

MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME UNIVERSITAIRE
EN OSTEOPATHIE DU SPORT

ANALYSES THEORIQUE ET PRATIQUE
DES ISCHIO-JAMBIERS CHEZ LE
SPRINTEUR DU 100M. APPORT DE
L'OSTEOPATHIE DANS LE PROJET DE
PERFORMANCE. OBSERVATION AU
NIVEAU NATIONALE 2

MEMOIRE REALISE PAR :
SOUBEYRAND ROMAIN

TUTEUR DE MEMOIRE : LAURENT LEBRAS
TUTEUR DE STAGE : ROBERT PAUGET

MEMOIRE SOUTENU LE 12 OCTOBRE 2012

UNIVERSITE DE BREST OCCIDENTALE

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012

RESUME

REFERENCE : SOUBEYRAND, Romain ; *Analyses théorique et pratique des ischio-jambiers chez le sprinteur de 100m. Apport de l'ostéopathie dans le projet de performance. Observation au niveau nationale 2.*

OBJECTIFS : Comprendre comment sont sollicités les ischio-jambiers chez les sprinteurs (phase de course, de récupération, ...) et comment l'ostéopathe peut appliquer ses connaissances pour aider au bon fonctionnement de ces muscles.

METHODOLOGIE : Nous avons recruté dix sprinteurs issus des clubs EAB et AEA. Nous avons fait une analyse anatomique, physiologique et biomécanique des ischio-jambiers. Nous avons effectué une analyse posturale de chaque sprinteur et essayé de comprendre l'influence qu'elle pouvait avoir sur les ischio-jambiers. Nous avons également essayé de comprendre comment les étirements étaient perçus et utilisés. L'ostéopathie permet, quant à elle, de libérer les structures anatomiques de l'unité fonctionnelle inférieure (du pied à la troisième lombaire) afin de maximaliser la mobilité et le fonctionnement des ischio-jambiers.

RESULTATS : L'analyse posturale révèle que l'affaissement de l'arche interne du pied a une influence sur la tension des ischio-jambiers et sur la position du bassin, la mise en tension des ischio-jambiers s'accompagnant d'une antéversion du bassin. En comparant l'attitude de nos sujets aux données de la littérature scientifique, nous mettons en évidence que les étirements ne sont pas utilisés de façon optimale pour la performance sportive.

CONCLUSION : Tant l'approche holistique de l'ostéopathie que la connaissance du sprinteur dans son ensemble (anatomie, biomécanique) permettent de mettre en évidence plusieurs facteurs susceptibles d'influencer la performance (rapport IJ :Q, étirement, posture). L'abord posturologique, et plus précisément le récepteur podal, se révèle fondamental, car, en plus d'avoir un impact sur les ischio-jambiers (via les adaptations), il influe sur le maintien de la vitesse de course. La connaissance et la compréhension des étirements sont essentielles à leur bonne utilisation afin d'en maximiser les effets (gain d'amplitude articulaire, élasticité).

MOTS CLES : *ischio-jambiers, sprint, ostéopathie, étirements, posture*

SOMMAIRE

1.Introduction.....	1
2.Problématique professionnelle	3
2.1. Biomécanique de la course	3
2.1.1. Analyse	3
2.1.2. Phase d'appui	4
2.1.3. Phase de suspension	6
2.1.4. Travail spécifique des ischio-jambiers	6
2.1.5. Evolution de la foulée lors du 100m	7
2.2. Les ischio-jambiers	8
2.3. Notion de rapport de force	10
3.Intervention Ostéopathique.....	11
3.1. Approche posturale	11
3.2. Approche des étirements	13
3.3. Consultation ostéopathique	13
4.Matériel et méthode	13
4.1. Population	13
4.2. Critères d'inclusion	14
4.3. Critères d'exclusion	14
4.4. Techniques utilisées	14
5.Résultats.....	14
5.1. Troubles posturaux	14
5.2. Utilisation des étirements	15
6.Discussion.....	15
6.1. Effets de la posture sur les ischio-jambiers	15
6.2. Effets des techniques ostéopathiques	20
6.2.1. Techniques Structurelles	20
6.2.2. Techniques Fasciales	21
6.3. Utilisation optimale des étirements selon la littérature	23
6.4. Conclusion	27
6.5. Ouverture	27
7.Bibliographie	29
8.Table des matières	34
9.Table des figures	35

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon tuteur, Laurent Lebras pour son implication et ses précieux conseils dans la réalisation de cette étude.

Un grand merci à tous les athlètes et à leur entraîneur, Robert Pauget pour leur participation à cette étude

1. INTRODUCTION

Le dimanche 5 août 2012 s'est déroulée la finale du 100m (athlétisme) masculin des jeux olympiques de Londres. Cette course, visionnée par plus d'un milliard de téléspectateurs, oppose les hommes les plus rapides de la planète et constitue l'évènement majeur des JO, et ce, depuis de nombreuses olympiades.

En 1968, Jim Hines est le premier sprinteur à descendre sous la barre des 10 secondes avec un temps de 9,95 secondes. Les différentes évolutions en matière d'entraînement, de matériel sportif, de préparation (et un énorme potentiel !) ont permis à Usain Bolt de s'approcher des 9,50 secondes avec un record du monde de 9,58s lors de la finale des championnats du monde de Berlin en 2009 (L'EQUIPE, 2009).

L'athlétisme est un sport qui demande perpétuellement de flirter avec ses limites corporelles afin d'obtenir la meilleure performance possible, ce pourquoi tout ce qui gravite autour de l'athlète a évolué. Des méthodes d'entraînement spécifiques, une préparation physique adaptée, un staff médical de plus en plus complet font partie intégrante de l'accompagnement du sprinteur.

En particulier, la préparation des différents groupes musculaires a pris une importance capitale dans la pratique sportive de haut niveau. En effet, chaque muscle recevant un travail spécifique, la fonction et l'utilisation d'un muscle diffèrent d'un autre pendant la course.

Malgré toutes ces évolutions, les limites corporelles et psychologiques restent souvent les derniers freins à l'amélioration des performances. Lorsque celles-ci sont dépassées, l'organisme ne peut plus répondre à la sollicitation, et une blessure apparaît dans la plupart des cas. Chez les sprinteurs, et notamment sur un 100m, l'énergie déployée par le système musculaire est parfois si grande que le muscle lui-même ne peut pas suivre et peut se produire, alors, une élongation, voire une déchirure. Cette lésion constitue le cauchemar des athlètes et des entraîneurs car les délais de récupération sont très longs (plusieurs semaines). La principale victime est très souvent le groupe musculaire des ischio-jambiers, notamment dans le sprint (LIU, 2007) (THOMPSON, 2000). Nombre d'images sportives montrent des sprinteurs prendre leur départ, s'arrêter quelques mètres plus loin en se tenant l'arrière de la cuisse. Dans la majorité des cas, le diagnostic posé est une déchirure (plus ou moins importante) des ischio-jambiers. Jöhagen précise que les blessures surviennent le plus souvent au cours du printemps et de l'été (période de préparation et de compétition (JOHAGEN & NEMETH, 1994).

Malgré l'évolution des techniques de préparation, de renforcement musculaire et d'entraînement, beaucoup de sprinteurs restent concernés par ces lésions musculaires. La littérature a mis en avant certains facteurs favorisant l'apparition des lésions des ischio-jambiers. La fatigue musculaire, la dysbalance musculaire entre le quadriceps et les ischio-jambiers (rapport IJ/Q), la raideur musculaire, des étirements mal conduits, un échauffement insuffisant, des antécédents de lésions musculaires sont des causes connues (CLARK, OPAR, WILLIAMS, & SHIELD, 2012), (WORREL, 1994), (DORMAN, 1971), (HEISER, WEBER, & SULLIVAN, 1984).

Au travers de cette étude, nous avons essayé de comprendre comment sont sollicités les ischio-jambiers chez le sprinteur.

Dans une première partie, nous définissons notre contexte d'observation tout en faisant un rappel de la biomécanique de la course. La mise en action et le rôle des ischio-jambiers sont définis dans chaque phase. Une description anatomique et biomécanique des ischio-jambiers est également présente.

Une approche ostéopathique est abordée dans la deuxième partie. Elle est basée sur l'observation posturale, en particulier du capteur podal. Nous voyons comment les troubles podaux peuvent avoir une influence sur les ischio-jambiers et sur la course. Pour ce faire, nous observons les sprinteurs dans leur gestuelle de compétition et en situation de course de vitesse.

Notre protocole est développé dans les troisième et quatrième parties. Pour cela, nous observons les athlètes pendant leur activité. Les qualités musculaires (**contraction, relâchement, élasticité**) influencent fondamentalement la notion de performance mais aussi l'aspect lésionnel. Un muscle mal préparé et manquant de ces « qualités » sera plus vulnérable aux blessures. A partir de la littérature, nous analysons la façon optimale d'utiliser les étirements car nous supposons que, mal compris ou mal conduits, ils sont souvent à l'origine de certaines lésions musculaires des ischio-jambiers.

Notre étude concerne dix sprinteurs des clubs de l'Entente Athlétique Bressanes (sept) et de l'Ain Est Athlétisme (trois). Le niveau des différents participants est plutôt homogène car la plupart participe aux championnats de France élite, junior ou cadet 2012. Nous les observons dans différents environnements : au cours de simples entraînements, lors d'un stage préparatoire (Stage Elite Ain 2012) et de compétitions officielles (Interclubs N2, Tour 1 et 2 ; Meeting LARA 2012).

2. PROBLEMATIQUE PROFESSIONNELLE

2.1. BIOMECANIQUE DE LA COURSE

2.1.1. ANALYSE

Nous consacrons cette partie à l'analyse de la foulée du sprinteur. Afin de comprendre comment il peut avoir un impact sur les ischio-jambiers, l'ostéopathe se doit de savoir comment ils sont sollicités lors du sprint. Les notions de foulées, de phase d'appui et de suspension en rapport avec les ischio-jambiers sont ici abordées.

La foulée se définit comme la succession d'une phase d'appui et d'une phase de suspension. Deux foulées constituent un cycle et chaque foulée possède une amplitude comprise entre 2m et 2,60m (BENMANSOUR, 2008). L'analyse mécanique de la foulée permet de définir un diagramme nommé *poulaine*.

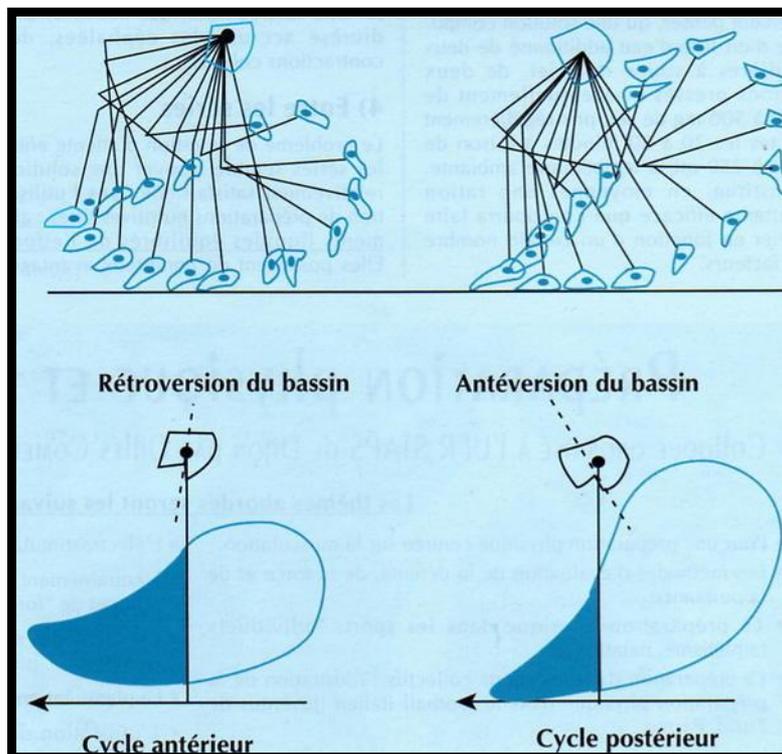


Figure 1: Schémas de la poulaine

Le diagramme « poulaine » varie selon le cycle utilisé par le sprinteur, à savoir avant ou arrière. Les experts se tournent plus vers un cycle avant, avec un bassin en rétroversion (figure de gauche). C'est le cas, notamment, d'Usain Bolt.



Figure 2: Usain Bolt, bassin en rétroversion (Finale JO Londres 2012)

Cette première adaptation va, en partie, être assurée par le travail des ischio-jambiers (raccourcissement) qui possèdent un rôle stabilisateur du bassin.

Nous allons maintenant analyser les deux phases de la foulée.

2.1.2. PHASE D'APPUI

Débutant par une **phase d'amortissement**, elle se déroule entre le premier appui de la plante du pied et se termine lorsque la projection du centre de gravité du sprinteur est à la verticale de l'appui. Ici, les ischio-jambiers participent à la stabilité du genou, en limitant le glissement antérieur du tibia sous le fémur provoqué par la contraction violente du quadriceps. C'est cette contraction réflexe des ischio-jambiers qui empêche l'extension complète du genou. Lors de cette phase, les muscles stabilisateurs jouent un rôle fondamental dans le maintien des articulations de la hanche et du genou. Au moment de la prise de contact plante du pied/sol, les ischio-jambiers sont en position d'étirement quasi maximal. A très haut niveau, cette phase n'existe pas car le membre inférieur est en extension complète au moment du contact avec le sol, avec un bassin à la verticale, ce qui sollicite encore plus les ischio-jambiers. Ils vont, en effet, subir une contraction violente et très rapide.



Figure 3: Phase d'amortissement d'Usain Bolt

Ensuite une **phase de soutien** a lieu lorsque le centre de gravité est à l'aplomb de l'appui. Les ischio-jambiers se contractent alors pour ramener le membre inférieur en arrière et permettre le passage en avant du segment libre. Leur rôle stabilisateur du bassin et du genou est maintenu durant cette phase.

Enfin, une **phase de poussée** qui se termine lorsque le pied quitte le sol pour la phase de suspension. Le membre inférieur controlatéral à l'appui est en avant du membre porteur. Lors de cette phase, les ischio-jambiers sont en « position courte » (car contraction concentrique en ramenant la hanche en extension) et ils passent en étirement maximal lorsque la poussée a lieu (contraction du quadriceps et du triceps sural). Les ischio-jambiers jouent, à nouveau, leur rôle stabilisateur du genou et du bassin.

Tout au long de ces trois phases, le bassin est verrouillé en position haute par le travail **synergique** des ischio-jambiers et des abdominaux. Cette analyse nous montre bien l'activité polymorphique des ischio-jambiers décrite par Aubert (AUBERT, 1997) : une fonction

stabilisatrice pour le genou et pour le bassin et une fonction motrice entre les phases d'amortissement et de soutien.

2.1.3. PHASE DE SUSPENSION

Elle est caractérisée par la présence d'ajustements segmentaires qui permettent au sprinteur de favoriser son **équilibre** et de préparer les actions motrices à venir. Elle se termine lorsque ce dernier reprend contact avec le sol. Usain Bolt passe ainsi en temps cumulé 5,89 secondes en phase de suspension contre 3,69 secondes en phase d'appui (DUVIGNEAU, 2010). Cette donnée peut paraître paradoxale lorsque nous savons que les forces propulsives sont produites au moment du contact avec le sol.

2.1.4. TRAVAIL SPECIFIQUE DES ISCHIO-JAMBIERS

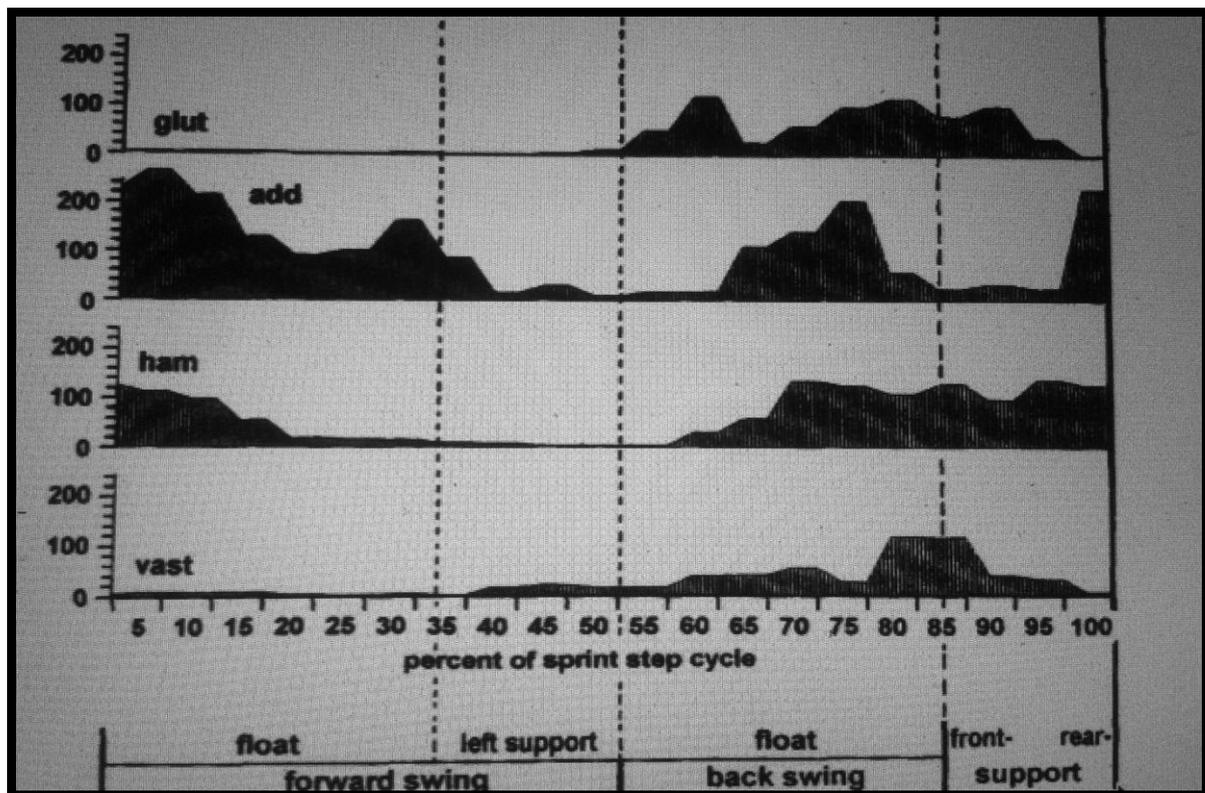


Figure 4: Mise en action des ischio-jambiers lors de la foulée

La figure 4 nous montre l'activité électromyographique des ischio-jambiers lors d'un cycle de course, selon le positionnement du membre inférieur. Nous remarquons que ces muscles ont une activité contractile pendant les 2/3 du cycle de course, ce que confirme Frédéric Aubert (AUBERT, 1997). Klaus Wiemann explique aussi que les ischio-jambiers ont

l'activité la plus longue lors du cycle de course (WIEMANN & TIDOW, 1995) et qu'ils sont au repos uniquement lors de la phase de soutien.

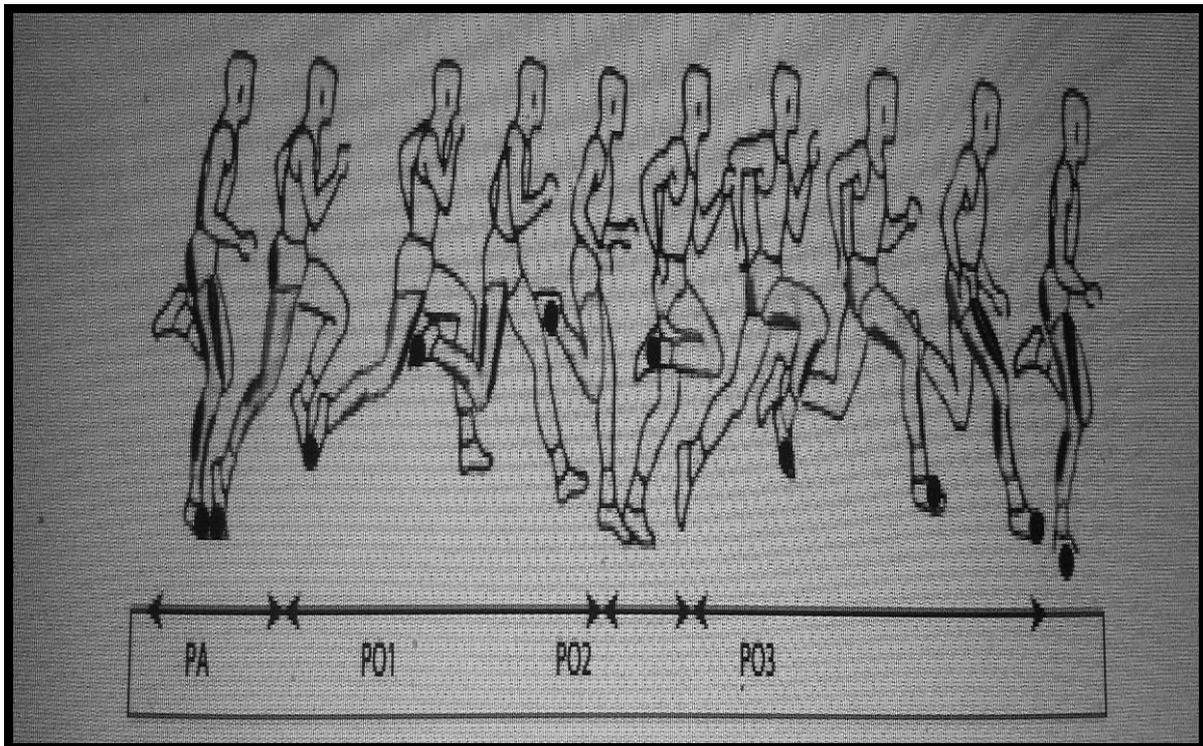


Figure 5: Sollicitation des ischio-jambiers lors de la foulée

La figure 5 explicite l'évolution de la puissance développée par les ischio-jambiers, en fonction du moment du cycle de course. La puissance maximale est atteinte lors de la prise de l'appui en plante (PA) et lorsque le sprinteur ramène le segment jambier en arrière (entre PO1 et PO2).

2.1.5. EVOLUTION DE LA FOULEE LORS DU 100M

Lors des 30 premiers mètres, le sprinteur effectue de grandes foulées afin d'aller chercher loin ses appuis. Entre 30 et 50 mètres, on note une augmentation de la fréquence de la foulée.

Jusqu'à 90 mètres, le sprinteur stabilise l'amplitude de sa foulée et il « déroule » sur les dix derniers mètres.

Comme nous l'avons vu plus haut, l'amplitude de la foulée varie entre 2m et 2,60m. Par exemple, Donovan Bayley avait une amplitude de 2,25m, Ato Boldon une amplitude de 2,15m (ONTANON, 1996). Plus récemment, Jacques Piasenta a effectué une analyse de la foulée d'Usain Bolt. Il possède une amplitude de 2,73m par foulée, effectuant ainsi 41 foulées pour réaliser le 100m. Les deux sprinteurs sus-cités l'effectuaient respectivement en 44 et

46,5 foulées. Il semblerait que plus l'amplitude de la foulée augmente, meilleurs sont les chronomètres.

2.2. LES ISCHIO-JAMBIERS

Les ischio-jambiers forment la structure musculo-tendineuse de la face postérieure de la cuisse. Cette structure est divisée en trois muscles. En vue postérieure, de dehors en dedans, on trouve le Biceps Fémoral, le Semi-Tendineux et le Semi-Membraneux.

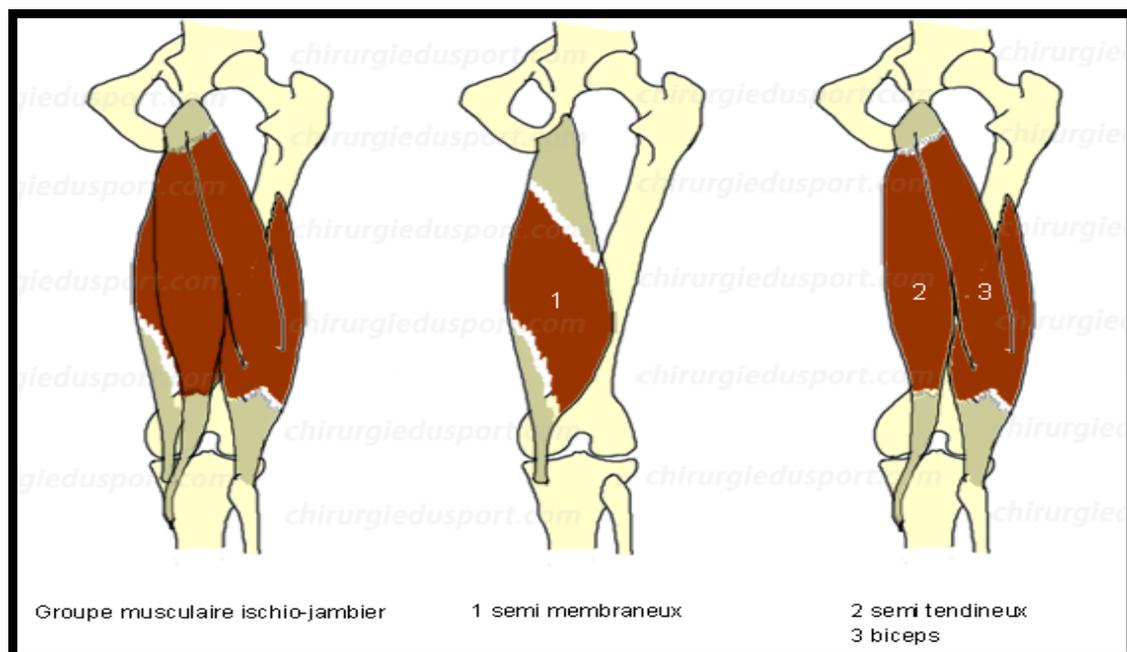


Figure 6: Les ischio-jambiers en vue postérieure

Leur structure histologique est particulière et inadaptée à la course de vitesse. Ce sont, en effet, des muscles pennés, c'est à dire que les fibres musculaires sont placées obliquement par rapport à l'axe du muscle. L'allongement et le raccourcissement maximal du muscle se font alors en fonction de la longueur de chaque fibre musculaire et non plus en fonction de la longueur du muscle (MYOLOGIE). L'autre particularité de ce type de muscles est qu'ils sont constitués majoritairement de fibres musculaires très courtes, possédant un allongement limité (AUBERT, 1997) (SCOTTE, 2002) (JAIN, 2011). De plus, ils possèderaient une grande quantité de fibres musculaires de type I, c'est à dire à contraction lente. Or, lors du sprint, l'exécution des gestes sportifs se fait à très grande vitesse. Nous savons que l'entraînement permet de transformer des fibres II dites « rapides » en fibres I, l'inverse étant, quant à lui, beaucoup plus difficile (COMETTI, 1989). En contradiction avec ce qu'a avancé Aubert, une

étude plus récente affirme que les ischio-jambiers sont constitués à majorité de fibres II, ou rapides (LIU, 2007). En 1995, Bouisset et Matton définissent le pourcentage de fibres rapides des muscles du membre inférieur : 33% de fibres II pour le biceps fémoral (HANON, 2005). Enfin, ils possèdent une importante partie tendineuse, par nature moins extensible que la fibre musculaire. Cette particularité est souvent à l'origine de la raideur des ischio-jambiers.

D'après Frédéric Aubert, les ischio-jambiers ont une activité « polymorphique » (AUBERT, 1997). En effet, lors d'un sprint, ils possèdent l'activité la plus longue (WIEMANN & TIDOW, 1995) et s'adaptent à plusieurs contraintes au même moment. Ils apparaissent à la fois propulseurs et stabilisateurs. Ce sont des muscles bi-articulaires qui interviennent dans la flexion du genou et dans l'extension de la hanche (KAPANDJI, 2004). Ils jouent, par ailleurs, un rôle freinateur dans ces deux mouvements, en limitant les amplitudes articulaires. Ils assurent également un rôle protecteur pour l'articulation de genou, en travaillant en synergie avec le ligament croisé antérieur (travail de stabilité). Ils influent encore sur la stabilité du tronc et du bassin en travaillant en synergie avec les abdominaux (ZORIC, 2011). Les ischio-jambiers possèdent donc de multiples fonctions qui sont plus ou moins associées lors du sprint.

Tout d'abord, leur fonction principale est la motricité du membre inférieur lors de la course à pied ou de la marche. Bi-articulaires (excepté la courte portion du biceps fémoral), ils participent à la flexion du genou et à l'extension de la hanche (KAPANDJI, 2004). Ils ont un rôle freinateur pendant l'extension du genou (SCOTTE, 2002) et la flexion de hanche, limitant l'amplitude de la foulée de l'athlète (comprise entre 2m et 2,60m) et, en conséquence, la vitesse maximale « potentielle » de course. Nous comprenons alors le paradoxe mis en avant par Frédéric Aubert. Lors d'un sprint, le positionnement de référence est une rétroversion du bassin. On parle de cycle avant, position au cours de laquelle les ischio-jambiers maintiennent le bassin (KAPANDJI, 2004) tout au long de la course (associés à la sangle abdominale), et ce, à partir du moment où le sprinteur s'est relevé (phase 2 pendant la course). Notamment lors de l'appui plantaire/ en griffe, ils vont stabiliser le genou dans le plan antéro-postérieur et, ainsi, améliorer l'absorption des contraintes mécaniques liées à la réaction au sol.

Tous ces éléments font, des ischio-jambiers, les muscles les plus souvent lésés dans l'athlétisme. La plupart des lésions musculaires surviennent à une vitesse élevée, proche de la vitesse maximale. Ces lésions sont de plusieurs natures, la plus vue, et à la fois la plus grave,

étant la déchirure. Elle consiste en une rupture d'un très grand nombre de fibres du muscle ainsi qu'en une atteinte du fascia qui l'entoure. Ces atteintes, souvent ressenties comme un coup de poignard, sont irréversibles. La douleur oblige à l'arrêt de l'activité et persiste malgré le repos. Un hématome intramusculaire se met en place ainsi qu'une impotence fonctionnelle (VOLODALEN) (BACQUAERT & HALLARD, 2011).

Des actions opposées/contradictoires (propulsion et stabilisation), une constitution cellulaire inadaptée aux sollicitations du sprint et d'autres éléments que nous verrons plus loin peuvent expliquer la si grande fragilité des ischio-jambiers dans le monde du sprint.

2.3. NOTION DE RAPPORT DE FORCE

La notion de rapport entre le quadriceps et les ischio-jambiers (rapport IJ/Q) est une donnée fréquemment retrouvée dans la littérature sportive. Ce rapport est mesuré à l'aide d'un dynamomètre ou d'un accéléromètre et informe le sujet sur les puissances développées par son quadriceps et par ses ischio-jambiers.

Il est principalement utilisé pour savoir s'il existe un déséquilibre de force entre les deux groupes musculaires (HAS, 2011). Il est conseillé et utilisé dans ce but en début de saison sportive, afin de savoir si un athlète possède un risque de blessure (CROISIER J. L., 2002). Il sert aussi de référence lors des rééducations, afin d'évaluer si le renforcement musculaire effectué est suffisant ou pas (CROISIER J. L., 2002).

La littérature sur l'isocinétisme rapporte plusieurs valeurs concernant le rapport Q/IJ, de même qu'il existe plusieurs types de rapports. En 1955, Steindler mesure le rapport entre la force concentrique du quadriceps et celle des ischio-jambiers. Il s'agit du **rapport conventionnel**. Il trouve une valeur moyenne de 0,60, qui servira plus ou moins de référence. En 1998, Aagaard parle d'un rapport compris entre 0,5 et 0,8 (AAGAARD, SIMONSEN, MAGNUSSON, LARSON, & DYHRE-POULSEN, 1998) avec une étude faite sur neuf athlètes (sauteur en longueur, en hauteur et à la perche). De la littérature, il ressort que ce rapport n'a pas de valeur précise et est compris entre 0,47 et 0,90 (FROSSARD & PHILIPPOSIAN, 2007). Cependant, très peu ont pris en compte les valeurs du rapport aux différentes valeurs angulaires. R. Rochcongar précise d'ailleurs que les valeurs les plus reproductibles sont celles effectuées à faible vitesse (30°/s) (ROCHCONGAR, 2004). En 1996, Aagaard précise que la puissance maximale développée par ces muscles se fait à 30°/s (AAGAARD, SIMONSEN, TROLLE, BANGSBO, & KLAUSEN, 1996). Ces éléments

constituent une limite dans l'utilisation de ce rapport car, lors des efforts de course et plus particulièrement en athlétisme/ sprint, les vitesses gestuelles atteintes sont très grandes. De surcroît, les diverses méthodologies adoptées par les chercheurs (population, matériel utilisé, exercices effectués, temps de récupération, ...) expliquent la variabilité des valeurs ressortant de leurs études respectives.

D'autres études ont mis en avant un **rapport dit fonctionnel**. Celui-ci mesure le rapport entre les forces excentrique des ischio-jambiers et concentrique du quadriceps, mettant ainsi en jeu la relation agoniste/antagoniste de ce couple de muscles. En 1996, Donne et Luckwill ressortent de leur étude un rapport proche de 0,63 (+/- 0.07) (DONNE & LUCKWILL, 1996). En 1998, Aagaard définit un rapport fonctionnel supérieur à 1 (AAGAARD, SIMONSEN, MAGNUSSON, LARSON, & DYHRE-POULSEN, 1998). Pour beaucoup d'auteurs, ce rapport fonctionnel est le plus habilité à mesurer la performance musculaire. Coombs en 2002 affirme que ce rapport est plus physiologique car il fait entrer en jeu la relation agoniste/antagoniste (COOMBS & GARBUTT, 2002). Les normes concernant ces différents rapports sont bien acceptées par le monde médical, mais sont contestées par le monde sportif. La valeur à laquelle le rapport est « sain » est de 0,60 pour le rapport conventionnel. En dessous de cette valeur, une dysbalance est présente et doit être corrigée. La valeur est de 0,80 pour le rapport fonctionnel (CROISIER J. L., 2002). Avec cette donnée, nous comparons la puissance développée par les ischio-jambiers à celle du quadriceps. En 1991, Knappik effectue une étude sur 88 sportives pour savoir à partir de quel seuil, le déséquilibre entre les ischio-jambiers des deux membres inférieurs peut devenir lésionnel. Il conclut qu'un écart de 15% ou plus est un facteur de risque (KNAPPIK, BAUMAN, JONES, HARRIS, & VAUGHAN, 1991). JL Croisier avance un écart compris entre 10 et 15%, lequel ramené à 5%, réduirait considérablement le risque de blessure au niveau des ischio-jambiers (CROISIER & CODINE, 2009). En juin 2012, une étude avance un pourcentage compris entre 8 et 15 % (BACKS, 2012).

Cependant, peu d'études ont porté sur des sprinteurs.

3. INTERVENTION OSTÉOPATHIQUE

3.1. APPROCHE POSTURALE

Nous avons effectué une observation des athlètes de dos et de profil.

- Observation de dos :

- Position des ceintures scapulaires et pelviennes
- Position des calcanéums, des arches internes, externes et antérieures
- Adaptation des membres inférieurs

- Observation de profil :

Verticale de Barré afin de définir le type postural. Celle ci passe par :

- Apophyse odontoïde de C2
- Méat acoustique externe
- Articulation de l'épaule
- Centre du corps vertébral de L3 : cette vertèbre constitue la clé de la ligne. Tout ce qui est au dessus de L3 est supporté, tout ce qui est en dessous est suspendu.
- Promontoire sacré
- Articulation coxo-fémorale
- Malléole externe

Différents types posturaux ont été mis en place à partir de cette verticale.

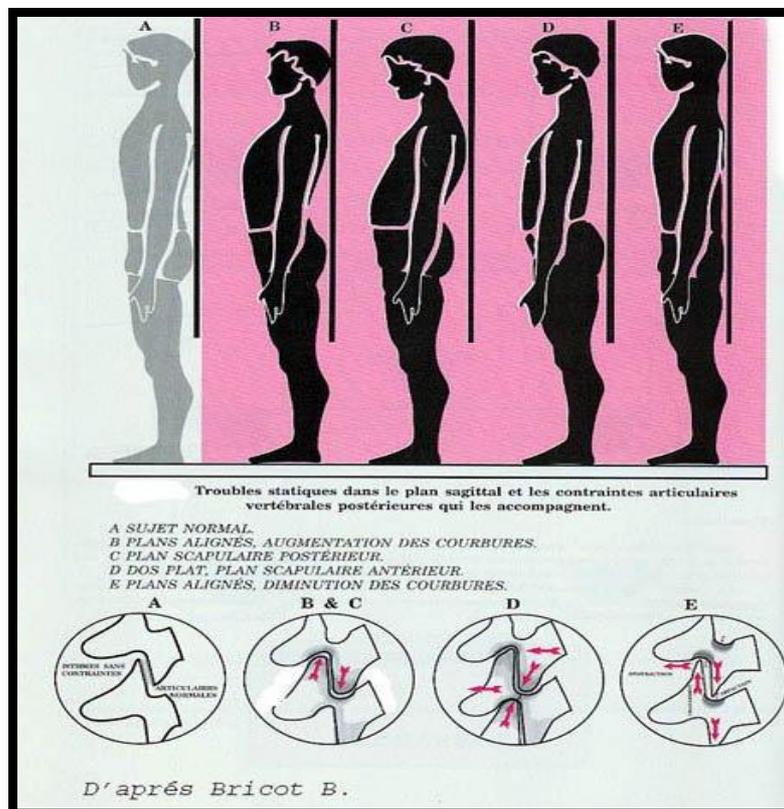


Figure 7: Les différents types posturaux selon Barré

3.2. APPROCHE DES ETIREMENTS

Nous avons demandé aux sujets de détailler la façon dont ils percevaient les étirements et surtout, comment ils les utilisaient. Nous avons observé leur attitude lors d'entraînements, de compétitions et pendant leurs phases de récupération.

3.3. CONSULTATION OSTEOPATHIQUE

Lors d'un sprint, les membres inférieurs sont les segments les plus sollicités. Pour cette étude, nous avons décidé de nous limiter aux ischio-jambiers et à leur performance. Afin d'en obtenir le rendement maximal, l'ensemble des structures locales (iliaque, fémur et tibia qui sont les points d'insertion de ces muscles) et régionales (sacrum, lombaires, pieds) doit avoir, lui aussi, son rendement maximal. Cet ensemble anatomique qui va du pied à la troisième lombaire, correspond à l'unité fonctionnelle inférieure. L'ostéopathe aura pour but de libérer les pertes de compensation au sein de cette unité (BASSET, 2012).

Nous avons choisi de décrire la technique la plus souvent utilisée sur nos sprinteurs. Elle a été appliquée aux seuls muscles ischio-jambiers. Le sujet est sur le ventre, un coussin placé sous ses pieds afin de provoquer une légère flexion de genou et ainsi détendre les ischio-jambiers. Le thérapeute est placé du côté homolatéral aux ischio-jambiers à traiter, la main céphalique se plaçant au niveau de l'ischion (insertions proximales) et la main caudale au niveau de la partie supérieure du creux poplité. Il amène les muscles dans les différents paramètres : Haut/Bas ; Dedans/Dehors ; Torsion. Il note les paramètres facilités.

Ensuite, application du principe fonctionnel, à savoir : emmener le tissu là où il va, dans sa facilité. Amener le tissu jusqu'au point d'immobilité ou d'équilibre (Still Point). Maintenir jusqu'à libération des tissus. Effectuer un retest (GIQUEL, 2012)

4 MATERIEL ET METHODE

4.1. POPULATION

Les athlètes suivis sont tous des sprinteurs spécialisés dans le 100 et 200m. Ils sont tous membres de l'Entente Athlétique Bressane, à l'exception de deux qui appartiennent au club de L'AEA. Un groupe de 10 sprinteurs est mis en place, la plupart d'entre eux étant en catégorie cadet ou junior, donc âgés de 16 à 23 ans. On note un plus grand nombre d'athlètes hommes par rapport aux femmes.

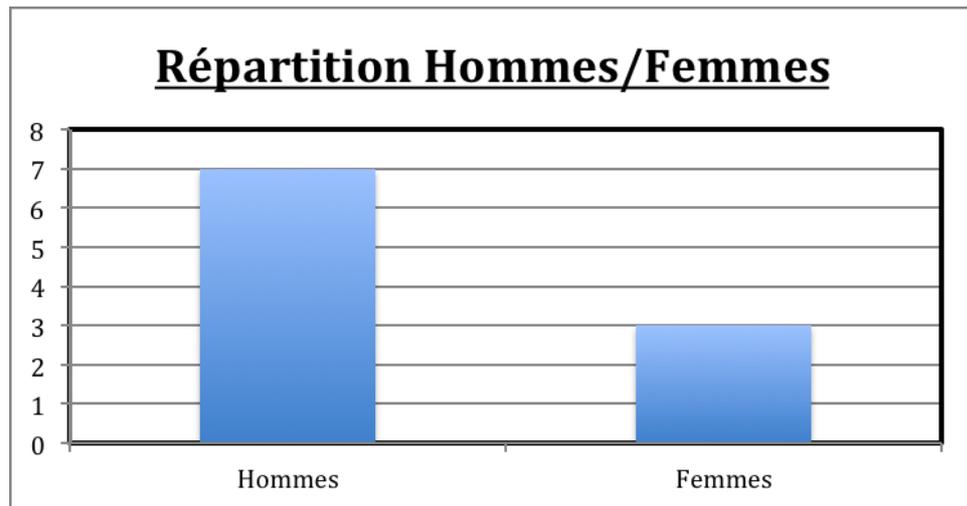


Figure 8: Répartition hommes / femmes

4.2. CRITERES D'INCLUSION

- Sprinteurs de 100m
- Sprinteurs âgés de moins de 25 ans
- Sprinteurs ne présentant pas de lésions musculaires

4.3. CRITERES D'EXCLUSION

- Sprinteurs blessés

4.4. TECHNIQUES UTILISEES

- Techniques Structurelles ou HVT
- Techniques Fasciales

5 RESULTATS

5.1. TROUBLES POSTURAUX

Les résultats sont regroupés selon plusieurs catégories :

- Symétrie podale
- Asymétrie podale
- Affaissement de l'arche interne
- Affaissement de l'arche externe

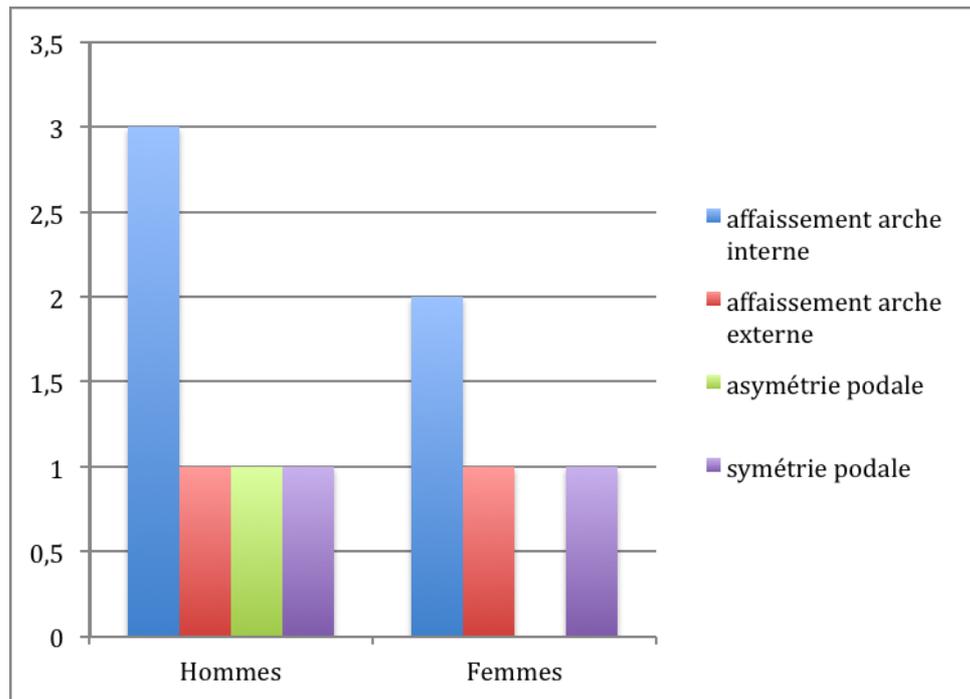


Figure 9 : Architectures podales

5.2. UTILISATION DES ETIREMENTS

Nous avons observé des jeunes sprinteurs évoluant au niveau de nationale 2. Tous ont, plus ou moins, des notions sur les étirements. Tous effectuent des étirements après la récupération active (léger footing) à la fin de leurs entraînements, pour la plupart, en statique pour favoriser la récupération ou parce qu'ils ont appris qu'on s'étire après l'effort.

En période de compétition, ils ont aussi leur protocole d'étirements : des étirements actifs en fin d'échauffement et des étirements passifs pour récupérer un peu, et pour certains, juste avant de rentrer dans les starting-blocks. Cependant, aucun d'entre eux ne les utilise afin de gagner en souplesse musculaire. Il s'agit d'un des paramètres des étirements qui est souvent oublié mais qui pourrait être fondamental dans la préparation des ischio-jambiers et leurs performances.

6 DISCUSSION

6.1. EFFETS DE LA POSTURE SUR LES ISCHIO-JAMBIERS

L'architecture plantaire joue un rôle primordial dans l'état des ischio-jambiers. Bien que connu comme étant un exocapteur, le pied peut aussi être considéré comme un endocapteur, notamment par sa structure anatomique et ses nombreux récepteurs cutanés. Il s'agit d'un des récepteurs posturaux le plus sensible, car il réagit à des variations de pression de l'ordre de

0,05 milligrammes (Prothoy). D'après l'ORION (Office de Recherche Interdisciplinaire sur les Organisations Neurophysiologiques), le pied agit « *comme un capteur primaire du système postural* », en statique ou en dynamique (ORION). L'appui plantaire anormal va être responsable de tensions au niveau des chaînes musculaires et de troubles de la statique.

L'impact postural le plus invalidant, notamment au niveau des ischio-jambiers, se réalise en présence d'un pied dit « pied plat », non pathologique mais dû à un affaissement de l'arche interne du pied. La littérature parle aussi de pied valgus. Cette « pathologie » est facilement identifiable avec une triade de signes fonctionnels :

- *Un valgus calcanéen* : l'axe du tendon d'Achille et de la grosse tubérosité calcanéenne forment un angle supérieur à 10°
- *Affaissement de l'arche interne du pied*, avec parfois saillie du tubercule du naviculaire
- *Abduction de l'avant pied*, avec un axe allant vers le dehors (Raduszynski)

Cet affaissement de l'arche interne est dû à une hypotonie musculo-ligamentaire. Il a pour effet de modifier l'attaque du pied au sol (à la marche mais surtout à la course) qui va se faire par la partie postéro-externe du calcanéum, ce qui entraîne une modification du transfert du poids sur le pied par l'arche interne au lieu de passer par le talus et le troisième métatarsien. Il en résulte deux conséquences :

- un déroulé anormal du pied (absence de passage physiologique de l'extérieur du pied vers l'intérieur)
- un dysfonctionnement de la « barre de torsion » formée par l'articulation naviculo-cuboïdienne

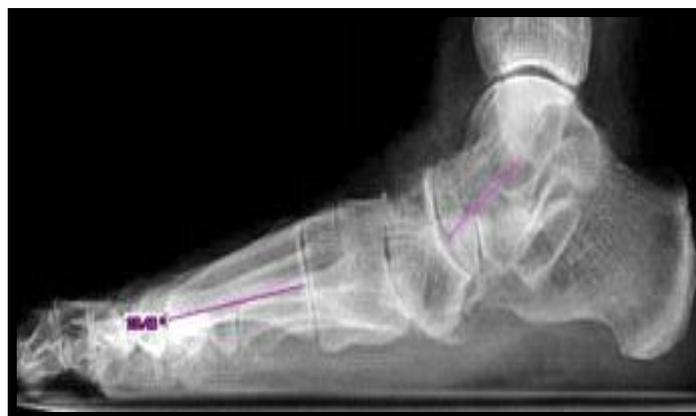


Figure 10 : Pied valgus en imagerie, face latérale

Cette modification de l'appui crée un ensemble d'adaptations : Rotation Interne des membres inférieurs, antériorisation de l'iliaque du côté de l'affaissement et surtout une tension sur les chaînes musculaires postérieures (CHANTEPIE, PEROT, & TOUSSIROT, 2009). L'antériorisation de l'iliaque va modifier la tension physiologique des ischio-jambiers (CHANTEPIE, PEROT, & TOUSSIROT, 2009). Les effets sont d'autant plus importants que l'arche interne est affaissée bilatéralement.

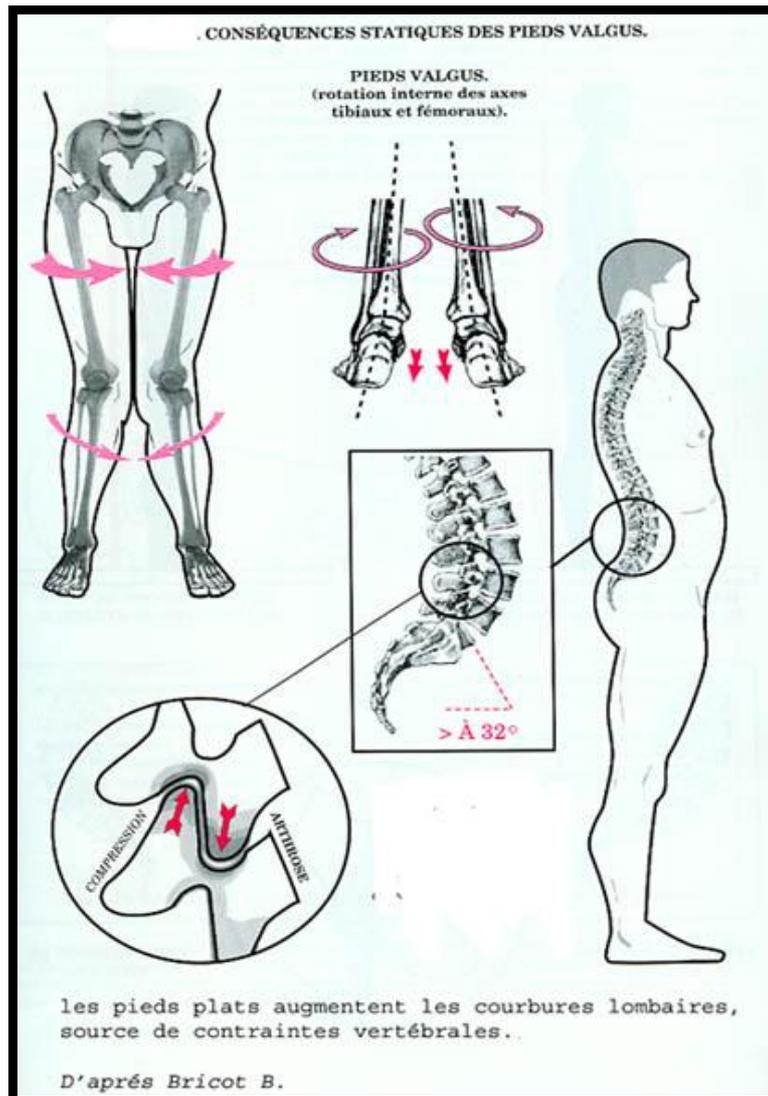


Figure 11: Adaptations des membres inférieurs et du bassin sur un pied valgus

On comprend, dès lors, que, conséquemment, les ischio-jambiers sont susceptibles d'être rapidement traumatisés par la pratique de la course alors qu'ils doivent travailler en état « aphysiologique ». L'adaptation des fémurs en rotation interne et valgus pourrait être, de surcroît, à l'origine de tensions musculaires supplémentaires notamment concernant le biceps

fémoral (chef le plus fragile des trois) et le semi membraneux par le biais de la rotation interne du tibia.

En cas de déséquilibre podal bilatéral, l'adaptation porte l'individu, non seulement en antéversion totale du bassin associée à des tensions musculaires notamment sur les chaînes postérieures, mais en sus, en hyperlordose lombaire (Cf figure 4, schéma B et C), laquelle serait un facteur de risque pour les ischio-jambiers. Cette idée a été suggérée par quelques auteurs (CLARK R. A., 2008) (BARNES, SLAVOTINEC, & VERRAL, 2001). Plus précisément, « *une lordose exagérée, positionne les ischio-jambiers en pré-étirement, avant tout mouvement* » (JAIN, 2011).

En tout état de cause, cette adaptation est complètement à l'opposé de la position de référence en sprint, à savoir une rétroversion du bassin avec un cycle avant (VOLODALEN, La biomécanique de la course). Elle autorise à supposer que l'athlète doit solliciter beaucoup plus de « systèmes musculaires » pour amener son bassin dans la bonne position et surtout pour la conserver tout au long de la course. Bien que faites pour aider le corps, nous comprenons que les adaptations posturales perturbent malgré tout l'état de tension naturelle des ischio-jambiers qui, lors d'un effort intense, devront supporter une charge qui dépasse leurs capacités d'adaptations. Toutes ces adaptations peuvent être expliquées par le principe de tenségrité. Ce terme (association des mots tension et intégrité) fut inventé par l'architecte américain B. Fuller dans les années 1920. Elle caractérise la faculté d'un système à se stabiliser mécaniquement par un jeu de forces de tension et de compression qui s'y répartissent et s'y équilibrent (WIKIPEDIA). Il s'agit d'un « *système mécanique comportant un ensemble discontinu de composants comprimés au sein d'un continuum de composants tendus, dans un état d'auto-équilibre stable* » (MOTRO, 2007). Le corps humain, peut, dans sa totalité, être considéré comme un système de tenségrité, les os jouant le rôle de tiges travaillant en compression et les muscles, tendons, aponévroses et ligaments travaillant en tension. Des études ont montré que les molécules, les cellules, les tissus utilisent le modèle architectural de tenségrité dans la finalité d'obtenir une stabilisation mécanique, protégeant l'intégrité de la structure et de la fonction (BODYW, 2008).

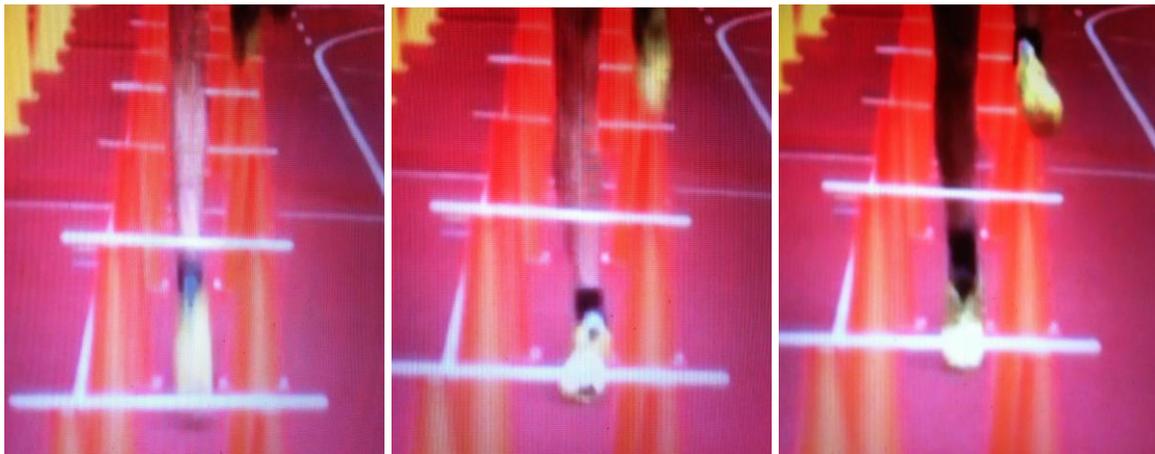
Des vidéo de sprints (images au ralenti), nous avons pu isoler un paramètre important. La plupart des athlètes ayant un affaissement des arches internes, ont souvent un contact de leur talon lors de l'appui en « griffé », comme s'ils manquaient de stabilité et de force au niveau du pied. Notons que l'action en « griffé » enchaîne

- une ouverture progressive de la jambe sur la cuisse pied fléchi
- un appui du pied avec la plante et un temps de contact très succinct
- un retour rapide de la jambe avec intention de vitesse du pied vers l'arrière (LOUIS).

Jacques Piasenta dit qu'il faut « *tirer la piste derrière soi* ».

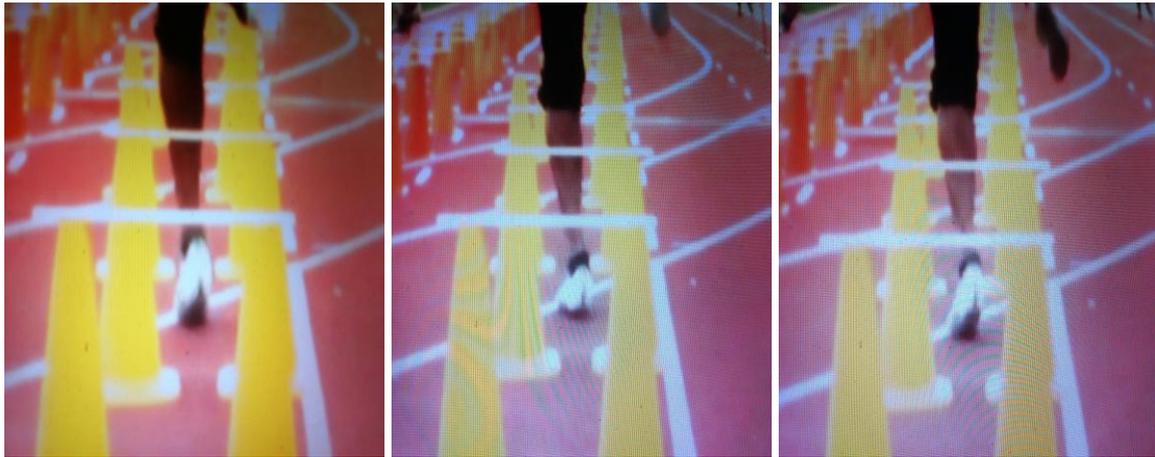
Ce paramètre est fondamental car la course en « griffé » (sans contact avec le talon) permet de conserver et d'augmenter la vitesse de déplacement du sprinteur. Or, l'appui « talon » permet de modifier la vitesse horizontale en vitesse verticale (caractéristique du dernier appui en saut en hauteur par exemple).

Nous avons observé l'adaptation podale des athlètes en statique et en dynamique (observations effectuées sur du travail « d'éducatifs » en montée de genou et sur une fin de sprint) car elles sont « fondamentales pour la compréhension des déséquilibres posturaux » (CHANTEPIE, PEROT, & TOUSSIROT, 2009).



Sur la **photo 1**, notre sprinteur attaque le sol en « griffé », c'est à dire avec la plante du pied. Sur la **photo 2**, le sprinteur effectue un rebond avec son appui. Dans le cas d'une bonne reprise d'appui, le talon ne doit pas toucher le sol. Sur cette photo, nous voyons que l'intérieur du pied s'affaisse et que le talon contacte le sol, induisant une perte de vitesse horizontale. Sur la **photo 3**, nous assistons à la propulsion du pied.

Dans les photos qui suivent, cette fois-ci en vue postérieure, nous retrouvons un affaissement de l'arche interne du pied gauche.



Les deux sprinteurs sur les différentes photos avaient un affaissement de l'arche interne des pieds droit et gauche.

Nous pouvons donc voir que les troubles de la structure podale ont une double influence sur le sprinteur. Ils modifient les tensions sur les chaînes musculaires, nécessitant des adaptations pas forcément à l'avantage du sprinteur et provoquent un manque de dynamisme au niveau de l'appui en « griffé », induisant une perte de vitesse.

6.2. EFFETS DES TECHNIQUES OSTÉOPATHIQUES

6.2.1. TECHNIQUES STRUCTURELLES

D'un point de vue ostéopathique, il est très important de vérifier l'ensemble des structures osseuses du corps. L'un des principes de l'ostéopathie mis en place par Andrew Taylor Still est « **la structure gouverne la fonction** ». Afin d'obtenir un bon rendement des ischio-jambiers, il est primordial de vérifier les structures osseuses servant d'attaches à ces muscles. Il est donc recommandé de vérifier la mobilité des iliaques droit et gauche, du sacrum (lien avec le ligament sacro-tubéral et le biceps fémoral) ainsi que des genoux (le tibia pour les muscles semi-membraneux et tendineux, et fibula pour le biceps fémoral).

Les techniques structurelles sont basées sur des principes de biomécanique et d'anatomie. Elles visent à redonner de la mobilité aux articulations qui en manquent. Celles dites « Thrust » se font avec un geste de faible amplitude mais avec une grande vélocité. Ces techniques ont en plus de l'action articulaire (en libérant les surfaces articulaires), une visée neuro-végétative, musculaire et organique en rééquilibrant les messages afférents (BERTORA, 2007). Cette réaction se fait au niveau des tissus mous locaux et régionaux. Ce qui commandait, dans notre cas d'étude, de vérifier le cadre osseux du bassin (iliaque, sacrum, coccyx) ainsi que la quatrième et la cinquième lombaire par rapport aux liens

anatomiques (insertions distales) et neurologiques (racine L4L5 et S2S3S4). Il est cependant important d'utiliser ces techniques au bon moment. En effet, selon une étude conduite par Shrier sur 19 athlètes, les manipulations précédant la compétition se sont révélées avoir un effet négatif. Les personnes soumises à une manipulation HVT ont, toutes, déploré une fatigue, laquelle, pour deux d'entre elles, était si intense, qu'elles n'ont pu prendre part à l'activité (fatigue ressentie jusqu'à 48 heures). Bien que non significatifs, les résultats de cette étude montrent une perte moyenne de quatre centièmes (0,04 secondes) sur un sprint de 40 mètres (SHRIER, MACDONALD, & UCHACZ, 2006).

6.2.2. TECHNIQUES FASCIALES

Plusieurs techniques ont été utilisées lors des consultations afin d'améliorer le fonctionnement des ischio-jambiers, notamment les techniques fasciales, particulièrement adaptées à des muscles comme les ischio-jambiers constitués de fibres musculaires de type I, c'est à dire à contraction lente. Ce type de fibres nécessite un apport sanguin maximal et la mise en oeuvre de techniques myofasciales ostéopathiques permet un meilleur apport sanguin. En effet, l'anatomie décrit que les fascias servent de support aux systèmes artériel, veineux et lymphatique et, également, de composants aux parois des vaisseaux. « ***La règle de l'artère est suprême*** », principe en ostéopathie, s'applique à ces techniques fasciales car elles visent à améliorer la vascularisation.

Les fascias sont principalement constitués de fibres de collagène, elles-mêmes constituées de l'association de fibrilles unies par une substance interstitielle (GABAREL & ROQUES, 1985). On note également la présence d'une grande quantité de collagène au niveau des tendons des muscles, généralement supérieur à 95% de poids sec du tendon. À l'extrémité des tendons, le matériel solide peut être composé presque exclusivement de collagène (99 % du poids sec) (Pascal, 2003). L'information neurologique sur les contractions musculaires (et tendineuses) est transmise par des récepteurs, les organes tendineux de Golgi, situés principalement à la jonction myo-tendineuse. « *Cottingham a suggéré que pendant une manipulation de tissus mous (...) ces récepteurs de Golgi sont stimulés, ce qui aboutit à une diminution de la fréquence de décharge des motoneurons alpha spécifiques ce qui se traduit alors par une diminution de tonus dans les tissus associés* » (SCHLEIP, 2003). Connaissant la grande proportion de tissu conjonctif (AUBERT, 1997) au niveau des muscles ischio-jambiers, il apparaît très clairement que les techniques fasciales peuvent avoir un impact sur

l'état de tension de ce groupe musculaire. Elles influent également sur le système hémodynamique.

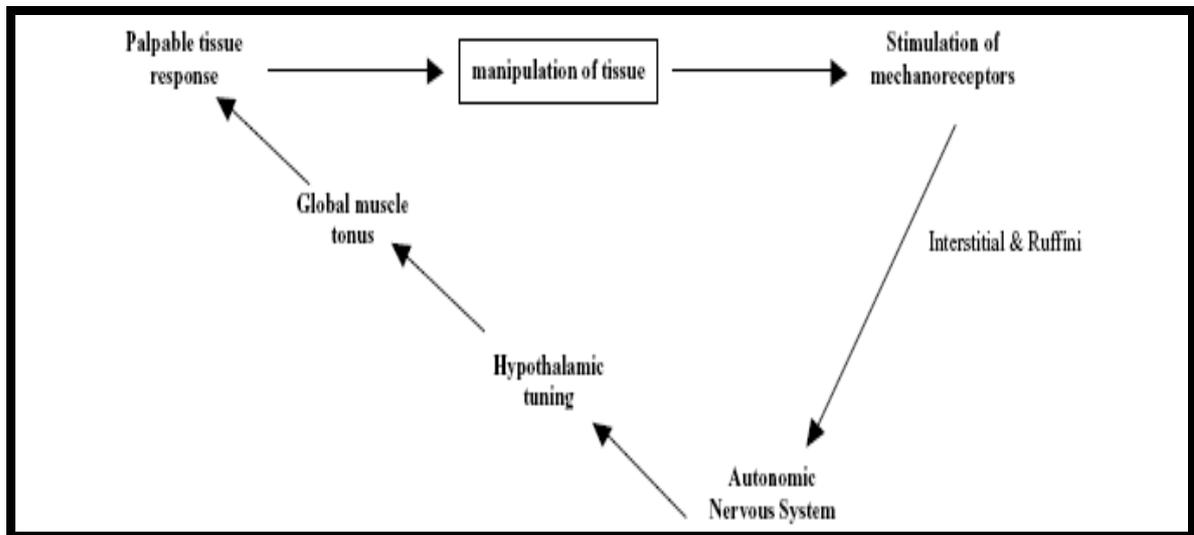


Figure 12 : The hypothalamus loop (effet d'une technique fasciale sur l'état de contraction du système musculaire)

L'état de pré-tension du fascia provoque la compression des veines adjacentes (...) et un système de pompage du sang (BASTIDE & PERREAUX, 2007). Les techniques fasciales ont un effet sur la vascularisation, via les terminaisons sympathiques au niveau des vaisseaux (présence de neurones sympathiques au niveau de la média artérielle). La mise en tension du fascia va induire une stimulation sympathique induisant une vasoconstriction et une chasse liquidienne.

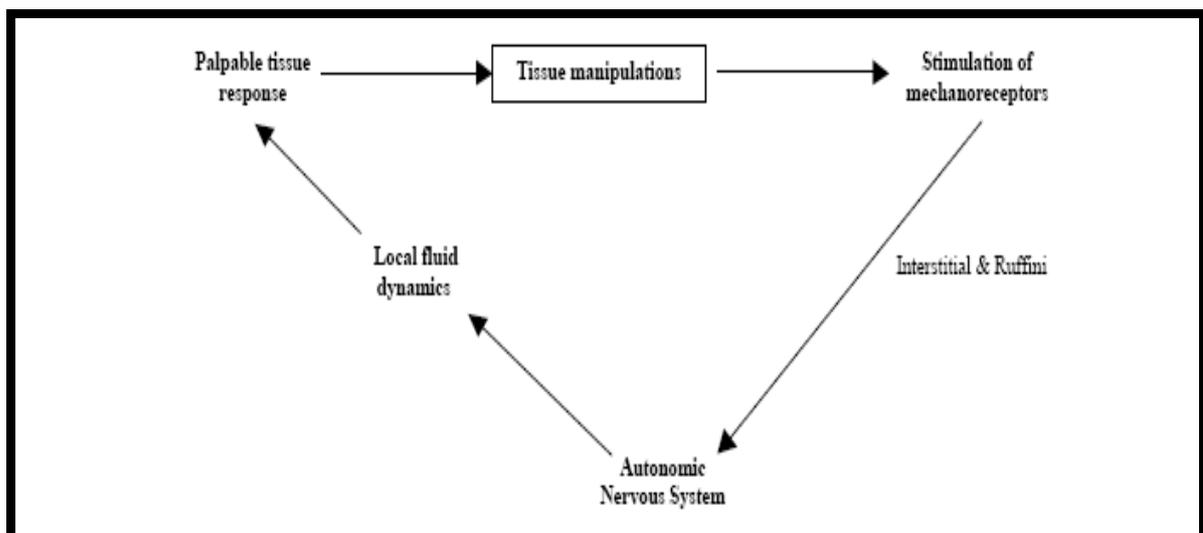


Figure 13 : The intrafascial circulation loop (effet d'une technique fasciale sur la vascularisation loco-régionale)

La technique de pompage musculaire en ostéopathie va avoir un effet similaire. Elle consiste à porter le muscle jusqu'à sa barrière motrice, de faire effectuer une contraction isométrique et d'observer une période de repos deux fois plus longue que le temps de contraction. A noter que le relâchement se fait en raccourcissement. Celui-ci permet un apport plus important d'oxygène, de nutriments et une vidange des déchets musculaires.

6.3. UTILISATION OPTIMALE DES ETIREMENTS SELON LA LITTERATURE

Comme nous l'avons vu plus haut, l'inclusion des étirements dans la préparation des sprinters relève de considérations éminemment personnelles. Nous allons maintenant confronter nos résultats à la littérature scientifique en abordant plusieurs paramètres des étirements qu'ils soient effectués juste avant l'effort, effectués après l'entraînement ou pour gagner en souplesse musculaire.

Dans les années 1990, des recherches ont été faites pour objectiver l'amélioration des performances par l'incorporation des étirements avant de pratiquer un effort. Certaines ont démontré que les étirements effectués avant les efforts n'avaient aucune incidence sur la performance (JOHANSSON, LINDSTROM, SUNDELIN, & LINDSTROM, 1999) (WESSEL, 1994). Mais, dès la fin des années 1990, de nouvelles études ont prouvé que les étirements ont des effets négatifs sur la performance, sur la récupération ou tout simplement sur la « santé » du système musculaire. En 1998, Kokkonen, Nelson et Corwell établissent que les étirements précédant l'effort induisent une perte de force. Ils précisent que ces effets sont plus significatifs dans les sports d'explosivité (dans le cas du sprinteur, ils le pénalisent lors de la sortie des starting blocks) (KOKKONEN, NELSON, & CORWELL, 1998). Avela, Kyrolainen et Komi soutiennent la même hypothèse (AVELA, KYROLAINEN, & KOMI, 1999). A.G Nelson a mesuré le temps des athlètes sur un sprint de 20m sans et avec étirements. Les chronomètres sont meilleurs lorsque les étirements ne sont pas effectués. De plus, le moment de force lors de contractions isocinétiques est, lui aussi, moins bon (NELSON, DRISCOLL, LANDIN, YOUNG, & SCHEXNAYDER, 2004). Gilles Cometti affirme que, relativement aux muscles extenseurs, les étirements ne doivent pas être effectués sinon l'efficacité de ces muscles sera diminuée pour les exercices de sauts et de sprints (COMETTI, Les limites du stretching pour la performance sportive, partie 1 "intérêts des étirements avant et après la performance", 1999). La perte de force peut frôler les 30% dans le sprint (BRET & BERTUCCI, 2010). Henning et Podzielnny démontrent une perte de force de 7 à 8 % pour les extenseurs et les fléchisseurs et une perte d'explosivité en sprint lorsque des

étirements sont effectués avant l'effort (HENNING & PODZIELNY, 1994). Cramer et al. montrent que les étirements diminuent la force musculaire (diminution de 3,4% en moyenne du couple de force des quadriceps et des ischio-jambiers en faisant effectuer à 18 participants un exercice de contractions isocinétiques après des étirements statiques (CRAMER, et al., 2007). Cet impact négatif est confirmé par d'autres auteurs qui ont démontré par leur protocole (gain d'amplitude en flexion / extension du genou objectivé, suite à un échauffement ($p\text{-value} < 0,001$) que les étirements effectués avant l'effort (notamment à la fin de l'échauffement) diminuent son effet « starter » en entraînant une perte d'amplitude (DEPINO, WEBRIGHT, & ARNOLD, 2000) . Une étude grecque effectuée sur de jeunes footballeurs amène les mêmes résultats que Depino et al. (2000) (ATHANASIOS, 2005). Malgré les apports de ces recherches, nombre de sprinteurs, à tous les niveaux de compétition, continuent de faire des étirements juste avant d'entrer dans les starting blocks.

Nous venons de voir que les étirements ont un impact négatif sur la performance s'ils sont effectués juste avant l'effort. Cependant, d'autres aspects concernant les étirements sont à détailler. De nombreux sportifs utilisent les étirements en fin d'entraînement ou de compétition dans le but de limiter le risque de blessure, de favoriser la récupération musculaire, d'obtenir un effet anti-inflammatoire et d'apporter une forme de relaxation corporelle et mentale. D'après Coulmy, la plupart de ces effets escomptés sont encore à démontrer, notamment sur la récupération et sur la prévention des blessures (COULMY, 2005) (COMETTI, Les limites du stretching pour la performance sportive, partie 1 "intérêts des étirements avant et après la performance", 1999) (BRET & BERTUCCI, 2010).

Par contre, de nombreuses études démontrent que les étirements, utilisés de façon régulière, diminuent la raideur musculaire et permettent un gain d'amplitude. Ces aspects sont souvent négligés par les sportifs. Comme nous l'avons décrit plus haut, les ischio-jambiers sont majoritairement constitués de tissu conjonctif ce qui va, ipso facto, limiter leur souplesse et leur élasticité, pourtant indispensables au développement d'une force de contraction optimale et de grandes amplitudes articulaires. Les athlètes de notre groupe n'avaient pas de protocole d'étirements au cours de la semaine ou n'utilisaient pas les étirements comme un moyen d'augmenter la souplesse. Or, le gain d'amplitude articulaire peut être conservé uniquement si les étirements sont faits de manière régulière. Plusieurs études avec différents protocoles d'étirements ont démontré le gain significatif d'amplitude articulaire ainsi qu'une amélioration de la souplesse musculaire. Depino et coll. ont fait effectuer à leurs sujets quatre

séries de 30 secondes d'étirements passifs. Un gain compris entre 5,6° et 6,8° a été mesuré. Cependant, ce gain était perdu six minutes après l'arrêt du protocole (DEPINO, WEBRIGHT, & ARNOLD, 2000). Ces auteurs précisent que ces étirements ne sont pas pratiqués sur une durée assez longue pour influencer la composante visco-élastique des muscles.

Une étude brésilienne plus récente démontre un gain d'amplitude significatif (p-value : 0,048 et 0,009) avec un protocole sur 31 sportifs sains (MARQUES, VASCONCELOS, CABRAL, & SACCO, 2009). Nelson a effectué une étude similaire avec un protocole d'étirements conduits sur six semaines pour 69 jeunes lycéens. Ils ont été divisés en plusieurs groupes (étirements en statique, étirements excentriques et groupe contrôle). Le gain d'amplitude était en moyenne de 12,79° pour le premier groupe et de 12,05° pour le second, le groupe témoin obtenant un gain d'amplitude inférieur à 2° (NELSON & BANDY, 2004). Ce gain d'amplitude est confirmé par d'autres études (LAROUCHE & CONOLLY, 2006) (MAGNUSSON, AAGAARD, SIMONSEN, & BOJSEN-MOLLER, 1998). Les conséquences de ces gains d'amplitude et d'élasticité musculaire vont avoir des effets sur la vitesse maximale de sprint, ce par la formule selon laquelle la vitesse est égale au produit de la fréquence par l'amplitude, deux paramètres en rapport avec la foulée de course. « *La littérature technique considère que pour acquérir la plus grande vitesse, l'athlète doit trouver la plus grande amplitude de foulée compatible avec la fréquence la plus élevée pour atteindre un optimum qui définit sa vitesse stabilisée* » (CROISIER & CODINE, 2009). Nous comprenons qu'un protocole précis d'étirements pouvant augmenter l'amplitude des mouvements permet ainsi une plus grande foulée.

L'autre paramètre amélioré par les étirements est l'élasticité musculaire. La pliométrie est le mode de contraction faisant appel aux qualités élastiques du muscle. Elle consiste en l'enchaînement d'une phase de contraction excentrique suivie d'une phase concentrique en un minimum de temps (LEBRAS, 2012) (LEGRAND, 1987). Pour beaucoup, « *la puissance du muscle est attribuée à 70% à l'élasticité et 30 % au réflexe myotatique* » (COMETTI, La détente et la pliométrie, 1997) (LINO, 2005). Nous comprenons l'intérêt de gagner en souplesse, afin que le muscle puisse accumuler énormément d'énergie. D'après A. LINO, « *l'allongement du muscle potentialise la contraction* ». Dans le cadre du sprint, elle jouera un rôle essentiel dans les phases de mise en tension / renvoi. Les systèmes musculaire et ligamentaire peuvent être assimilés à des élastiques reliés les uns aux autres en formant de véritables chaînes musculaires.

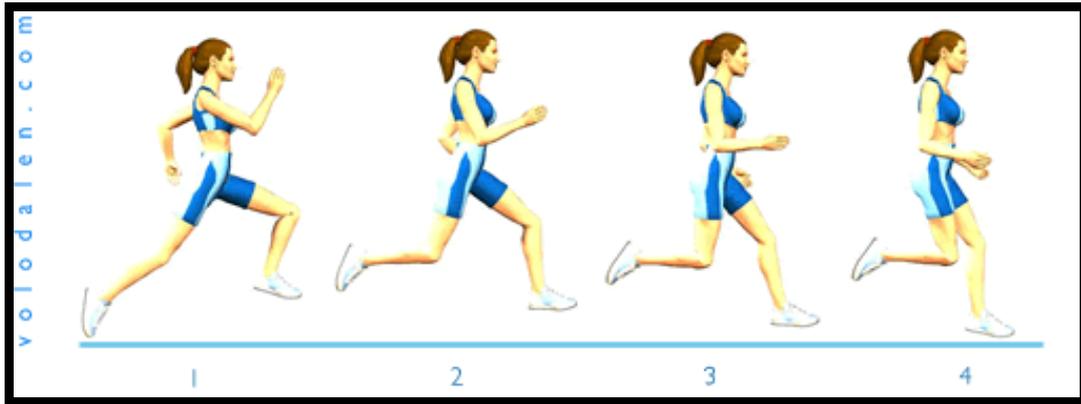


Figure 14 : Les différentes phases de la foulée et principe de mise en tension

Suite à l'étirement complet des masses musculaires côté droit (1), se crée une mise en tension côté gauche (2) (3). Plus les éléments seront étirables et plus la tension développée sera grande. La phase de mise en tension débute dès que le pied droit quitte le sol. Elle a pour effet d'étirer les masses musculaires motrices du côté gauche (glutéus, ischio-jambiers, triceps sural). Le genou fixé à l'horizontale (via la contraction des ischio-jambiers) permet à la jambe de s'étendre dans l'axe de la cuisse (3). Cet étirement est complété par une flexion du pied sur la jambe, qui va mettre la chaîne musculaire propulsive en tension et permettre ainsi un retour rapide de tout le membre inférieur gauche vers l'arrière. Un allongement de l'axe de rotation se produit ainsi qu'une augmentation de la vitesse angulaire du pied. La conséquence attendue est un temps de contact au sol réduit avec une force orientée dans le sens du mouvement.

Cette phase de mise en tension est suivie par le retour de la jambe droite vers l'avant (4). Il est dû à l'inertie acquise, à l'étirement des masses élastiques avant-droites, au déplacement de la jambe gauche vers l'arrière et à une action volontaire. Alors que le genou droit continue sa progression vers l'avant, le pied gauche vient se poser au sol. Il possède, lors du contact, une vitesse d'arrière en avant supérieure à la vitesse de déplacement du centre de gravité. La phase d'appui constitue le moment maximal de mise en tension des éléments musculo-ligamentaires par étirement (contraction excentrique des muscles : ischio-jambiers, triceps sural) (VOLODALEN, La biomécanique de la course).

Grâce à cette analyse, nous comprenons que l'amélioration de la souplesse musculaire permettrait une meilleure utilisation du système musculaire, en particulier des ischio-jambiers de part leurs nombreux rôles fonctionnels pendant la course.

6.4. CONCLUSION

En analysant la biomécanique, l'anatomie, la physiologie des ischio-jambiers, dans le cadre de la course de sprint, nous avons mis en avant des facteurs influençant le rendement de ce système musculaire. Les qualités musculaires (**contraction, relâchement, élasticité**) vont être conditionnées par plusieurs paramètres. L'influence de la posture et d'un éventuel déséquilibre jouent un rôle sur l'état de tension naturel des ischio-jambiers. De plus l'asymétrie podale est responsable d'un déséquilibre à l'appui pouvant être à l'origine d'une perte de vitesse horizontale.

Concernant les étirements et leur utilité controversée, nous conservons l'idée qu'ils ont leur place dans l'échauffement du sprinteur et nous ne voulons pas céder aux effets de mode que ce soit dans un sens ou dans l'autre : passage en une décennie, du tout étirement à plus aucun étirement. De plus, l'athlète lui-même ne semble pas prêt à éliminer certains exercices d'étirements de son échauffement puisqu'ils lui amènent des informations précieuses sur son état de tension précompétitif. Une simple réorientation, un travail éducatif (connaissance de son corps) paraissent plus intéressants. L'ostéopathe peut, là aussi, avoir sa place car une utilisation inadaptée des étirements diminue la performance et peut provoquer de petites lésions musculaires invalidantes pour le sprinteur.

A notre niveau d'étude (Nationale 2), il est normal de trouver des failles dans la préparation des sprinteurs non professionnels. Il serait intéressant de faire une étude similaire avec des sportifs de haut niveau, évoluant à un niveau européen ou mondial afin de savoir si leur préparation est vraiment optimale.

6.5. OUVERTURE

L'approche ostéopathique a permis de mettre en avant plusieurs éléments à surveiller lors de la pratique du sprint. Par le biais de nos observations et de nos conclusions, la posture (et plus précisément le récepteur podal), l'utilisation des étirements, le rapport de forces musculaires apparaissent comme des points clef de la performance. A partir d'une simple consultation en ostéopathie, nous comprenons l'intérêt d'avoir une approche médicale pluridisciplinaire pour les sprinteurs. Les troubles podaux seront pris en charge par un podologue avec la mise en place de semelles orthopédiques. Les étirements spécifiques et l'intervention sur les chaînes musculaires seront effectués avec l'aide du kinésithérapeute. Le sprinteur pourra également, grâce à ce dernier, mesurer le rapport de force entre le quadriceps et les ischio-jambiers. L'apport de l'ostéopathie permettra encore de lever les restrictions de

mobilité des articulations, véritables relais osseux des chaînes musculaires. Bien évidemment, l'aspect le plus important concerne le sprinteur lui-même. C'est en sachant comment, quand et pourquoi faire les étirements qu'il pourra les utiliser à bon escient et en maximiser les profits.

Ce pourquoi il serait intéressant de réaliser une étude générale englobant les différents aspects vus lors de celle-ci et d'établir s'ils peuvent influencer les performances chronométriques des athlètes, et ce, dans un souci d'objectiver des résultats, ce que nous n'avons pas pu réaliser lors de cette étude. Nous aurions pu, par exemple, mettre en place l'expérimentation suivante :

- bilan postural pour repérer une éventuelle asymétrie podale.
- protocole d'étirements pour gagner en souplesse articulaire (les résultats sont visibles après trois ou quatre semaines).
- tests des chaînes musculaires et des différents muscles pour définir des exercices spécifiques avec le kinésithérapeute.

D'autres approches comme la nutrithérapie ou la balnéothérapie pourront être incluses dans les moyens d'optimiser la performance des ischio-jambiers et du sprinteur en général. En tout état de cause, les multiples facteurs agissant sur la performance sportive en font un formidable défi de compréhension.

7 BIBLIOGRAPHIE

AAGAARD, P., SIMONSEN, E., MAGNUSSON, S., LARSON, P., & DYHRE-POULSEN, P. (1998). A new concept for isokinetic hamstring : quadriceps muscle strenght ratio. *The American Journal of Sports Medicine*, 26 .

AAGAARD, P., SIMONSEN, E., TROLLE, M., BANGSBO, J., & KLAUSEN, K. (1996). Specificity of training velocity and training local on gain in isokinetic knee joint strenght. *Acat Physiologica Scandinavica* .

ATHANASIOS, Z. (2005). The effect of stretching duration on flexibility during warming up in adolescent soccer players. *Physical Training* . (U. d. Tessalonic, Éd.) Grèce.

AUBERT, F. (1997). L'entrainement des ischio-jambiers du sprinteur au-delà du renforcement musculaire. *Athlé Magazine* .

AVELA, J., KYROLAINEN, H., & KOMI, P. (1999). Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching.

BACKS, J. (2012, juin). Hamstring injury prevention. *Proaxistherapy* .

BACQUAERT, P., & HALLARD, E. (2011). Les accidents musculaires des sportifs. (C. d. Wattignies, Éd.)

BARNES, P., SLAVOTINEC, J., & VERRAL, G. (2001). Clinical risk for hamstring muscle strain injury : a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *British journal of sports medicine*, 35, 435-440.

BASSET, P. (2012, février). Protocole ostéopathique. Brest: UFR STAPS.

BASTIDE, J., & PERREAUX, E. (2007). Ostéopathie et sport - Corps, mouvements et santé. 57. Sully.

BENMANSOUR, K. (2008). Contribution à la caractérisation mécanique des critères de qualités du départ de la course de vitesse sur 100m. *Thèse Universitaire* . Poitiers.

BERTORA, R. (2007). Principes de mécanique appliqués à la statique vertébrale. 88. (D. Verlaque, Éd.)

BODYW, M. (2008, juillet). Tensegrity and mechanotransduction.

BRET, C., & BERTUCCI, W. (2010, mars 10). Souplesse, étirements, assouplissements... Reims: UFRSTAPS.

CHANTEPIE, A., PEROT, J., & TOUSSIROT, P. (2009). Cahiers d'ostéopathie - Ostéopathie du sport n°3. 52. Maloine.

CLARK, R. A. (2008, avril). Hamstrings injuries: risk assessment and injury prevention.

CLARK, R., OPAR, D., WILLIAMS, M., & SHIELD, A. (2012). Hamstring strain injuries : factor that lead to injury and re-injury. *American Journal of Sports Medicine* , 209-226.

COMETTI, G. (1997). La détente et la pliométrie.

COMETTI, G. (1999). Les limites du stretching pour la performance sportive, partie 1 "intérêts des étirements avant et après la performance". Dijon: Centre d'expertise de la performance.

COMETTI, G. (1989). Les méthodes modernes de musculation. Dijon.

COOMBS, G., & GARBUTT, R. (2002, septembre). Developments in the use of the H/Q ratio for assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science and Medicine* , 56-62.

COULMY, N. (2005). Les étirements, fiche de synthèse. *Département sportif et scientifique FFS*.

CRAMER, J. T., BECK, T. W., HOUSH, T. J., MASSEY, L. L., MAREK, S. M., DANGLEMEIER, S., et al. (2007). Acute effets os static stretching on characteristics of the isokinetic angle - torque relationship, surface electromyography and mechanomyography. *Journal of sports science* , 688-697.

CROISIER, J. L. (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strenght performance disorders. *The American Journal of Sports Medicine* .

CROISIER, J., & CODINE, P. (2009, mars). Exercice Musculaire Excentrique. 4. (Masson, Éd.)

DEPINO, G. M., WEBRIGHT, W. G., & ARNOLD, B. L. (2000). Duration of maintained hamstring flexibility after cessassion of an acute static stretching protocole. *Journal of athletic training* .

DONNE, B., & LUCKWILL, R. (1996). Co-activation of quadriceps and hamstring muscles during concentric and eccentric isokinetic exercise. *Isokinetics and Exercise Science* 6, 21-26.

DORMAN, P. (1971). A report on 140 hamstring injuries. *Australian journal of sports medicine* , 30-36.

DUVIGNEAU, D. (2010, mars). Les appuis chez le sprinteur. *Coloqne AEI/FALIFA* .

FROSSARD, P., & PHILIPPOSIAN, R. (2007). Comparaison des ratio de force maximale ischio-jambiers et quadriceps entre volleyeuse et non volleyeuse.

GABAREL, B., & ROQUES, M. (1985). Les fascias en médecine ostéopathique. 113. Maloine.

GIQUEL, P. (2012, Février). Protocole ostéopathique. Brest: UFR STAPS.

HANON, C. (2005). Activité musculaire des membres inférieurs en course à pied sur le plat. 111-124. (D. Université, Éd.)

HAS. (2011, février). Les appareils d'isocinétisme en évaluation et en rééducation musculaire : intérêts et utilisation. 5.

HEISER, T., WEBER, J., & SULLIVAN, G. (1984). Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. *American journal of sports medicine*, 368-370.

HENNING, E., & PODZIELNY, S. (1994). Die auswirkung von dehn, und aufwärmübungen auf die vertikalsprungleistung. *Deutsche Zeitschrift für sportmedizin*, 45, 253-260.

JAIN, C. (2011). Tests prédictifs par niveau de preuve des lésions des ischio-jambiers dans les centres de formation de football. Poitiers, Bretagne.

JOHAGEN, S., & NEMETH, E. (1994). Hamstrings injuries in sprinters, the role of concentric and eccentric hamstrings muscles strenght and flexibility.

JOHANSSON, P., LINDSTROM, L., SUNDELIN, G., & LINDSTROM, B. (1999). The effects of pre-exercise stretching on muscle soreness, tenderness and force loss following heavy eccentric exercice. 219-225.

KAPANDJI, I. (2004). Physiologie Articulaire, Membre Inférieur. *5ème*. Maloine.

KNAPPIK, J., BAUMAN, C., JONES, B., HARRIS, J., & VAUGHAN, L. (1991). Preseason strenght and flexibility imbalances associated with injuries in female collegiate athletes. *American Journal of Sports medicine*, 76-81.

KOKKONEN, J., NELSON, G., & CORWELL, A. (1998). Acute muscle stretching inhibits maximal strenght performance. *69*, 411-415.

LAROCHE, D., & CONOLLY, D. (2006, juin). Effetes of stretching on passive muscle tension and response to eccentric exercise. *The american journal of sports medicine*, 34 (1000-1007).

LEBRAS, L. (2012, avril). Qualités physiques : Développement et entrainement. Brest.

LEGRAND, J. (1987, décembre). Renforcement musculaire : Comprendre la pliométrie . *Basketball*, 526. Paris.

L'EQUIPE. (2009, août 17).

LINO, A. (2005). Force explosive, élasticité musculaire, endurance. Evaluation des bols d'air Jacuqier. (U. " Sapienza", Éd.) Rome, Italie.

LIU, Y. (2007). Injury mechanism of bi-articular muscle hamstring during sprint running. Chine.

- LOUIS, H. (s.d.). Les principes d'efficacité de la course.
- MAGNUSSON, S., AAGAARD, P., SIMONSEN, E., & BOJSEN-MOLLER, F. (1998). A biomechanical evaluation of cyclic and static stretch in human skeletal muscle. *International journal of sports medicine*, 19 (310-316).
- MARQUES, A., VASCONCELOS, A., CABRAL, C., & SACCO, I. (2009). Effect of frequency of static stretching on flexibility, hamstring tightness and electromyographic activity. *Brazilian journal of medical and biological research*, 949-953.
- MOTRO, R. (2007, avril). Parlez vous tenségrité ? 2. (CNRS, Éd.)
- MYOLOGIE, I. D. (s.d.). http://myologie.org/ewb_pages/o/organisation_anatomique_3444.php.
- NELSON, A., DRISCOLL, N., LANDIN, D., YOUNG, M., & SCHEXNAYDER, I. (2004). Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance.
- NELSON, R. T., & BANDY, W. D. (2004). Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school male. *Journal of athletic training*, 254-258.
- ONTANON, G. (1996, novembre). Analyse et choix pour construire la foulée du jeune sprinteur.
- ORION. (s.d.). Le système tonique postural, notions générales destinées au corps médical, connaissances fondamentales clinique et thérapeutique.
- Pascal, P. (2003). Le tendon à la loupe. Sport, santé et préparation physique. 12. Paris.
- Prothoy, Y. (s.d.). La posturologie.
- Raduszynski, I. (s.d.).
- ROCHCONGAR, P. (2004). Evaluation des extenseurs et fléchisseurs du genou en médecine du sport : revue de la littérature. 274-281.
- SCHLEIP, R. (2003). Plasticité fasciale - Une nouvelle explication neuro-biologique ; Partie 1.
- SCOTTE, F. (2002). Les ischio dans le sprint, pourquoi ça pète?
- SHRIER, I., MACDONALD, D., & UCHACZ, G. (2006). A pilot study on the effects of pre-event manipulation on jump height and running velocity. 40 (947-949).
- THOMPSON, L. (2000). Predisposition to hamstring injury cannot be determined. *Exercise physiology educational resources*.
- VOLODALEN. (s.d.). Blessures.
- VOLODALEN. (s.d.). La biomécanique de la course.
- WESSEL, J. (1994). Effect of stretching on the intensity of delayed onset muscle soreness. *Clinical journal of sports medicine*, 83-87. New York.

WIEMANN, K., & TIDOW, G. (1995, mars). Relative activity of hip and knee extensors in sprinting - implication for training. *New studies in athletics*, 29-49.

WIEMANN, K., & TIDOW, G. (1995, Mars). Relative activity of hip and knee extensors in sprintings. Implication for training. *New studies in athletics*, 29-49.

WIKIPEDIA. (s.d.). Tenségrité - Architecture -. (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Tenségrité>, Éd.)

WORREL, T. (1994). Factor associated with hamstring injury : an approach to treatment and preventive measures. *American journal of sports medicine*, 338-345.

ZORIC, I. (2011, décembre). Anatomy, physiology and biomechanics of hamstrings injury in football and effective strenght and flexibility for its prevention. *Journal of human sports and exercises*, 209.

8 TABLE DES MATIERES

1. Introduction	1
2. Problématique professionnelle	3
2.1. Biomécanique de la course.....	3
2.1.1. Analyse	3
2.1.2. Phase d'appui.....	4
2.1.3. Phase de suspension	6
2.1.4. Travail spécifique des ischio-jambiers.....	6
2.1.5. Evolution de la foulée lors du 100m.....	7
2.2. Les ischio-jambiers.....	8
2.3. Notion de rapport de force	10
3. Intervention Ostéopathique	11
3.1. Approche posturale.....	11
3.2. Approche des étirements	13
3.3. Consultation ostéopathique	13
4. Matériel et méthode	13
4.1. Population	13
4.2. Critères d'inclusion	14
4.3. Critères d'exclusion.....	14
4.4. Technique utilisées	14
5. Résultats	14
5.1. Troubles posturaux.....	14
5.2. Utilisation des étirements.....	15
6. Discussion	15
6.1. Effets de la posture sur les ischio-jambiers.....	15
6.2. Effets des techniques ostéopathiques	20
6.2.1. Techniques Structurales.....	20
6.2.2. Techniques Fasciales	21
6.3. Utilisation optimale des étirements selon la littérature	23
6.4. Conclusion	27
6.5. Ouverture.....	27
7. Bibliographie	29
8. Table des matières	34
9. Tables des figures	35

9 TABLES DES FIGURES

<u>Figure 1: Schémas de la poulaine</u>	3
<u>Figure 2: Usain Bolt, bassin en rétroversion (Finale JO Londres 2012)</u>	4
<u>Figure 3: Phase d'amortissement d'Usain Bolt</u>	5
<u>Figure 4: Mise en action des ischio-jambiers lors de la foulée</u>	6
<u>Figure 5: Sollicitation des ischio-jambiers lors de la foulée</u>	7
<u>Figure 6: Les ischio-jambiers en vue postérieure</u>	8
<u>Figure 7: Les différents types posturaux selon Barré</u>	12
<u>Figure 8: Répartition hommes / femmes</u>	14
<u>Figure 9 : Architectures podales</u>	15
<u>Figure 10 : Pied valgus en imagerie, face latérale</u>	16
<u>Figure 11: Adaptations des membres inférieurs et du bassin sur un pied valgus</u>	17
<u>Figure 12 : The hypothalamus loop (effet d'une technique fasciale sur l'état de contraction du système musculaire)</u>	22
<u>Figure 13 : The intrafascial circulation loop (effet d'une technique fasciale sur la vascularisation loco-régionale)</u>	22
<u>Figure 12 : Les différentes phases de la foulée et principe de mise en tension</u>	26

ABSTRACT

REFERENCE : SOUBEYRAND Romain ; Theoric and pratic analysis of hamstring in 100m sprinters. Osteopathy's contribution in performance project. Observation in National 2 level.

OBJECTIVE : Understand how hamstring are working in sprinters (during event, in recovery time, ...) and how osteopathy can help sprinters to improve hamstring efficiency and sprint performance.

METHODOLOGY : We recruit ten sprinters from EAB and AEA. We did an anatomical, physiological and biomechanical analysis of hamstring. A postural approach of each sprinters have been done and what are her influence in hamstring performance. We tried to understand how stretching are knowing and using. Osteopathy is used to release anatomical structures belonging to inferior fonctiunal unity (feet to third lombar) to return the best mobility and functioning to hamstring.

RESULTS : Postural analysis show a great influence of interior arc's feet sagging in hamstring tension and pelvis position. Comparatative to litterature and subjects protocole on stretching, we showed that stretching is not use to an optimal way for sport performance.

CONCLUSION : Holistic approach of osteopathy and knowledge of sprinter in his all (anatomy, biomecanic) allowed to show many factors which influence hamstring performance (ratio H:Q, stretching, posture). Posture is fundamental because of her influence on hamstring (tension, flexibility) and on speed's preservation in sprint. Understanding and knowledge of stretching are essentials to have a better utilisation in order to improve effects (range of motion, elasticity).

KEY WORDS : *hamstring, sprint, osteopathy, stretching, posture*