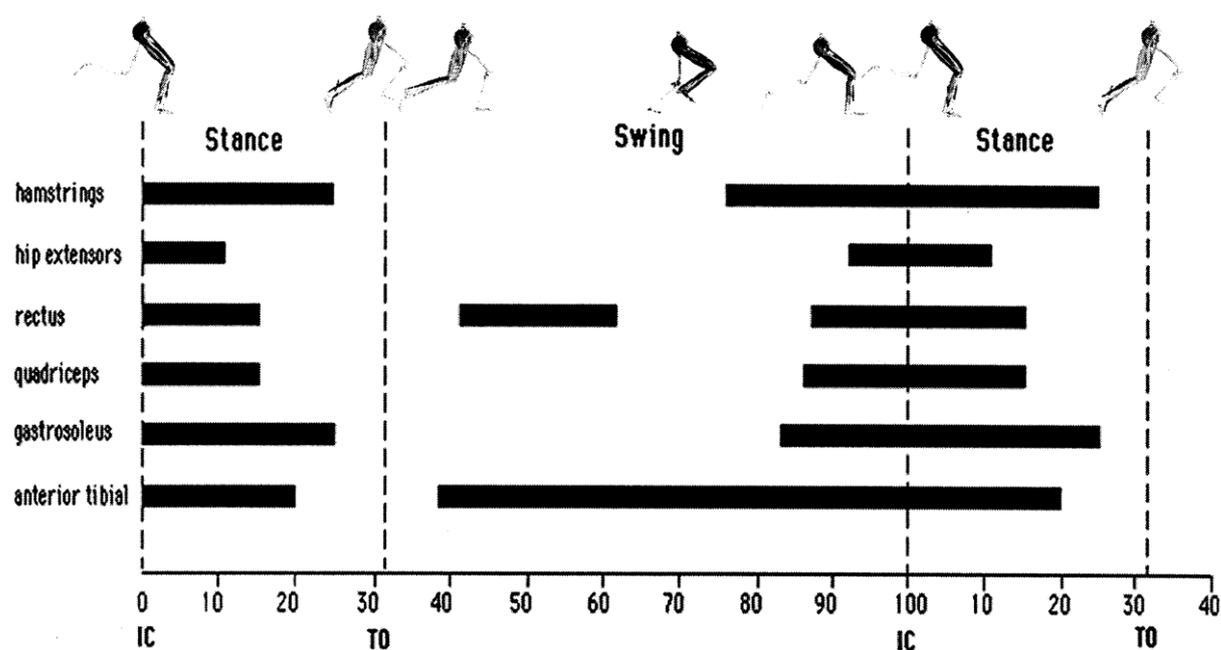


Figure 3: EMG. Muscle activity is represented by the solid bars in relation to the gait cycle. Approximately 1.3 gait cycles are depicted in an effort to better visualize the continuous nature of running gait (by eliminating the artificial division caused by beginning and ending the cycle at initial contact). Note the greater number of active muscle groups around the time of initial contact (IC) and the lack of muscle activation at the time of toe off (TO) (From Novacheck TF. *The biomechanics of running. Gait Posture* 1998 ;7 :77-95.).

3. 2. 2. L'importance du triceps sural dans le sprint

Nous avons donc pu constater que le triceps sural participait activement lors du sprint, notamment lors de la propulsion du pas. Nous avons également vu que ce muscle remplit

d'autres fonctions. Nous allons donc détailler ces différents rôles dans cette partie, afin de bien mesurer son importance lors du sprint.

3. 2. 2. 1. Un rôle stabilisateur

Tout d'abord, le triceps sural a un rôle de stabilité de la cheville car il permet le contrôle de la pronation de l'articulation subtalaire grâce à un travail excentrique. Cette action, associée au travail concentrique du tibia antérieur, assure une rigidité suffisante au pied afin que celui-ci puisse correctement dissiper la force de réaction verticale du sol lors de l'impact [10, 11]. Mais pour être tout à fait exact, le triceps sural n'agit pas tout à fait seul dans cette partie du mouvement. En effet, le calcaneus agit comme une poulie au tendon d'Achille, telle que la rotule au tendon quadriceps, de sorte que cet os va amplifier la force transmise par le muscle jusqu'au fascia plantaire [13]. Cette action du triceps sural, conjuguée avec l'extension active des orteils juste avant le contact, va en réalité amener l'aponévrose plantaire dans un état de tension maximale, ce qui aura pour effet d'absorber une partie du choc [10, 13].

3. 2. 2. 2. Un rôle propulseur

Ensuite, le triceps sural initie la propulsion du pas, et ainsi l'accélération du mouvement, par sa contraction concentrique amenant la cheville en flexion plantaire, inversion et supination. C'est cette action qui est à la base même de la propulsion, car elle va amener le tibia en rotation externe et donc entraîner par la suite l'extension du genou, qui elle-même induira l'extension, l'abduction et la rotation latérale de la hanche [10, 11]. Ainsi donc, suite à l'impact au sol, le triceps sural, en association avec le quadriceps, va faire remonter du distal au proximal, de la cheville à la hanche, l'énergie absorbée lors du choc pour s'en servir afin d'amorcer la propulsion du pas [10]. Tout ceci est facilité encore une fois par le fascia plantaire qui se trouve tendu au maximum juste avant le décollement du talon, et va pouvoir ainsi restituer un maximum d'énergie lors de sa contraction passive (n'étant pas une structure contractile en soit)

d'une part par le triceps sural et d'autres parts par certains muscles intrinsèques du pied (notamment les fléchisseurs de tous les orteils ainsi que les abducteurs) [10, 11, 13].

Ainsi, on constate donc que le triceps sural joue un rôle primordial dans le sprint. Sachant cela, nous allons essayer, par le protocole qui suit, de répondre à notre question initiale.

4. MATERIEL ET METHODE

4. 1. Population

La population est composée de 31 sujets, dont 17 hommes et 14 femmes, tous étudiants à l'Institut Lorrain de Formation en Masso-Kinésithérapie (ILFMK) de Nancy. Les sujets sont âgés de 18 à 24 ans, avec une moyenne d'âge de 20 ans (+/- 1,41). Les hommes sont eux âgés entre 19 et 24 ans avec une moyenne d'âge de 20,6 ans (+/- 1,46), alors que les femmes sont, elles, âgées de 18 à 22 ans avec une moyenne d'âge de 19,6 ans (+/- 1,22).

Concernant les gabarits, les hommes ont un poids compris entre 59 et 89 kilogrammes pour une taille comprise entre 1,70 et 1,93 mètre, et donc un Indice de Masse Corporel (IMC) compris entre 20,1 et 26 avec une moyenne à 22,5 (+/- 1,98). Les femmes ont un poids compris entre 52 et 70 kilogrammes pour une taille comprise entre 1,64 et 1,74 mètre, et donc un IMC compris entre 18,4 et 25,7 avec une moyenne à 20,3 (+/- 2,07).

Aucun des sujets ne pratique un sport de haut niveau, c'est-à-dire ne participe à des compétitions de niveau national. Seuls 2 sujets ne pratiquent pas de sport, 4 sujets pratiquent un sport qui favorise l'entraînement d'un triceps sural par rapport à l'autre et 1 sujet pratique un sport ne sollicitant peu ou pas ses triceps suraux. Les 24 autres sujets pratiquent tous un sport qui sollicitent sans distinction majeure ses deux triceps suraux. Mis à part les 2 sujets qui ne pratiquent pas de sport, les autres pratiquent entre 30 minutes et 5 heures par semaine, avec une moyenne de 2,3 heures par semaine (+/- 1,52). Les hommes pratiquent entre 30 minutes et 5 heures avec une moyenne de 2,5 heures par semaine (+/- 1,76), avec 1 sujet ne pratiquant aucun

sport. Les femmes pratiquent entre 30 minutes et 4 heures par semaine avec une moyenne de 2 heures par semaine (+/- 1,18), avec 1 sujet ne pratiquant aucun sport.

Enfin, nous avons demandé à chaque sujet quel était son pied d'appui, c'est-à-dire le pied avec lequel il prend l'impulsion lors d'un saut. Nous avons donc 19 sujets avec un pied d'appui droit, dont 9 hommes et 10 femmes, et 12 sujets avec un pied d'appui gauche, dont 8 hommes et 4 femmes.

Critères d'inclusion :

- Tout homme ou femme ayant la majorité et étant étudiant à l'ILFMK de Nancy.

Les étudiants ont donné leur accord pour participer à cette étude en signant un formulaire de consentement éclairé (ANNEXE II).

Critères de non-inclusion :

- Personne ayant réalisé un effort physique intense le jour du test, ou la veille.
- Personne présentant des douleurs pouvant gêner la réalisation du protocole.
- Personne pratiquant le sport au haut niveau.
- Personne présentant un ou des traumatismes osseux, musculaires ou ligamentaires au niveau des membres inférieurs, ou en ayant présenté qui aient nécessité une immobilisation ou un arrêt de la pratique sportive il y a moins de 3 mois.

Critères d'exclusion :

- Personne présentant des douleurs qui apparaissent au cours de l'étude.
- Personne ne respectant pas les consignes.

4. 2. Protocole expérimental

4. 2. 1. Description des sessions

Pour chaque sujet, le protocole se déroule en 2 sessions. Ces 2 sessions ont lieu à maximum 1 semaine d'intervalle, afin d'avoir une valeur mesurée de la force des triceps suraux la plus proche possible de la valeur réelle de la force des triceps suraux du sujet lors du sprint. La première session constitue la prise de mesure de la force des deux triceps suraux du sujet, la deuxième étant la prise de mesure du temps réalisé par le sujet lors d'un sprint sur 50 mètres, distance permettant aux sujets d'atteindre leur vitesse maximale durant leur sprint [3, 5, 14]. La première session se déroule à l'ILFMK de Nancy, à cause du matériel utilisé, et toujours le matin entre 8h et midi, par souci de reproductibilité, afin de placer les sujets dans les mêmes conditions, qui peuvent être influencées par l'activité de la journée.

La deuxième session se déroule donc maximum une semaine après la première, à 18h30, c'est-à-dire après les cours, sur la piste d'athlétisme de la pépinière de Nancy, piste en synthétique ayant une longueur de 250 mètres. Nous nous donnons maximum 1 semaine entre chaque session afin de pouvoir réaliser la mesure du sprint un jour où les conditions météorologiques étaient le moins à même de gêner les performances des sujets. Ainsi, la deuxième session a été effectuée un jour ensoleillé, sans pluie et sans vent, avec un terrain sec et une température extérieure aux alentours de 10°C.

4. 2. 2. Mesure de la force des triceps suraux

4. 2. 2. 1. Installation du sujet

Le sujet est placé en procubitus sur la table, pieds en dehors de la table et le sujet est en appui sur les coudes par souci de confort et se tient à la tête, celle-ci étant légèrement relevée, afin que le sujet puisse se maintenir et ainsi éviter de glisser lors de la contraction concentrique du triceps sural (fig. 4).



Figure 4: Position du sujet

Un des pieds du sujet est maintenu par une attelle de soutien, qui est reliée à une chaîne en métal, donc inextensible, jusqu'à un dynamomètre fixé à un montant d'une cage de poulies, celui-ci constituant le point fixe du montage, le point mobile étant le pied du sujet. La chaîne inextensible passe sous la table et est tendue de telle sorte que la cheville du sujet se retrouve à 90° au repos, position initiale du test pour tous les sujets pour que ce test soit reproductible. La chaîne doit également être tendue afin d'éviter au maximum une dissipation de l'énergie développée par le sujet lors de la contraction concentrique du triceps sural (fig. 5).



Figure 5: Montage

4. 2. 2. 2. Mesure

La mesure est réalisée 3 fois pour chaque triceps sural, tout d'abord à des fins statistiques, mais également afin que le sujet ait l'occasion de pouvoir développer sa force maximale pour chacun de ses triceps suraux. Nous avons laissé 1 minute de repos au sujet entre chaque mesure,

afin de respecter un temps de récupération pour le muscle. La consigne est énoncée distinctement et pareillement à tous les sujets comme ci-dessous, et répétée à chaque mesure.

Consigne : « Au signal, réalisez une flexion plantaire de votre cheville le plus fort possible, sans pronation ni supination du pied, c'est-à-dire dans un plan sagittal strict, et sans griffe des orteils ».

L'examineur est placé derrière les pieds du sujet afin de veiller à la bonne réalisation de la consigne, et peut ainsi lire aisément le résultat de la mesure s'affichant sur le dynamomètre.

4. 2. 3. Mesure du temps écoulé lors d'un sprint sur 50 mètres

4. 2. 3. 1. Échauffement

Celui-ci a pour but d'éviter une pathologie ou toutes autres douleurs qui pourraient survenir durant l'étude, mais il ne faut pas qu'il soit trop intense afin d'éviter de mettre les sujets en état de fatigue avant le début des mesures. Ainsi, nous demandons aux sujets de réaliser 3 tours de piste (1 tour = 250 mètres), les 2 premiers à un rythme modéré, le dernier à un rythme plus soutenu, suivi d'une accélération sur les 20 derniers mètres.

Suite à cela, nous avons proposé aux sujets un Etirement Raisonnable Actif Myo-Tendineux (ERAMT) de leurs triceps suraux, plutôt que des étirements passifs car ceux-ci diminuent la capacité contractile du muscle et provoquent une mauvaise vascularisation de celui-ci (par la mise en course externe maximale passive du groupe musculaire à étirer), ce qui aurait pour effet de fatiguer le sportif et donc pourrait diminuer ses performances [15]. De plus, les ERAMT sont basés sur une alternance de contractions excentriques/concentriques, tout comme le sprint justement.

Les exercices d'étirements ont d'abord été expliqués et démontrés.

Phase d'étirement : debout mains en appui contre un arbre, bras tendus au-dessus de la tête, genoux en extension, talons au sol (fig. 6).

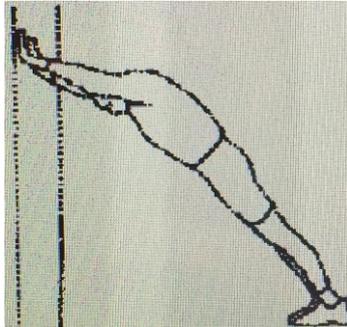


Figure 6: Phase d'étirement des triceps suraux.

Phase de contraction : alternance rapide de flexion plantaire en fléchissant le genou et de flexion dorsale en tendant le genou (fig. 7).

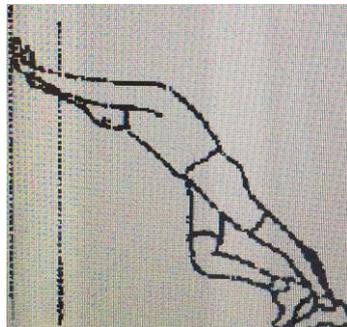


Figure 7: Phase de contraction des triceps suraux.

Consignes :

- L'étirement doit être lent et non douloureux.
- La phase de contraction dure 8 secondes.
- La respiration doit être lente.
- Chaque phase est répétée 2 fois.

4. 2. 3. 2. Sprint

La mesure est réalisée 3 fois, toujours à des fins statistiques et afin que le sujet puisse réaliser son meilleur temps. Entre chaque mesure, nous avons laissé 5 minutes de récupération au sujet, car le sprint sur 50 mètres sollicite la filière anaérobie alactique, et est donc ainsi un effort très intense et explosif. Le sujet se place sur la ligne de départ, en position debout avec une jambe devant l'autre, celle avec laquelle il se sent le plus à l'aise. L'examineur est au niveau de la ligne d'arrivée avec le chronomètre à main. La consigne est énoncée distinctement et pareillement à tous les sujets comme ci-dessous, et répétée à chaque mesure.

Consigne : « Au signal, parcourez la distance jusqu'à moi le plus rapidement possible ».

Afin de limiter les faux départs et un trop important temps de réaction lors de la mesure, le signal de départ est donné comme tel : l'examineur s'assure que le sprinteur est prêt, puis lève le bras à la verticale durant 2 secondes, l'abaisse à mi-hauteur durant 2 secondes, et enfin l'abaisse le long de son corps, déclenchant à ce moment le chronomètre à main et signalant ainsi au sujet le départ du sprint. L'examineur arrête le chronomètre lorsque le sujet arrive à sa hauteur. Ceci étant plus une simple précaution que réellement utile, car le temps de réaction ne correspond pas à la variable mécanique qu'est la force, étudiée ici, et des études ont démontré qu'il n'a aucune incidence significative sur la performance en sprint [3, 5, 14], même si le temps de couplage neuromusculaire qu'il impose (entre 110 à 200ms) augmente le temps final [3, 5]. De plus, contrairement à certaines idées reçues, le temps de réaction n'est pas entraînable en soi, la vitesse de propagation de l'influx nerveux étant une constante. En revanche, c'est le traitement de l'information qui peut être amélioré avec l'expérience, à tel point que certaines actions deviennent des réflexes. Mais comme nous n'avons à faire ici qu'avec des novices, la différence entre la performance au sprint de chacun ne peut être liée en aucun cas au temps de réaction propre à chacun.

4. 3. Matériel utilisé

Afin de mesurer la force des triceps suraux des sujets, nous avons utilisé un dynamomètre de la marque DYNATRAC, équipé d'un capteur de 400 kilogrammes, ce qui est largement suffisant pour la mesure de la force des triceps suraux, relié à un appareil de mesure (fig. 8).



Figure 8: Dynamomètre DYNATRAC

Concernant les prises de mesure du temps lors du sprint, nous avons utilisé un chronomètre électronique digital de la marque SPORT TIMER, qui possède une précision de l'ordre du centième de seconde près (fig. 9).



Figure 9 : Chronomètre SPORT TIMER

4. 4. Méthode statistique

Notre étude cherche donc à déterminer s'il existe une corrélation entre deux variables, à savoir la force des triceps d'une part, et le temps écoulé lors du sprint d'autre part, et plus particulièrement à montrer que plus grande est la variable « force », et plus petite est la variable

« temps ». Pour cela, nous avons rentré toutes les valeurs dans un tableur, que nous avons modélisé sous forme de six graphiques à nuage de points :

- un graphique représentant la moyenne de toutes les mesures de force en fonction de la moyenne de toutes les mesures de temps, hommes et femmes réunis.
- un graphique représentant la moyenne de toutes les mesures de force en fonction de la moyenne de toutes les mesures de temps, hommes seulement.
- un graphique représentant la moyenne de toutes les mesures de force en fonction de la moyenne de toutes les mesures de temps, femmes seulement.
- un graphique représentant la moyenne des mesures maximales de force droite et gauche en fonction de la mesure minimale de temps, hommes et femmes réunis.
- un graphique représentant la moyenne des mesures maximales de force droite et gauche en fonction de la mesure minimale de temps, hommes seulement.
- un graphique représentant la moyenne des mesures maximales de force droite et gauche en fonction de la mesure minimale de temps, femmes seulement.

Pour chaque graphique, nous avons tracé la courbe de tendance de leur nuage de points respectifs. Nous avons enfin calculé les coefficients de corrélation r de chacune de ces courbes et les avons reportés dans une table de Pearson afin de les comparer avec une valeur seuil représentant le risque d'incertitude de l'étude. Si le coefficient dépasse le seuil, le risque sera donc de 5%. De plus, plus le coefficient de corrélation est proche de 1 en valeur absolue (soit 1 ou -1), et plus la corrélation entre les deux variables sera forte.

5. RESULTATS

Nous ne présenterons ici que les graphiques comparant les moyennes des mesures de force et de temps, par souci tout d'abord de lisibilité, et aussi parce que ce sont les résultats les plus significatifs. Les valeurs correspondantes du tableur seront en annexe (ANNEXE III).

Apparaissent sur chaque graphique l'équation de la courbe, sous la forme $y = ax + b$, ainsi que le coefficient de détermination, noté R^2 , qui n'est autre que le carré du coefficient de corrélation, noté r .

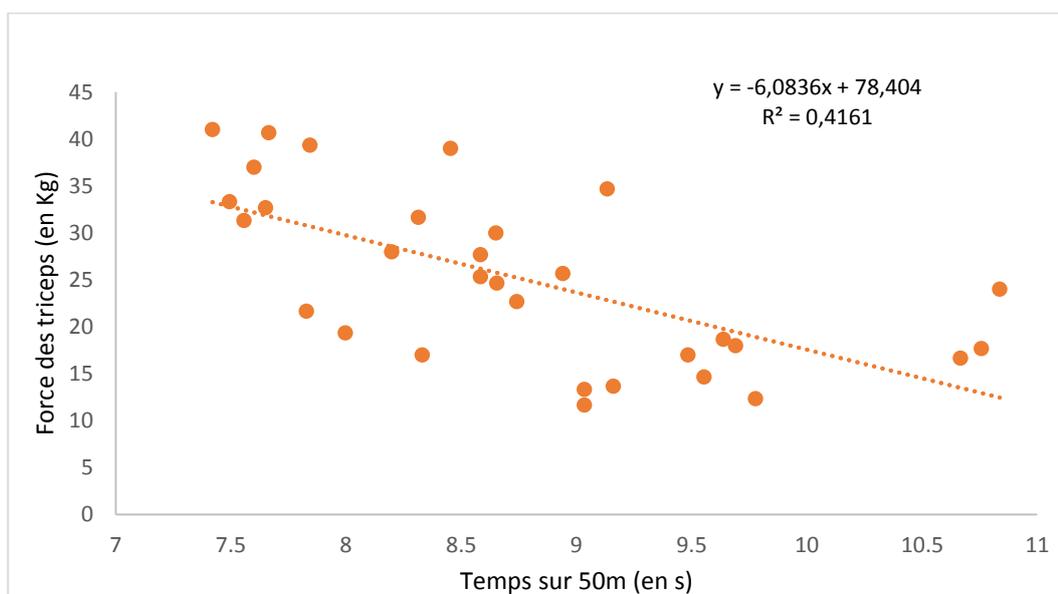


Figure 10 : Moyennes des mesures de force des triceps en fonction des moyennes des mesures de temps

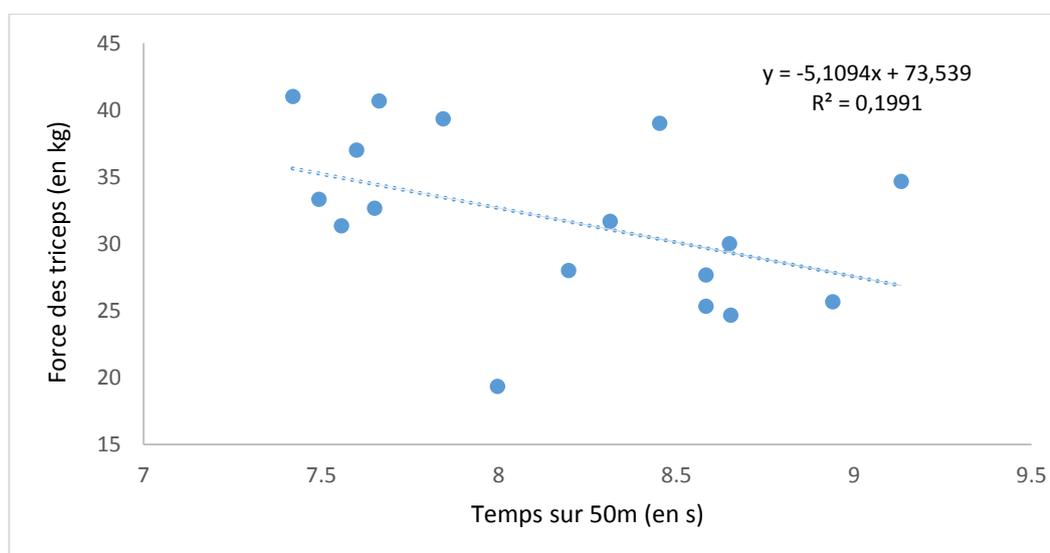


Figure 11 : Moyennes des mesures de force en fonction des moyennes des mesures de temps chez les hommes

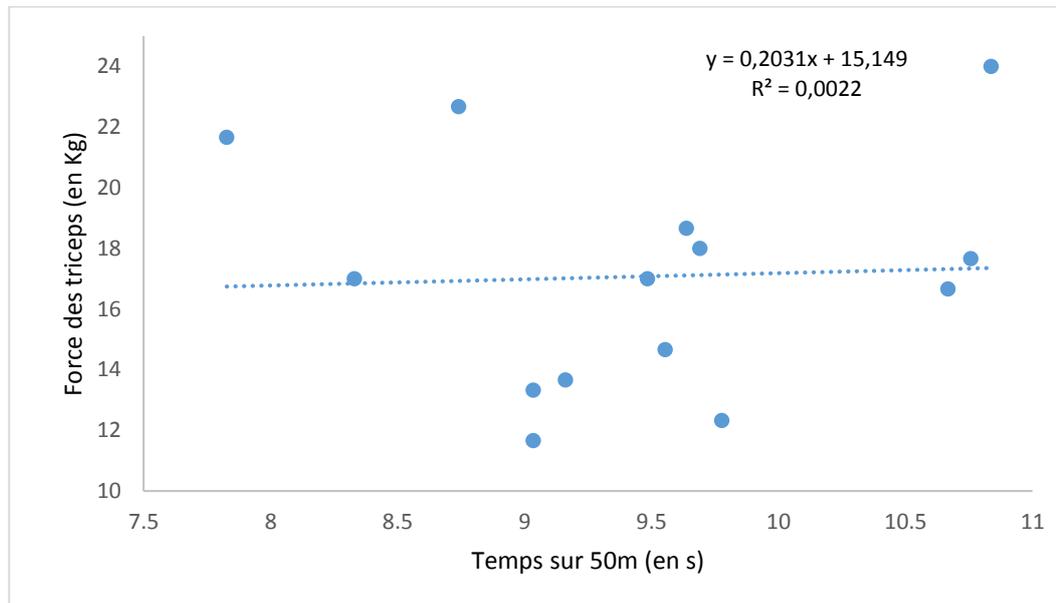


Figure 12 : Moyennes des mesures de force en fonction des moyennes des mesures de temps chez les femmes

Sur le premier graphique (fig. 10), on constate tout d'abord la tendance de la courbe qui tend à confirmer l'hypothèse initiale, qui était plus la variable force est grande, et plus la variable temps est petite. On remarque également que le coefficient de corrélation r , racine carré de R^2 , vaut $-0,645$, du fait de la tendance de la courbe, ce qui correspond à une forte corrélation car comprise entre $-0,5$ et -1 . Mais, comme nous savons qu'en moyenne les jeunes hommes courent plus vite que les jeunes femmes [2], nous avons donc pris en compte les deux catégories indépendamment (fig. 11 et fig. 12).

Dès lors, on remarque tout d'abord que chez les Hommes, on retrouve la tendance décroissante de la courbe, mais que les deux variables « force » et « temps » sont bien moins corrélées ($r = -0,446$).

Par contre, chez les Femmes, la courbe devient légèrement croissante, ce qui ne correspond plus à l'hypothèse initiale. De plus, on remarque que $r = 0,047$, ce qui est très proche de 0, valeur signifiant qu'il n'y a aucune corrélation.

6. DISCUSSION

6. 1. À propos du protocole

Une des limites de cette étude est tout d'abord le nombre de sujets. En effet, le faible nombre (31) de participants à cette étude, surtout en séparant hommes et femmes (respectivement 17 et 14), nous empêche d'obtenir une réelle significativité, car les valeurs extrêmes dans chacune des deux catégories ne sont du coup pas « amorties » par les autres valeurs, proches de la courbe. Et ce malgré le fait que, si on observe de plus près, il n'y a chez les hommes qu'un point vraiment très éloigné de la courbe ($x = 8$, $y = 19,3$), ce qui pourrait expliquer une plus forte corrélation chez ces derniers que chez les femmes, où nous retrouvons une dispersion des sujets beaucoup plus disparate.

Ensuite, concernant le protocole en lui-même, la mesure en premier lieu de la force des triceps ne se base sur aucun protocole décrit dans la littérature. En effet, le protocole décrit ici ne s'est appuyé que sur les connaissances anatomiques et cinésiologiques de la cheville et du triceps sural, ainsi que du matériel mis à disposition. En aucun cas il ne relève donc d'un moyen de mesure optimal pour la force de ces muscles, bien qu'il se trouve être cohérent en soi. De plus, à la lecture du tableau statistique, on remarque qu'en moyenne, et ce que ce soit pour le triceps droit ou gauche, les sujets ont développé une meilleure force au 2^{ème} essai qu'au 1^{er} essai, et une meilleure force au 3^{ème} essai qu'au 2^{ème} essai. Ceci laisse suggérer que le muscle avait peut-être besoin d'un échauffement préalable avant la mesure, mais cela est vraiment discutable, d'autant que les triceps sont sollicités lors de la marche, action débutée bien avant la mesure. Par conséquent, cette augmentation croissante de la force d'un triceps à chaque mesure ne peut s'expliquer que par la difficulté pour certains sujets à réaliser exactement le geste demandé, ce qui laisse suggérer en fait un temps d'adaptation propre à chacun, et occasionner ainsi un éventuel biais de ce protocole de mesure. Par ailleurs, lors de la mesure, nous avons pu constater, aux dires de certains sujets, que le geste à réaliser, en suivant la consigne à la lettre, n'était pas si simple.

De plus, cette mesure de force des triceps suraux a été réalisée selon un mode concentrique, et en décharge, ce qui n'est pas représentatif du mode de contraction et de

l'activité des triceps suraux lors d'un sprint, où ceux-ci travaillent dans tous les modes de contraction, et surtout en charge. Il aurait donc été intéressant de savoir si l'on retrouve une différence significative entre la prise de mesure de la force de cette façon et dans une situation qui reproduit l'effort réel.

Concernant le sprint, nous constatons tout d'abord, à la lecture du tableau statistique, que les performances lors de chaque essai sont assez indépendantes, ce qui laisse suggérer que le temps de repos entre chaque sprint est suffisant et pas trop long non plus, et que l'échauffement est également bien réalisé par les sujets. Lors de celui-ci, nous avons fait le choix d'y inclure des étirements. Comme expliqué, il est préférable d'utiliser ce type d'étirements (ERAMT) que des étirements passifs, mais aucune étude ne démontre réellement si faire des étirements, ou pas, améliore de manière significative les performances du sprint sur 50m.

Ensuite, nous avons défini la position de départ du sprint debout avec une jambe devant l'autre. A vrai dire, l'utilisation des starting-blocks permet une meilleure utilisation des extenseurs des membres inférieurs, notamment des quadriceps, et produit ainsi des départs plus explosifs. Il n'y a qu'à voir les athlètes les utiliser pour l'admettre. Par conséquent, leur absence dans cette étude a pu légèrement impacter la performance en sprint de tous nos sujets, mais de la même façon pour tout le monde. Ainsi, cela n'a pas pu être un biais dans l'établissement d'une éventuelle corrélation avec la force de leurs triceps suraux.

Enfin, nous allons évidemment mettre en cause le matériel utilisé. Tout d'abord concernant la prise de mesure des triceps suraux, le dynamomètre est néanmoins un bon outil de mesure de la force musculaire maximale, même si la plupart des études, au vue de la technologie, utilise soit du matériel d'isocinétisme, soit mesure la force grâce à des bicyclettes ergométriques, pour analyser la force et la puissance développées par les muscles des membres inférieurs. Par contre, l'utilisation d'un chronomètre à main, bien que celui-ci possède une précision de l'ordre du centième de seconde, est discutable, car l'utilisation d'un chronomètre à cellules photoélectriques est nettement plus fiable à tout point de vue, et bien plus adaptée à la situation.

6. 2. À propos des paramètres internes

Par paramètres internes, nous entendons ici parler des paramètres intrinsèques à chaque sujet, paramètres qui pourraient en partie expliquer les résultats obtenus.

Tout d'abord, l'importance de l'action des autres muscles des membres inférieurs, notamment des ischio-jambiers et des grands fessiers. Comme vu en introduction, les muscles de la chaîne postérieure sont les principaux moteurs lors du sprint [6, 7, 8]. Nous avons dans cette étude fait le choix de ne comparer à la performance en sprint que la force des triceps suraux, mais il semble évident que les autres muscles de la chaîne jouent également un rôle important et que, sans affirmer ni infirmer l'hypothèse de départ, ces muscles, ainsi que les autres (quadriceps, ilio-psoas, adducteurs et abducteurs de hanche, tibial antérieur), peuvent faire la différence sur le temps final.

Ainsi, même si la quasi-totalité des sujets pratique un sport régulier, une des différences notables entre tous ces individus est en fait le type de sport pratiqué, car celui-ci va conditionner le développement des muscles de chacun. En effet, dans notre tableau statistique, nous avons traduit les différents sports de façon à savoir si ceux-ci sollicitent ou non les triceps suraux. Or, si cela nous renseigne sur la raison du développement des triceps d'un sujet, cette méthode n'explique en aucun cas le développement des autres muscles de l'individu. Autrement dit, nous savons si la force des triceps suraux d'un sujet est en grande partie due ou non au sport qu'il pratique, mais nous ne savons pas si ce sport contribue ou non au développement d'autres muscles, notamment les plus importants lors du sprint.

En poursuivant ce raisonnement, nous pouvons nous interroger sur le fait que ceux qui pratiquent un sport comportant du sprint (tels que les sports collectifs avec ballons) sont indéniablement avantagés par rapport à ceux qui pratiquent un sport n'en comportant pas, bien que les deux triceps suraux soient sollicités (tel que l'escalade par exemple). En effet, ces sujets n'ont jamais développé une certaine technique de course, contrairement aux autres, bien qu'eux-mêmes ne pratiquent pas l'athlétisme en compétition.

De plus, nous avons jusqu'ici ignoré l'apport des muscles du tronc (abdominaux et spinaux) ainsi que les mouvements des bras, qui servent notamment au bon équilibre de la course, mais il est possible que cela renforce la différence entre ceux qui utilisent le sprint dans leur sport et les autres.

Ensuite, nous avons pris en compte les paramètres de poids et taille de chacun et calculé leur IMC. D'après l'étude de L. Cunha and al [2], la taille et le poids des coureurs ne sont pas des paramètres de prédiction de la performance en sprint. Mais cela ne veut pas dire qu'ils ne participent pas à cette performance. Ainsi, nous avons utilisé la même méthode que précédemment pour voir s'il existe une corrélation entre l'IMC de nos sujets et leur performance sur 50m. Nous avons obtenu des courbes croissantes, c'est-à-dire que plus l'IMC est important et plus le temps est élevé, ainsi que des coefficients de corrélation qui sont $r = 0,119$ pour les hommes et $r = 0,522$ pour les femmes. Ces deux résultats sont représentés sur les graphiques en annexe (ANNEXE IV).

On constate donc que chez les hommes, r étant proche de 0, il n'y a pas vraiment de corrélation. Chez les femmes, en revanche, la corrélation semble plus forte, mais nous retrouvons deux valeurs extrêmes qui peuvent fausser ce coefficient. D'autant plus que si nous comparons la moyenne des ratios poids/force (ces deux variables ayant la même unité : le kilogramme) chez les hommes et chez les femmes, nous nous apercevons que chez les hommes, le poids total fait seulement un peu plus du double de la force mesurée (74kg pour 31kg) alors que chez les femmes la différence est de plus du triple (58kg pour 17kg). Ainsi, on peut constater que les IMC élevés des sujets hommes sont en moyenne plus dus à leur force élevée que chez les femmes. En conclusion, nous ne pouvons conclure à une corrélation entre l'IMC et la vitesse, du moins dans cette étude, bien que d'autres études en viennent aux mêmes conclusions à ce sujet, mais chez des athlètes entraînés [5].

Enfin, pour conclure sur ces paramètres intrinsèques, nous pouvons également essayer d'expliquer les différences obtenues simplement par le fait que la faculté de courir vite soit en grande partie innée, et donc que cette faculté regroupe en fait l'ensemble des paramètres cités ci-dessus, et peut-être une éventuelle part de génétique.

6. 3. À propos des paramètres externes

Cette fois, par paramètres externes, nous entendons ici parler des paramètres extrinsèques à chaque sujet, paramètres qui pourraient également expliquer les résultats obtenus.

Tout d'abord, nous pouvons considérer ici l'influence de la météo comme un biais possible. En effet, la prise de mesure du sprint n'a pas été réalisée le même jour pour chaque coureur. Même si les conditions étaient semblables, il est impossible d'affirmer qu'elles étaient les mêmes. Les légères différences de température externe, de pourcentage d'humidité dans l'air ainsi que de vitesse et de direction du vent pouvaient par conséquent plus ou moins influencer la performance de chaque sujet.

Ensuite, l'équipement, propre à chaque coureur, pouvait également jouer un rôle dans le sprint. Chaque sujet s'étant habillé de façon similaire préalablement, c'est-à-dire en tenue de sport, et non ample, nous pouvons donc négliger les habits de chacun d'entre eux comme étant un biais éventuel. Par contre, ils avaient chacun leur propre paire de chaussures. Lors d'une course, les chaussures de sport ont pour rôle majeur de protéger au mieux des blessures et d'atténuer le potentiel néfaste des forces, notamment celle de réaction au sol [1]. Ces chaussures sont en forte interaction avec le sol. Comme ce dernier était le même pour tous, c'est donc bien des chaussures que viendra la différence pour chaque coureur dans leur approche entre les pieds et le sol. Des études ont montré que le port de chaussures rigides augmenterait les performances lors d'un sprint [16], et que plus les semelles des chaussures étaient épaisses (ou bien plus le sol était amortissant), et plus le temps lors d'un sprint serait augmenté [13, 17].

7. CONCLUSION

Les résultats de notre étude nous montrent ainsi qu'à elle seule, la force des triceps suraux ne semble pas déterminante de la performance en sprint, et ne peut donc pas être considérée comme une valeur prédictive de l'épreuve.

Cependant, il est indéniable qu'elle y contribue fortement, mais plusieurs autres paramètres sont également à prendre en compte, tels que le ratio poids/puissance, la force des autres muscles de la chaîne postérieure des membres inférieurs, la technique de course utilisée par le sujet, en partie conditionnée par le type de sport pratiqué, et le type de chaussures porté

lors du sprint. La vitesse lors d'un sprint sur 50m est donc conditionnée essentiellement par ces paramètres, ajoutée à cela une certaine part, plus ou moins importante, de génétique.

Toutefois, les défauts du protocole établi tels que la population choisie, les conditions des prises de mesure et le matériel utilisé ne nous permettent pas de conclure sur l'importance du triceps dans le sprint, et l'apport de la force de celui-ci dans le sprint par rapport aux autres paramètres.

Nous pouvons donc nous interroger sur les conclusions de cette même étude au sein d'athlètes pratiquant le sprint en compétition, et avec un matériel plus adéquat.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Novacheck TF. The biomechanics of running. *Gait Posture* 1998 ; 7 : 77–95.
- [2] L. Cunha, J. Ribeiro, O. Fernandes, M.J. Valamatos, M.J. Valamatos, R. Pinto, P. Santos. The relationships between sprint run and strength parameters in young athletes and non-athletes. XXV ISBS Symposium 2007, Ouro Preto-Brazil.
- [3] Mero A, Komi PV, Gregor RJ. Biomechanics of sprint running. *Sports Med* 1992 ; 13 : 376-92.
- [4] Morin J-B, Belli A. Facteurs mécaniques de la performance en sprint sur 100 m chez des athlètes entraînés. *Science & Sports* 18, 2003 ; 161-163.
- [5] Morin J-B, Hintzy F, Belli A, Grappe F. Relations force-vitesse et performances en sprint chez des athlètes entraînés. *Science & Sports* 2002 ; 17 : 78-85.
- [6] Kyröläinen H1, Avela J, Komi PV. Changes in muscle activity with increasing running speed. *JSports Sci Oct* 2005.
- [7] Tim W. Dorn, Anthony G. Schache and Marcus G. Pandy. Muscular strategy shift in human running : dependance of running speed on hip and ankle muscle performance. *J. Exp. Biol* Feb 2012.
- [8] Schache AG1, Dorn TW, Blanch PD, Brown NA, Pandy MG. Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting. *Med Sci Sports Exerc* Apr 2012.

- [9] Dufour M. Anatomie de l'appareil locomoteur. Tome 1, membre inférieur, 2^{ème} éd. Paris : Masson ; 2007, p. 330-337.
- [10] Nicola T, Jewison D. The Anatomy and Biomechanics of Running. Clin Sports Med 31 2012 ; 187-201.
- [11] Dugan S, Bhat K. Biomechanics and analysis of running gait. Physical medicine and rehabilitation clinics of North America, 2005, vol. 16, n°3 : p. 603-621.
- [12] Ounpuu S. The biomechanics of walking and running. Clin Sport Med 1994 ; 13(4) : 843-63.
- [13] Viel E. La marche humaine, la course et le saut. Biomécanique, explorations, normes et dysfonctionnements. Paris : Masson ; 2000.
- [14] Delecluse C, Van Coppennolle H, Willems E, Diels R, Goris M, Van Leemputte M, Vuylsteke M. Analysis of 100 meter sprint performance as a multi-dimensional skill. Journal of Human Movement Studies 1995 ; 28 : 87-101.
- [15] Rey S, Vaillant J, Hugonnard A. Echauffement musculaire : comparaison des effets sur la force musculaire des étirements passifs et des étirements actifs raisonnés myotendineux (1^{ère} partie). Kiné Scientifique 2002, 425, p. 41-51.
- [16] Stefanyshyn D, Fusco C. Increased Shoe Bending Stiffness Increases Sprint Performance. Sports Biomechanics Vol.3 (1) 55-66.
- [17] Lacouture P, Colloud F, Decatoire A, Monnet T. Etude biomécanique de la course à pied. Masson ; 2013.

Pour en savoir plus :

<http://www.superphysique.org/articles/4245>

http://grasland.script.univ-paris-diderot.fr/STAT98/stat98_6/stat98_6.htm

ANNEXES

Annexe I :

Anatomie du triceps sural.

Annexe II :

Formulaire de consentement éclairé.

Annexe III :

Tableau statistique.

Annexe IV :

**Graphiques de corrélation entre l'IMC et le temps écoulé sur
50m.**

Annexe I :

Anatomie du triceps sural.

Calf Muscles



Annexe II :

Formulaire de consentement éclairé.

Nom :

Date :

Prénom :

Je participe volontairement et librement à l'étude « L'impact de la force des triceps suraux dans le sprint », proposée par Flavien Osty, étudiant en 3^{ème} année à l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Nancy en vue de l'obtention du diplôme d'état de masseur-kinésithérapeute.

J'ai disposé d'un moment de réflexion suffisant pour prendre ma décision.

Je certifie avoir pris connaissance des informations orales et écrites concernant les modalités du protocole et du déroulement de l'étude.

J'ai eu la possibilité de poser des questions et d'avoir des renseignements qui me semblaient utiles à la compréhension de l'étude et j'ai obtenu des réponses claires et précises.

Je suis conscient que je peux me retirer de cette étude sans avoir à donner de justification et sans en supporter aucune conséquence.

Tous les renseignements et données qui me concernent resteront anonymes.

Je pourrai demander à tout moment des informations complémentaires à l'investigateur si nécessaire.

Signature du volontaire, précédée de la mention « lu et approuvé »

Annexe III :

Tableau statistique.

Sujets Hommes (n = 17)

moyn	9,1333	8,94	8,1966	7,42	7,9966	7,5566	7,4933	7,65	7,8433	8,65	8,3133	8,5833	8,5833	8,6533	8,4533	7,6	7,6633
tempss	33333	894	66667	742	66667	66667	33333	33333	33333	33333	33333	33333	33333	33333	33333	76	33333
temp1	9,09	8,91	8,25	7,5	7,84	7,6	7,73	7,93	8,56	8,37	8,44	8,5	8,55	8,43	7,59	7,71	41,333
temp2	9	8,75	8,12	7,48	8,01	7,51	7,39	7,36	7,75	8,68	8,29	8,59	8,63	8,66	8,32	7,75	33,333
temp3	9,31	9,16	8,22	7,28	8,14	7,56	7,43	7,86	7,85	8,71	8,28	8,72	8,62	8,65	8,61	7,46	7,72
force G	37,333	26	26,666	44	18	30	32	32	40	30	30,666	23,333	26,666	26	37,333	34	41,333
force D	32	25,333	29,333	38	20,666	32,666	34,666	33,333	38,666	30	32,666	27,333	28,666	23,333	40,666	40	40
force3 G	36	30	30	48	22	32	34	32	44	30	28	28	28	28	42	38	46
force2 G	42	26	26	42	20	30	30	30	42	28	34	20	26	24	34	34	40
force1 G	34	22	24	42	12	28	32	34	34	32	30	22	26	26	36	30	38
force3 D	36	26	28	40	22	36	36	36	38	28	32	28	28	26	44	44	44
force2 D	32	28	28	38	20	32	34	30	40	34	32	30	28	22	40	38	40
force1 D	28	22	32	36	20	30	34	34	38	28	34	24	30	22	38	38	36
nb h/sem	2	1	3	5	0,5	3	5	5	4	2	1	0,5	1	4	0	4	1
lateralité	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	2
sport	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	0	2	2
IMC	23,7	24,7	21,2	20,4	20,3	21,4	26	25,6	22,9	23,4	23,7	20,1	20,1	22,5	24,5	20,5	21,7
taille	187	179	175	170	172	187	185	181	187	185	187	174	193	180	184	185	173
poids	83	79	65	59	60	75	89	84	80	80	83	61	75	73	83	70	65
âge	20	20	19	24	19	21	23	19	21	22	19	20	22	20	20	20	21
sexe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
suets	N°5	N°6	N°7	N°9	N°10	N°11	N°15	N°16	N°17	N°18	N°21	N°22	N°23	N°24	N°25	N°27	N°31

Sujets Femmes (n = 14)

sujets	N°1	N°2	N°3	N°4	N°8	N°12	N°13	N°14	N°19	N°20	N°26	N°28	N°29	N°30
sexe	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
âge	19	18	20	18	20	19	19	18	20	22	20	20	21	21
poids	52	57	57	58	59	54	55	68	70	58	54	58	59	56
taille	168	174	170	172	174	164	171	168	165	170	165	173	167	170
IMC	18,4	18,8	19,7	19,6	19,5	20,1	18,8	24,1	25,7	20,1	19,8	19,4	21,2	19,4
latéralité	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1
sport	2	2	2	0	1	2	2	3	2	2	2	2	2	2
nb h/sem	3	0,5	3	0	3	3	4	1	1	1	2	3	2	2
force1 D	26	12	12	14	12	10	16	10	28	22	20	18	14	16
force2 D	24	14	12	12	12	18	18	12	24	18	16	20	22	18
force3 D	24	8	14	12	16	16	16	14	30	20	22	22	22	22
moy force D	24,66666667	11,33333333	12,66666667	12,66666667	13,33333333	14,66666667	16,66666667	12	27,33333333	20	19,33333333	20	19,33333333	18,66666667
force1 G	20	14	12	14	22	20	14	12	18	12	18	24	18	14
force2 G	20	14	16	12	20	20	12	14	22	16	12	22	20	18
force3 G	22	8	16	16	20	18	12	12	22	18	12	24	16	20
moy force G	20,66666667	12	14,66666667	14	20,66666667	19,33333333	12,66666667	12,66666667	20,66666667	15,33333333	14	23,33333333	18	17,33333333
moy force D/G	22,66666667	11,66666667	13,66666667	13,33333333	17	17	14,66666667	12,33333333	24	17,66666667	16,66666667	21,66666667	18,66666667	18
temps1	8,75	9,06	9,28	9,1	8,4	9,41	9,59	9,28	10,85	10,87	10,78	7,89	9,34	10,19
temps2	8,91	9,16	9,07	8,81	8,4	9,61	9,43	9,88	10,78	10,72	10,53	7,84	9,47	9,44
temps3	8,56	8,88	9,13	9,19	8,19	9,43	9,64	10,17	10,88	10,68	10,69	7,75	10,1	9,44
moy temps	8,74	9,03333333	9,16	9,03333333	8,33	9,48333333	9,55333333	9,77666667	10,83666667	10,75666667	10,66666667	7,82666667	9,63666667	9,69

Signification des valeurs du tableau statistique :

Sexe : 1 = Homme.
2 = Femme.

Latéralité : 1 = Droite.
2 = Gauche.

Sport :
0 = Ne pratique aucun sport.
1 = Pratique un sport qui privilégie unilatéralement un triceps sural.
2 = Pratique un sport qui sollicite bilatéralement les deux triceps suraux.
3 = Pratique un sport ne sollicitant peu ou pas les triceps suraux.

Force :
Le numéro correspond à l'essai de la mesure (ex : Force 1 = Premier essai).
La lettre correspond au triceps sural Droit ou Gauche.

Temps :
Le numéro correspond à l'essai du sprint (ex : Temps 1 = Premier sprint).

Moy = Moyenne.

Annexe IV :

Graphiques de corrélation entre l'IMC et le temps écoulé sur 50m.

