



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Institut Régional de
Formation aux Métiers
de Rééducation
et de Réadaptation
Pays de la Loire

Institut Régional de Formation aux Métiers de la Rééducation et Réadaptation

Pays de la Loire.

54, rue de la Baugerie - 44230 SAINT- SÉBASTIEN SUR LOIRE

Apports de l'analyse biomécanique tridimensionnelle dans un
contexte de syndrome pubalgique

Revue narrative

Pierre-Louis CLAVIER

Mémoire UE28

Semestre 8

Année scolaire : 2019-2020

RÉGION DES PAYS DE LA LOIRE



AVERTISSEMENT

Les mémoires des étudiants de l'Institut Régional de Formation aux Métiers de la Rééducation et de la Réadaptation sont réalisés au cours de la dernière année de formation MK.

Ils réclament une lecture critique. Les opinions exprimées n'engagent que les auteurs. Ces travaux ne peuvent faire l'objet d'une publication, en tout ou partie, sans l'accord des auteurs et de l'IFM3R.

Remerciements

A mes parents, mes amis, ma copine et tous ceux qui m'ont soutenu dans la réalisation de ce travail.

Résumé

Introduction : Le syndrome pubalgique est une pathologie fréquemment retrouvée dans les sports multidirectionnels tels que le football, rugby ou hockey. A ce jour les différentes propositions thérapeutiques ne permettent pas un retour au sport d'un niveau équivalent à la pratique sportive antérieure pour l'ensemble des patients traités. De plus, elles échouent partiellement à empêcher la récurrence de ces douleurs puisqu'avoir un antécédent de cette pathologie en est un facteur de risque majeur.

Objectif : Examiner les apports de l'analyse tridimensionnelle dans la compréhension et la prise en charge du syndrome pubalgique chez des sportifs en partant de l'exemple du changement de direction, geste sportif omniprésent dans les sports à risque.

Méthode : Ce travail repose sur le modèle de la revue narrative, et vise à rassembler de manière logique des travaux sélectionnés par l'auteur pour offrir un tableau de la littérature sur la thématique donnée et de mettre en lumière ses lacunes.

Résultats : Des études observationnelles ont mis en évidence des altérations du contrôle moteur lombo-pelvi-fémoral chez cette population. Sur la base de ces constatations, de récentes études de cohortes ont proposé une rééducation axée sur ces déficiences du contrôle moteur. L'analyse biomécanique étant difficilement applicable en dehors de structures spécialisées, des tests cliniques validés dans d'autres pathologies pourraient être pertinents pour évaluer ces déficiences.

Conclusion : L'analyse biomécanique des sportifs souffrant d'un syndrome pubalgique permet d'envisager des traitements ciblant leurs déficits de contrôle moteur lombo-pelvi-fémoral. Toutefois, des études de haut niveau de preuve devraient être conduites pour explorer plus en détail les modalités d'évaluation clinique et d'application au sein de la prise en charge masso-kinésithérapique.

Mots-clés

- Syndrome pubalgique
- Biomécanique
- Changement de direction
- Contrôle moteur

Abstract

Introduction : Groin pain is a current syndrome in multidirectional sports such as football, rugby or ice-hockey. To date, therapeutic proposals do not allow a return to sport at an earlier level for all of the patients treated. It also partially fail to prevent the recurrence of these pains since having a history of this pathology is a major risk factor.

Objective : Examine the contributions of three-dimensional analysis in the understanding and management of groin pain in athletes, starting from the example of a cutting, an omnipresent sporting gesture in risky sports.

Methods : This work is based on the narrative review model, and therefore aims to logically gather works selected by the author to offer a table of literature of a theme and highlight its shortcomings.

Results : Several observational studies have shown alterations in lumbar-pelvic-femoral motor control in this population. Based on these findings, recents cohort studies have proposed a rehabilitation program focused on these motor control deficiencies. Biomechanical analysis is difficult to apply apart from specialized structures, clinical tests validated in other pathologies may be relevant to assess these deficiencies.

Conclusion : The biomechanical analysis of athletes suffering from groin pain provides elements to consider treatments targeting these lombo-pelvi-femoral motor control deficits. However, studies of a higher level of evidence should be conducted to explore more deeply the methods of clinical evaluation and application within physical therapy.

Keywords

- Groin pain
- Biomechanics
- Cutting
- Motor Control

Sommaire

Table des matières

I.	Introduction	1
II.	Anatomie et biomécanique de la région inguinale.....	2
III.	Physiopathologie du syndrome pubalgique.....	8
III.1.	Définition	8
III.2.	La douleur	8
III.3.	Classification	8
III.4.	Facteurs de risques	10
III.5.	Prévention.....	10
III.6.	Diagnostic.....	12
III.6.1.	Pathomécanique	13
III.6.2.	Examen clinique	14
III.6.3.	Imagerie	16
III.6.4.	Tests fonctionnels	17
IV.	Traitement.....	19
IV.1.	Traitement conservateur	19
IV.2.	Traitement chirurgical.....	19
V.	L'analyse tridimensionnelle à partir de l'exemple du changement de direction	20
VI.	Questions de recherche	23
VII.	Méthodologie de recherche.....	23
VII.1.	Mots clés	24
VII.2.	Bases de données interrogées	24
VIII.	Discussion.....	25
VIII.1.	Antécédent de syndrome pubalgique et biomécanique du sportif	25
VIII.2.	Le syndrome pubalgique, un contrôle moteur déficient.....	28
VIII.3.	Evaluation du contrôle intersegmentaire dans la pratique clinique	32
VIII.4.	Limites et perspectives	35
IX.	Conclusion	37
X.	Bibliographie	38
XI.	Annexes	I

I. Introduction

C'est à l'occasion de nos stages de formation clinique et lors de nos loisirs footballistiques, que nous avons été confrontés à plusieurs reprises à des sportifs souffrant d'un syndrome pubalgique. La région inguinale est fréquemment le siège de douleurs notamment dans les activités sportives comprenant des mouvements brusques de changement de direction, de frappe ou de phase d'accélération-décélération rapide comme le hockey, le rugby ou le football (1). Au cours d'une saison de football, le syndrome pubalgique représente ainsi 4 à 19% des blessures chez les hommes et 2 à 14% chez les femmes (2) pour un nombre de jours d'absence médian de 10 jours par blessure (3). La proportion relative des blessures à l'aîne étant supérieure chez les hommes que chez les femmes, le taux de syndrome pubalgique varie de 0,2 à 2,1/1000 h chez les hommes et de 0,1 to 0,6/1000 h chez les femmes dans le football (2).

Malgré cette fréquence, la prise en charge thérapeutique ne fait pas consensus. En effet, le pourcentage de retour au niveau d'activité sportive antérieur semble similaire qu'importe le type de traitement (4). Une prise en charge adaptée est d'autant plus importante que, chez le footballeur, le taux de récurrence d'un syndrome pubalgique lié aux adducteurs est de 17,7% avec une durée supérieure à la blessure initiale (5).

De par ces aspects, le syndrome pubalgique entraîne un coût financier important au regard des soins prodigués ainsi que des conséquences sportives relatives au temps d'absence du joueur. Toutefois, de nombreuses blessures de la région inguinales engendrant des douleurs ou une diminution des performances n'entraînent pas d'arrêt de la pratique. Ainsi, ce syndrome et ses conséquences semblent sous-estimé dans le football (2).

Devant une telle problématique au sein du sport le plus populaire au monde, il serait légitime d'imaginer qu'elle soit sujette à de nombreuses publications de qualité. Pourtant la réalité est toute autre, où la majorité des études sont de faibles qualités puisque seulement 6% présentent un haut niveau de qualité (6). Cette carence qualitative est notamment due au manque de clarté de la terminologie et classification jusqu'il y a quelques années (7), mais aussi en raison de la complexité anatomique de la région et de sa réponse à la contrainte sportive. Une meilleure compréhension des déterminants biomécaniques du syndrome

pubalgique en situation sportive pourrait permettre de mieux comprendre la survenue de ce syndrome et d'optimiser sa prévention comme sa prise en charge.

II. Anatomie et biomécanique de la région inguinale

La région inguinale est un carrefour antérolatéral sans limites clairement définies entre la partie basse de l'abdomen, la région pelvienne et la racine des membres inférieurs. Elle est traversée par de nombreux éléments musculaire ou vasculo-nerveux.

Le terme pubalgie renvoie à la symphyse pubienne qui met en relation les deux os iliaques au niveau de leur partie antérieure et inférieure, via le corps du pubis qui présente une partie plane articulaire ainsi qu'un tubercule ou épine à sa partie supérieure. Entre les deux corps recouverts de cartilage hyalin, est situé un fibrocartilage qui est renforcé par deux principaux ligaments. Cette articulation est sujette à un dimorphisme sexuel avec un angle de l'arcade pubienne plus important chez la femme (80-85°) par rapport à l'homme (50-60°) (8). La symphyse pubienne participe avec les articulations sacro-iliaques à l'absorption des contraintes. Extrêmement stable, elle présente toutefois de très légères mobilités avec 2 mm de débattement vertical, 1 mm dans le plan sagittal et transversal ainsi qu'une amplitude en rotation de 1,5°. Dans un contexte de grossesse et d'accouchement, la symphyse pubienne présente un écartement grâce à l'imbibition hormonale (9).

Les corps pubiens sont reliés au reste de l'os iliaque par deux branches distinctes. La réunification des trois parties osseuses de l'os iliaque constitue l'acétabulum, surface sphérique creuse. Il présente une partie centrale et inférieure non articulaire, la fosse acétabulaire et une partie périphérique articulaire de forme semi-lunaire recouverte de cartilage hyalin, le limbus acétabulaire (8).

L'acétabulum reçoit la tête fémorale pour constituer l'articulation de la hanche entre l'os coxal et le fémur, articulation de type sphénoïde soit trois degrés de liberté. La tête fémorale présente une surface sphérique pleine recouverte de cartilage hyalin sauf au niveau d'une petite dépression centrale, la fovea capitis, où s'insère le ligament de la tête fémorale, ligament porte-vaisseau. La tête fémorale se poursuit par le col, cylindre orienté en haut et en dedans selon un angle d'environ 125° avec la diaphyse dans le plan frontal, tandis que dans un plan transversal il se projette d'environ 15° en avant et en dedans. La diaphyse fait suite au col et présente à son niveau supérieur deux tubercules, lieux d'insertions musculaires. Le

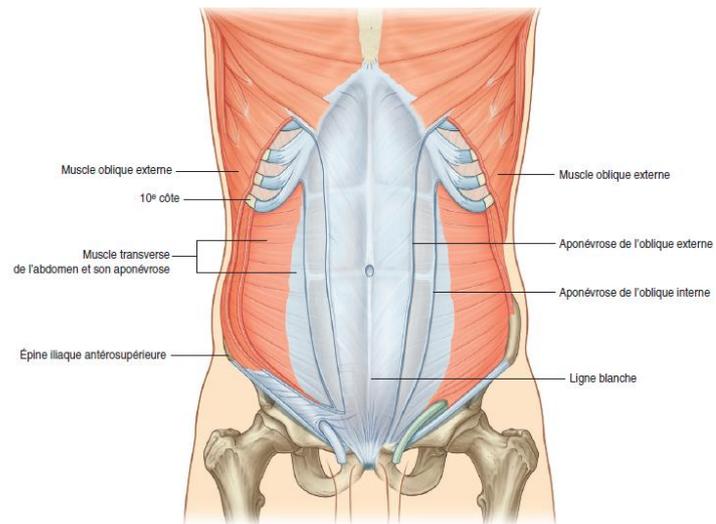
tubercule majeur ou grand trochanter est situé à l'intersection entre col et diaphyse sur le bord latéral. La ligne intertrochantérique, apparaissant à la face antérieure du fémur, descend en bas et en dedans pour relier le grand trochanter au petit trochanter ou tubercule mineur localisé sur le bord médial et légèrement postérieur du fémur. La ligne intertrochantérique se poursuit sur le bord latéral et postérieur de façon spiralée par la ligne pectinée. La crête intertrochantérique relie quant à elle les deux trochanters au niveau de la face postérieure du fémur. Sous cette dernière se dessine la ligne âpre où s'insèrent certains muscles à la face postérieure de la diaphyse fémorale (8).

La congruence de l'articulation de la hanche est augmentée par la présence d'un labrum ou bourrelet acétabulaire, fibrocartilage à la coupe triangulaire entourant l'acétabulum. Au niveau de l'incisure acétabulaire le labrum passe en pont pour former le ligament transverse de l'acétabulum. La capsule de la hanche est une membrane fibreuse épaisse et solide qui s'attache sur le limbus acétabulaire et englobe l'articulation pour aller s'insérer sur la ligne intertrochantérique, la base du col et la crête intertrochantérique. Cette capsule est renforcée par trois ligaments spiralés autour de l'articulation : les ligaments iliofémoral, pubofémoral et ischiofémoral. L'orientation de leur fibre fait qu'ils sont mis en tension lorsque l'articulation est en extension permettant une station verticale économe (8).

Les deux os coxaux s'articulent avec le sacrum, lui-même en relation avec le reste du rachis via la cinquième et dernière vertèbre lombaire. Au-dessus des cinq vertèbres lombaires on trouve douze vertèbres thoraciques sur lesquels s'articulent douze côtes. Les sept premières côtes s'articulent en avant avec le sternum, les huitièmes à dixièmes côtes s'articulent avec le cartilage costal des côtes sus-jacentes, alors que les onzièmes et douzièmes côte sont dites flottantes, c'est-à-dire qu'elles sont libres en avant (8).

Cinq muscles participent à la formation de la paroi antérieure et latérale de l'abdomen (fig. 1). De manière générale ces derniers sont innervés par les rameaux antérieurs des six derniers nerfs thoraciques ainsi que la première racine nerveuse lombaire pour certains. Ils s'insèrent distalement sur l'os coxal à proximité du pubis et participent ensemble à la contention des viscères et au maintien de la pression intra-abdominale.

De la superficie à la profondeur et du médial vers le latéral on retrouve (8) :



- Le pyramidalis, inséré sur la symphyse pubienne et qui monte en dedans pour aller rejoindre son homonyme controlatéral au niveau de la ligne blanche.
- Le rectus abdominis, muscle *Figure 1 - Muscles de la paroi antérieure de l'abdomen (8)* long et plat qui descend verticalement le long de la ligne blanche depuis les cartilages costaux des cinquièmes à septièmes côtes, ainsi que le processus xiphoïde jusqu'à la crête du pubis et la symphyse pubienne. Trois à quatre travées fibreuses horizontales le divisent pour lui donner cet aspect en « tablette de chocolat ». En plus de sa participation à la contention abdominale, il est fléchisseur du tronc et entraîne une rétroversion du bassin.
- L'obliquus externus, qui prend son origine au niveau des faces latérales des huit dernières côtes et descend en bas et dedans pour se poursuivre par une large aponévrose vers la ligne blanche, la crête iliaque, le ligament inguinal et le tubercule pubien. Une contraction bilatérale entraîne une flexion du tronc ou une rétroversion. La contraction unilatérale induit une rotation du tronc vers le côté opposé
- L'obliquus internus, part depuis la crête iliaque ainsi que les deux tiers latéraux du ligament inguinal avec une direction oblique en haut et en dedans vers le bord inférieur des trois ou quatre dernières côtes, et dont l'aponévrose participe à la constitution de la ligne blanche. Une contraction bilatérale entraîne une flexion du tronc ou une rétroversion tandis que la contraction unilatérale provoque une rotation du tronc vers le côté homolatéral.
- Le transversus abdominis, le plus profond, s'insère au niveau du fascia thoracolombal, des apophyses costiformes des vertèbres L1 à L4, de la crête iliaque et sur le tiers latéral du ligament inguinal, pour aller se terminer au niveau de la ligne blanche par son aponévrose ainsi que sur le pubis.

Les adducteurs constituent le compartiment interne des muscles de la cuisse. Au nombre de cinq, ils s'insèrent tous au niveau de la partie basse de l'os coxal, plus ou moins proche du pubis (fig. 2). Ces derniers sont tous innervés par le nerf obturateur, dont les racines sont L2 et L3, contrairement au pectineus qui lui est innervé par le nerf fémoral provenant des mêmes racines. Si leur rôle principal est de réaliser l'adduction de hanche, ils participent également à la flexion et la rotation latérale lorsque la hanche est en extension, ainsi qu'à

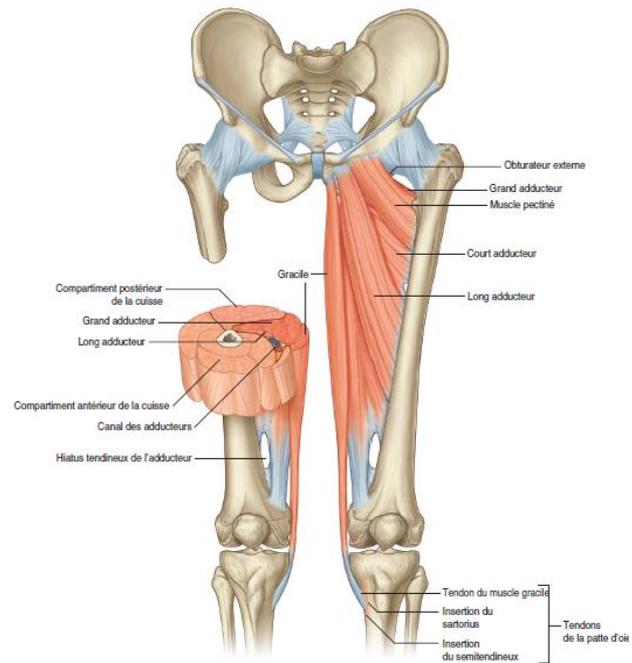


Figure 2 - Loge des adducteurs (8)

l'extension et la rotation médiale lorsque la hanche est en flexion.

Du médial vers le latéral et de la superficie à la profondeur on retrouve (8) :

- Le gracilis, inséré au niveau du bord externe du pubis, descend verticalement à la face interne et superficielle de la cuisse pour aller se fixer au niveau de la patte d'oie, lieu d'insertion musculaire situé à la face antéro-médiale de l'extrémité supérieure du tibia, en dedans de la tubérosité tibiale antérieure.
- L'adductor longus, qui prend son origine au niveau du bord externe du pubis en dehors du gracilis pour aller s'insérer distalement sur le tiers moyen de la ligne âpre situé à la face postérieure de la diaphyse fémorale.
- Le pectineus a pour origine le pecten du pubis, soit le rebord supérieur de la branche ilio-pubienne. Quadrangulaire il s'étend vers le bas et le dehors, de façon plus horizontale que les autres adducteurs, pour aller s'insérer distalement sur la ligne oblique entre le petit trochanter et la ligne âpre.
- L'adductor brevis, est inséré sur le corps du pubis et sur la branche ischio-pubienne juste au-dessus de l'insertion du gracilis, en profondeur de l'adductor longus et du pectineus. De forme triangulaire, il s'évase vers le bas et le dehors pour aller se terminer au niveau du tiers supérieur de la ligne âpre.

- L'adductor magnus, le plus volumineux et le plus profond, s'insère au niveau du bord antéro-inférieur de la branche ischio-pubienne et de la tubérosité ischiatique. Divisé en deux parties fonctionnellement différentes, il vient s'insérer en éventail à la face postérieure du fémur jusqu'au condyle médial. Le chef le plus médial et fin, le chef dit « ischio-jambier » descend presque verticalement pour aller se terminer distalement au niveau du tubercule des adducteurs localisé sur le bord supérieur du condyle fémoral médial et la ligne supracondyloire. Le chef latéral et large, appelé « adducteur » s'évase vers la totalité de la ligne âpre jusqu'à la ligne supracondyloire distalement.

L'iliopsoas est constitué de la réunification de deux muscles partageant leur insertion distale au niveau du petit trochanter. Le psoas major prend son origine au niveau des faces latérales des corps vertébraux et processus transverses de Th12 à L5 ainsi que les disques intervertébraux avoisinant, tandis que l'iliacus s'insère sur les deux tiers supérieurs de la fosse iliaque. L'iliopsoas est innervé par les racines L1 à L3 et participe grandement à la flexion de hanche ou induit une hyperlordose lombaire (8).

Le canal inguinal est une zone de faiblesse en raison de la migration des gonades lors de la période embryonnaire. Des hernies inguinales peuvent se développer au sein de ce canal, causant des douleurs à l'aîne. Il possède un trajet chicané orienté en bas et en dedans sur 4 centimètres, situé parallèlement et au-dessus du ligament inguinal et contient le nerf génitifémoral et le cordon spermatique, ou le ligament rond selon le sexe. Les deux orifices du canal sont appelés anneaux, avec l'anneau inguinal profond qui est une évagination tubulaire du fascia transversalis localisé au-dessus du ligament inguinal et l'anneau inguinal superficiel, situé au-dessus du tubercule du pubis, est un orifice au sein de l'aponévrose de l'obliquus externus. Ce méat a une forme triangulaire dont la base est formée par la crête du pubis et les côtés par les piliers de l'aponévrose de l'obliquus externus, tandis que le sommet est situé en haut et en dehors (8).

Avec l'aide des fibres inférieures de l'obliquus internus latéralement, l'aponévrose de l'obliquus externus constitue la paroi antérieure du canal inguinal, alors que la paroi postérieure est formée par le fascia transversalis auquel s'ajoute sur le tiers médial la réunification des fibres de l'aponévrose de l'obliquus internus et du transversus abdominis.

Le toit est constitué par les fibres arquées des muscles obliquus internus et transversus abdominis, alors que le plancher correspond à la moitié médiale du ligament inguinal (8).

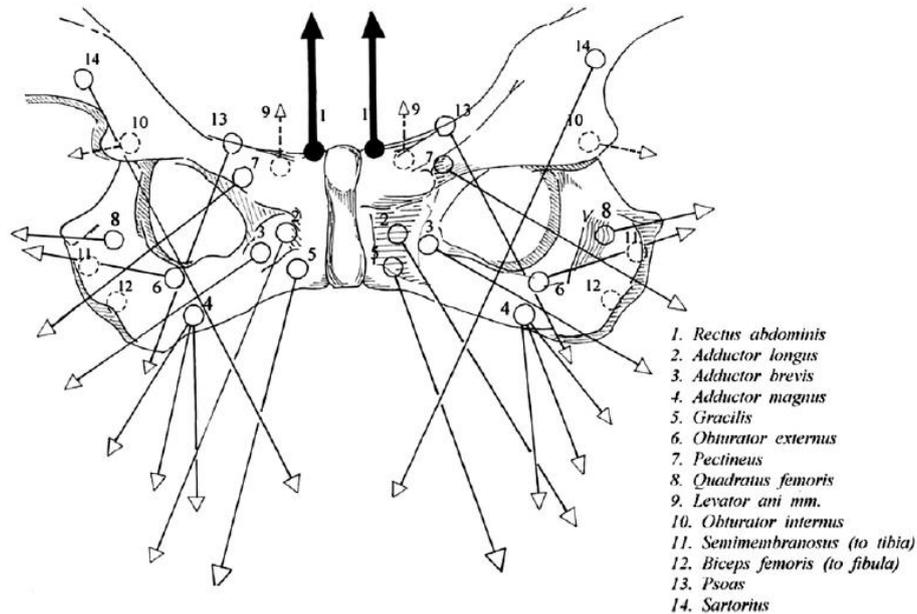


Figure 3 - Symphyse pubienne et forces musculaires (10)

La situation de carrefour de la région inguinale, devant assurer une stabilité pelvienne ainsi qu'une mobilité coxo-fémorale, fait qu'elle est au centre des forces de tractions musculaires (fig. 3) (10). Les forces musculaires réduisent les contraintes sur le complexe lombo-pelvi-fémoral permettant la stabilité de cette région (11). Par conséquent, un déséquilibre de ces forces provoquerait une augmentation des contraintes sur la région lombo-pelvi-fémorale, pouvant conduire à des douleurs inguinales (10) par surcharge des structures compensatrices (12).

Ces forces sont subdivisables en trois compartiments : le compartiment antérieur de l'abdomen constitué des abdominaux ainsi que des interdigitations avec les muscles de la cuisse, le compartiment interne de la cuisse avec les adducteurs en dehors du chef médial de l'adductor magnus qui appartient au compartiment postérieur avec les ischio-jambiers (10). Meyers et al ont représenté les points d'application de ces forces ainsi que leurs directions permettant donc de visualiser les forces stabilisatrices en jeu, particulièrement sur la zone inguinale et pubienne (fig. 3) (10).

Cette complexité biomécanique statique de la région lombo-pelvi-fémoral est accentuée lors du passage à l'analyse dynamique, notamment dans le cas de mouvements multidirectionnels connus pour être un des facteurs à l'origine de douleurs inguinales (13). L'enjeu principal de la rééducation est alors de rétablir l'équilibre entre ces forces stabilisatrices (14).

III. Physiopathologie du syndrome pubalgique

III.1. Définition

En 2004, Bouvard et al définissent la pubalgie comme « un syndrome douloureux fréquemment récurrent du carrefour pubien, lié à l'effort sportif, touchant essentiellement le couple os-tendon » (15).

Aujourd'hui, le terme « pubalgie » est utilisé pour nommer des douleurs situées dans la région inguinale ne se limitant pas seulement à la région pubienne comme il pourrait le laisser sous-entendre. Dans ce sens, le terme « groin pain » en anglais semble plus juste et représentatif des nombreuses étiologies regroupées sous celui-ci. C'est pourquoi, nous utiliserons dans ce travail, le terme français générique « syndrome pubalgique » (SP).

III.2. La douleur

La douleur est le symptôme principal. D'origine mécanique, elle suit une apparition progressive dans 2/3 des cas tandis que pour le tiers restant la douleur survient brutalement (15). En l'absence d'évolution spontanée positive ou de prise en charge, la douleur peut se prolonger jusqu'à devenir chronique. Il n'existe pas de temporalité claire pour que le SP soit considéré comme chronique (7), mais chez certains auteurs on parle de SP chronique à partir du moment où les symptômes durent depuis au moins 6 semaines (16) ou encore au-delà de 2 mois (17,18).

III.3. Classification

Le diagnostic lésionnel du SP a longtemps été source de difficulté, d'une part en raison de la complexité anatomique de la région inguinale et d'autre part à cause de la multitude de terme employé, entraînant ainsi une confusion.

Etablir une classification précise et universelle est apparu comme un enjeu majeur pour faciliter la pratique clinique et la recherche. Au fil des années, plusieurs auteurs se sont attelés à l'établissement d'une classification selon des critères propres à chacun.

Devant cette absence de consensus, vingt-quatre experts internationaux se sont réunis en 2014 à Doha dans le but d'établir une terminologie précise (7).

Cette rencontre a permis d'établir une classification basée sur la clinique selon trois catégories (fig. 4) :

1) Origine relative à une entité clinique définie :

- Adducteur : sensibilité à la palpation et douleur à la contraction contre résistance
- Iliopsoas : douleur à la flexion de hanche contrariée et/ou à l'étirement des fléchisseurs de hanche
- Canal inguinal : douleur dans la région du canal inguinal sans qu'une hernie ne soit palpable et qui s'intensifie lors de la contraction contre résistance des abdominaux ou lors de la manœuvre de Valsalva, à la toux ou à l'éternuement
- Symphyse pubienne : sensibilité à la palpation sans reproduction des symptômes à n'importe quel test contre résistance.

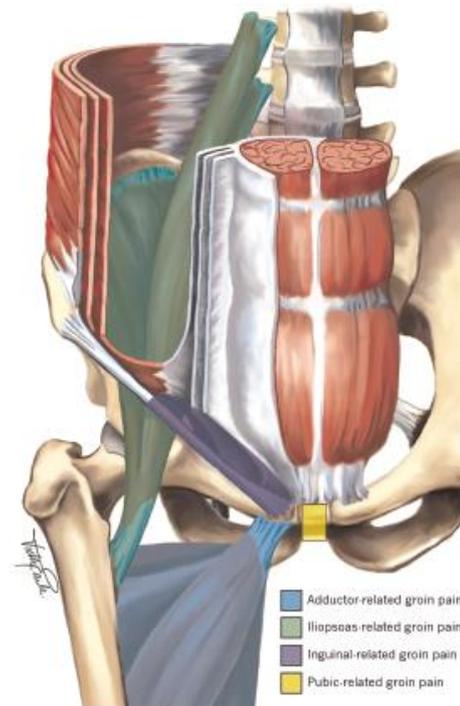


Figure 4 - Entités cliniques définies en relation avec le syndrome pubalgique (7)

2) Origine coxo-fémorale : Conflit fémoro-acétabulaire ou lésion du labrum acétabulaire dont l'histoire d'apparition des symptômes sera prédominante, associée à un examen de l'amplitude articulaire de hanche et des tests en flexion, adduction et rotation interne de hanche (FADIR) ainsi qu'en flexion, abduction et rotation externe de hanche (FABER)

3) Autres origines : fracture, souffrance nerveuse, tumeur...

III.4. Facteurs de risques

On retrouve dans la littérature de nombreux facteurs de risques sans que ceux-ci ne fassent tous consensus. Toutefois, un antécédent de SP ainsi qu'une faiblesse des adducteurs semblent être les plus évidents (19–21).

D'autres facteurs de risques ont également été étudiés sans que les résultats des différentes études ne convergent. Une limitation d'amplitude rotation de hanche est sujette à débat puisque que certains auteurs l'identifient comme un facteur de risque (19,20,22) particulièrement lorsque le degré d'amplitude total cumulé est inférieur à 85° (22), alors que Whittaker et al concluent à l'absence de corrélation (21). Cette divergence se retrouve également sur le poids puisque Ryan et al concluent sur une association (20) au contraire de Whittaker et al qui la réfutent (21).

Un équilibre entre les forces musculaires stabilisatrices de la hanche et de la région pelvienne semble rentrer en ligne de compte. Un changement au niveau des ratios agoniste/antagoniste (20), ainsi qu'une faiblesse des abdominaux provoquant un déséquilibre avec les abducteurs de hanche pourraient également être à l'origine de ces douleurs (19).

De plus, des facteurs non modifiables sont susceptibles d'être en partie responsables de l'apparition de douleur inguinales comme l'avancée en âge et un petit diamètre du fût huméral du membre dominant (19,20).

Les douleurs de la région inguinale sont également influencées par des facteurs extrinsèques relatifs à la pratique sportive en elle-même puisque jouer au haut niveau (21), une mauvaise utilisation du matériel (19), un revêtement du terrain inadéquat (19) ainsi qu'une charge d'entraînement inadaptée (19,21) ont été identifiés comme facteurs de risques.

III.5. Prévention

La prévention est définie par l'OMS comme « des mesures qui visent non seulement à empêcher l'apparition de la maladie, telle que la lutte contre les facteurs de risques, mais également à en arrêter les progrès et à en réduire les conséquences » (23). On peut la distinguer en trois formes différentes avec « la prévention primaire qui agit en amont de la maladie (ex : vaccination et action sur les facteurs de risques), la prévention secondaire qui agit à un stade précoce de son évolution (dépistages), et la prévention tertiaire qui agit sur les complications et les risques de récurrence » selon la HAS (24). En 1982, Gordon établit une

classification de la prévention selon la population cible avec la prévention universelle qui s'adresse à l'ensemble de la population, la prévention sélective qui s'adresse à des sous-groupes potentiellement exposés à des facteurs de risques ainsi que la prévention ciblée qui s'adresse quant à elle à des sous-groupes exposés à des risques identifiés (25).

Une faiblesse des adducteurs étant un des facteurs de risques modifiable le plus reconnu (19–21) pour la survenue des douleurs à l'aine, une prévention primaire et secondaire ciblée via des programmes de renforcement de ces muscles ont été implémentés à l'entraînement de sportifs (26–28). Un protocole axé sur le renforcement concentrique et excentrique des adducteurs associé à des exercices de coordination et de stabilisation mis en œuvre chez 477 footballeurs n'a pas montré de supériorité statistiquement significative ($p=0,18$) à réduire le risque de SP en comparaison avec un entraînement classique malgré une diminution de 31% (28).

D'autres auteurs s'appuyant sur des programmes plus spécifiques aux adducteurs ont trouvé des résultats différents. En 2002, Tyler et ses collaborateurs ont observé une diminution de l'incidence de ce syndrome lors des deux saisons consécutives à l'ajout de ce programme par rapport aux deux saisons la précédant (0,71/1000h vs 3,2/1000h) chez des hockeyeurs sur glace préalablement identifiés comme à risque (26). Plus récemment des auteurs scandinaves ont observé l'efficacité de l'utilisation de bandes élastiques (29) ou l'exercice du « Copenhagen Adduction » (30) pour renforcer les adducteurs et ainsi prévenir le risque de SP chez des footballeurs (27). Reposant sur trois déclinaisons (fig. 5), cet exercice

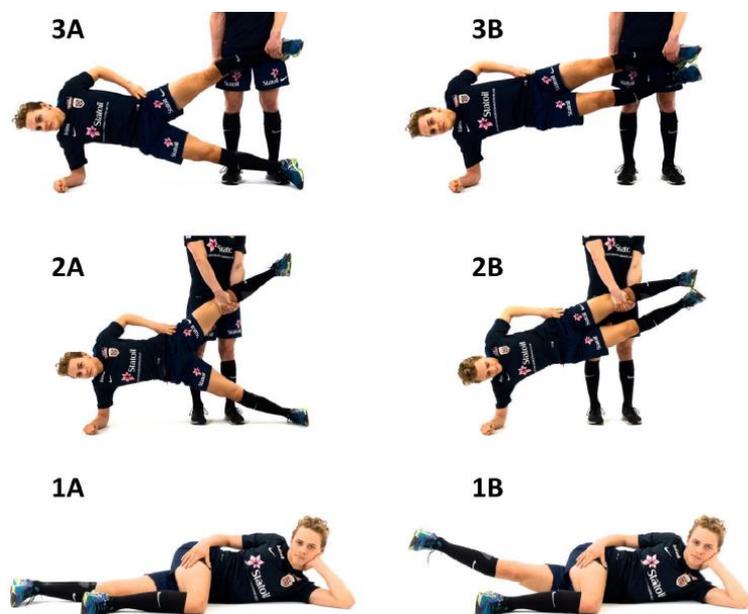


Figure 5 - Copenhagen Adduction exercise (27)

a montré une diminution de 41% du risque de survenue d'un SP par rapport à un entraînement classique (27). Ils ont également proposé l'inclusion de cet exercice au sein du programme

d'échauffement Fifa 11+ (31), puisque ce dernier, bien que couramment utilisé et développé pour réduire l'incidence des blessures dans le football, ne présentait pas d'exercice à cet effet.

La prévention tertiaire du SP comprend les exercices précédemment décrits mais également par le port de shorts de compression ciblée. Revêtir ce dernier permet de diminuer l'activation de l'adductor longus lors d'un changement de direction (CDD) (32), muscle le plus lésé dans ce pathomécanisme (12). Un short de compression ciblée permet de réduire la douleur et d'améliorer le score à un auto-questionnaire fonctionnel, sans altérer les performances sportives (33).

III.6. Diagnostic

Dans le cadre d'un syndrome douloureux à l'aîne, le diagnostic réside autant dans l'identification de(s) structure(s) incriminée(s) que dans l'exclusion d'autres pathologies pouvant présenter un tableau douloureux similaire (fig.6).

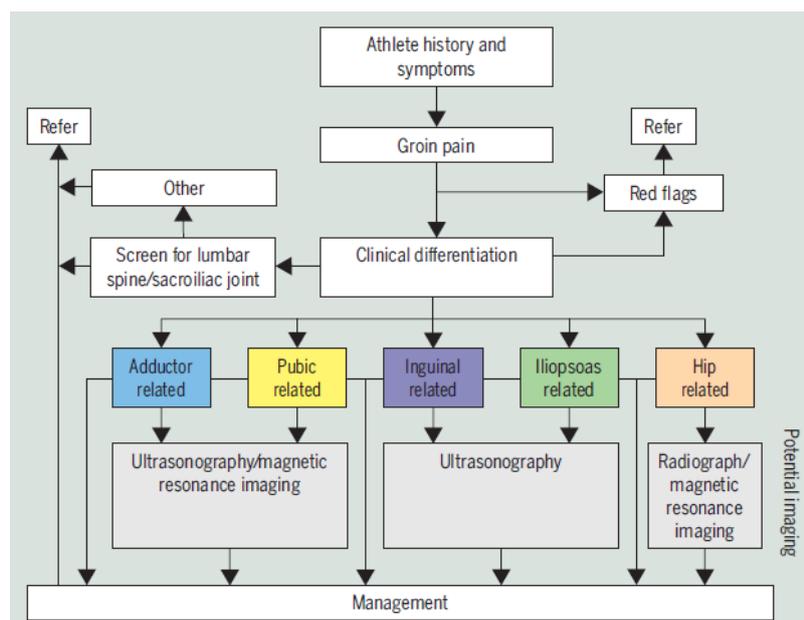


Figure 6 - Algorithme de l'examen clinique du syndrome pubalgique (12)

Dans un premier temps, l'entretien avec le patient doit permettre de déceler ou éliminer certains drapeaux rouges, bien que peu nombreux, et qui pourraient justifier une réorientation du patient vers un autre professionnel de santé. On retrouve les douleurs projetées liées aux organes, un antécédent de cancer notamment de l'appareil reproducteur ou sexuel, un antécédent de traumatisme, la présence de fièvre, une perte de poids

inexpliquée, la survenue de douleurs lors de la miction, des douleurs nocturnes et un contexte d'utilisation prolongée de corticostéroïde (12).

La réalisation d'un diagnostic différentiel doit ensuite permettre d'exclure les pathologies, plus ou moins graves, qui pourraient entraîner ces douleurs. Chez le sportif de moins de 20 ans, il semble important de considérer l'éventualité d'une pathologie liée à la croissance notamment car la symphyse pubienne est la dernière partie du squelette à arriver à maturité. Dans le même contexte, une pathologie de maturation survenue durant l'adolescence telle qu'une épiphysiolyse, une ostéochondrite primitive de hanche ou une dysplasie cotyloïdienne, peut expliquer l'apparition des symptômes. Chez le sportif adulte plus âgé, on cherche à exclure des pathologies comme une coxarthrose, une ostéonécrose de la tête fémorale, une fracture du col fémoral ou une fracture de fatigue de la diaphyse humérale. L'évocation de ces pathologies devrait aussi avoir lieu devant tout SP inexpliqué ou chronique, dont les symptômes n'observent pas d'amélioration suite à un traitement (12).

III.6.1. Pathomécanique

Le mécanisme d'apparition de la douleur permet de poser les premières hypothèses sur les structures lésées et donc d'orienter l'examen clinique. Les douleurs à l'aine sont communes dans la pratique de sports comme le football ou le hockey qui impliquent des mouvements forcés et répétitifs de la hanche, notamment impliqués lors de la frappe de balle, le CDD ou encore le patinage (1,12). On retrouve classiquement deux modes d'apparition des douleurs à l'aine. Dans un premier temps un mode d'apparition aiguë localisé surtout au niveau de la jonction musculotendineuse de l'adductor longus, du rectus femoris et de l'iliopsoas. Dans un second temps, un mode d'apparition par surcharge ou surutilisation concernant les os, les tendons et leurs insertions tendineuses sur l'os et plus rarement le rectus femoris comparé au mode d'apparition aiguë (12).

Le pathomécanisme aiguë concerne les adducteurs pour 2/3 des cas et parmi ceux-ci l'adductor longus à 90%, et surviennent dans la majorité des cas en chaîne fermée, lors d'un CDD vers le côté non lésé. Le changement brutal de direction provoque une extension, une abduction et une rotation externe de hanche positionnant l'adductor longus en position d'allongement. Ce mécanisme de mise en tension couplé à une activation musculaire rapide semble également être à l'œuvre dans l'autre cas en chaîne fermée décrit par Serner et al, l'interception de balle. On retrouve aussi un mécanisme lésionnel en chaîne ouverte avec la

frappe de balle et le saut. Dans la frappe de balle, le geste décrit une diagonale de l'extension, abduction de hanche et flexion de genou vers la flexion, adduction de hanche et rotation latérale pour utiliser l'intérieur du pied comme surface de contact. Ce mouvement reproduit le mécanisme de la chaîne fermée avec la mise en position longue lors de la phase d'armé suivi d'une activation maximale et rapide de l'adductor longus (34). Les lésions aiguës du rectus femoris surviennent lors de la frappe de balle et la course. Les blessures au niveau de l'iliopsoas se retrouvent généralement lors de CDD (35).

L'apparition de douleurs inguinales par surcharge ou surutilisation se fait progressivement suite à l'accumulation de microtraumatismes dans le cadre de sport impliquant des mouvements multidirectionnels explosifs (36). Ces mouvements entraînent des forces de cisaillement continues et très importantes sur la symphyse pubienne et la région de l'aîne (10).

III.6.2. Examen clinique

L'examen clinique débute par la poursuite du diagnostic différentiel (fig.6) dans le but d'exclure les pathologies en relation avec le rachis lombaire et l'articulation sacro-iliaque (12). Le tableau d'interprétation des ratios de vraisemblance a été publié par Piette (fig.7) (37).

Valeur des ratios de vraisemblance (Rv) et interprétation clinique.

RV+	RV-	Effet	Interprétation
> 10	<0,1	Bon	L'évolution de la probabilité initiale à finale est forte, elle permet un diagnostic avec peu d'incertitude
5-10	0,1-0,2	Modéré	L'évolution de la probabilité initiale à finale est modérée, il est préférable de confirmer le diagnostic en le couplant avec un autre test
2-5	0,2-0,5	Faible	L'évolution de la probabilité initiale à finale est insuffisante pour le diagnostic, d'autres tests sont indispensables
1-2	0,5-1	Très faible	L'évolution de la probabilité initiale à finale est insignifiante, le test n'a pas d'utilité diagnostique

Figure 7 – Piette (37)

Dans un objectif d'efficacité, Thorborg et al proposent d'utiliser les tests ou associations de tests présentant les meilleures qualités métrologiques. Ainsi, l'hypothèse d'une origine discogénique ou une radiculopathie est exclue si on observe aucune évolution des signes subjectifs du patient (sensibilité de 92% ; ratio de vraisemblance négatif = 0,12) lors des rotations lombaires répétées ainsi qu'une réponse négative à l'association d'un « straight leg raise test » (sensibilité de 97% ; ratio de vraisemblance négatif = 0,05) et d'un « slump test » (sensibilité de 83% ; ratio de vraisemblance négatif = 0,32) (12,38). D'autres auteurs proposent la réalisation d'un « femoral slump test » (38) ce dernier semblant avoir une très bonne sensibilité (sensibilité de 100% (40 à 100%) ; ratio de vraisemblance négatif de 0 (0 à 0,6) (39).

Un test d'extension-rotation négatif permet d'exclure une douleur d'origine facettaire (sensibilité de 100% ; ratio de vraisemblance = 0,00) (12). L'exclusion d'une douleur d'origine

sacro-iliaque sera réalisée grâce à un « thigh thrust test » négatif (sensibilité de 88% ; ratio de vraisemblance négatif = 0,18) (12). Falvey et al (38) proposent d'utiliser le « Gaelsen's test », test de provocation de l'articulation sacro-iliaque malgré une clinimétrie faible (sensibilité de 50 à 53% ; ratio de vraisemblance négatif 0,65 à 0,66) identifié par Laslett et al, qui eux préconisent l'utilisation du « thigh thrust test » ou alors des résultats négatifs à l'intégralité des tests de distraction, compression, « thigh thrust », « Gaelsen's test » droit et gauche et « sacral thrust » (40).

L'identification de la ou des structures(s) lésée(s) se fait selon la classification de Doha (7) via des tests de provocation de la douleur. La palpation a une place prédominante dans le repérage des structures anatomiques (7,12). Les adducteurs sont testés à partir de douleur à l'association de la palpation, de la contraction résistée et de l'étirement (7,12,38). Cette combinaison de test permettrait d'arriver à une précision supérieure à 90% pour diagnostiquer une lésion aigue des adducteurs (12).

L'examen d'une douleur eu relation avec l'iliopsoas est réalisé par la combinaison de la palpation abdominale douloureuse du psoas major, d'une flexion contrariée de la hanche et d'une douleur au « Thomas test » (7,38) ce dernier étirant le muscle. La différenciation entre une lésion aigue du rectus femoris et de l'iliopsoas est difficile en raison de la faible précision des tests (12). Cependant, une absence de reproduction de la douleur à la palpation au niveau des adducteurs et des fléchisseurs de hanche permet d'exclure une lésion aigue de ces structures avec une précision supérieure à 90% (12).

Une douleur symphysaire sera diagnostiquée par une sensibilité à la palpation de cette dernière au niveau de l'insertion du rectus abdominis sur son bord supérieur, d'un « squeeze test », « crossover test » et une contraction résistée des abdominaux inférieurs douloureuse selon Falvey et ses collaborateurs (38). A l'inverse, les auteurs du consensus de Doha ont estimé qu'il n'y avait pas de test de provocation spécifique à cette entité (7).

Un SP peut également être en relation avec une pathologie articulaire de hanche avec notamment le syndrome du conflit féméroacétabulaire (12). Le diagnostic de ce syndrome repose sur une triade regroupant les symptômes, les signes cliniques et l'imagerie. Dans un premier temps on retrouve une douleur inguinale ou douleur à la hanche dans un secteur de mouvement ou lors de positions prolongées (12,41). Cette douleur est exacerbée dans

certaines mouvements entraînant une augmentation des contraintes sur l'articulation coxo-fémorale comme le test de Stinchfield, une flexion de la hanche en décubitus dorsal contrariée au-delà de 30-45° (41). Elle peut être plus ou moins associée à un ressaut, un blocage ou une restriction d'amplitude de hanche. (12,41). Les tests de FABER et de FADIR semblent être les plus sensibles pour orienter l'hypothèse vers une douleur en lien avec l'articulation coxo-fémorale (7,38,41). Une restriction importante des amplitudes orientera plutôt l'investigation vers une coxarthrose (41). La positivité d'un test ne permet pas de conclure en la présence de la pathologie mais doit amener à pousser les investigations plus loin grâce à l'apport de l'imagerie.

L'identification d'une origine inguinale du syndrome repose sur un diagnostic d'exclusion associée à la disparition des symptômes lors de la réalisation d'une infiltration anesthésique localisée sur le nerf ilioinguinal (38). Cette douleur est aggravée à la contraction résistée des abdominaux ou lors de manœuvre accentuant la pression intra-abdominale comme la manœuvre de Vasalva, une toux ou un éternuement (7).

III.6.3. Imagerie

Dans le cadre du diagnostic l'imagerie n'est pas recommandée en première intention (fig.6) si l'examen clinique permet à lui seul d'identifier une des identités cliniques atteintes selon la classification de Doha et d'autant plus que l'imagerie seule ne permet pas de conclure et peut induire en erreur (7,12). Elle a cependant sa place pour exclure des pathologies graves ou pour, en seconde intention et en corrélation avec l'examen clinique, clarifier le diagnostic (12).

Si l'imagerie permet d'identifier des anomalies structurelle au niveau du pubis chez les sportifs ayant un SP en relation avec le pubis ou les adducteurs (38), des données similaires ont également été identifiées chez le sportifs asymptomatique (12). Dans cette situation l'imagerie, à travers une échographie ou un IRM, n'aurait comme seul apport de déterminer la gravité de la lésion au niveau des adducteurs sachant qu'une avulsion de la partie proximale de l'insertion de l'adductor longus est associée à une rééducation plus longue (12).

Concernant un SP d'origine inguinale, l'échographie dynamique est souvent utilisée pour identifier une déficience structurelle type « bulging » (42), mais elle présente un taux important de faux positif et aucune preuve de validité ou de reproductibilité pour Thorborg et al (9) bien que Bou Antoun et ses collaborateurs affirment le contraire (42). L'IRM permettrait

également d'affiner le diagnostic en explorant les parois du canal inguinal et de possible faiblesse (42).

Du fait de la difficulté du diagnostic en relation avec l'iliopsoas, une IRM ou une échographie peut être utilisée en complément (12).

Pour les douleurs inguinales relatives à la hanche, une radiographie est essentielle notamment dans le cas du syndrome du conflit fémoroacétabulaire ou d'arthrose. Une vue antéropostérieure du bassin ainsi qu'une vue latérale du col fémoral seront nécessaires pour identifier des modifications structurelles possiblement en lien avec ces douleurs (12,41). Une incidence radiographique de Dunn serait plus efficace pour le diagnostic d'un conflit de type cam, situé à la jonction cervico-céphalique (41). La littérature décrit également l'utilisation d'un arthro-IRM ou de tomographie assistée par ordinateur pour la reconstruction en 3 dimensions de la déformation (41).

Dans le cas d'un SP chronique, l'imagerie permet de mettre en évidence une réponse des tissus avoisinant tels qu'une dégénérescence symphysaire au niveau pubien, une pathologie d'insertion sur les adducteurs, un œdème osseux pubien ou un « signe de la seconde fente » (7). Cependant, pour Drew et al, une imagerie de ce type est plus en lien avec un stade précoce, alors qu'au stade chronique, l'imagerie permettra de voir une sclérose sous-chondrale, des irrégularités des contours de la symphyse pubienne et des lésions des tendons des adducteurs, de l'iliopsoas et du gluteus maximus (16).

III.6.4. Tests fonctionnels

Le retentissement fonctionnel de ce syndrome peut être mis en évidence et quantifié via différents outils chez le sportif.

La mesure des amplitudes articulaires de la hanche est sujette à débat puisque certains auteurs identifient une différence significative chez les athlètes atteints de douleurs inguinales tandis que d'autres non. Il apparaît alors qu'une différence nettement mesurable entre les deux cotés peut être utilisée comme marqueur d'une souffrance (12). Néanmoins l'identification de l'origine de cette limitation en amplitude apparaît comme plus importante que les amplitudes en elles-mêmes (12).

Une diminution de la force des adducteurs est également quantifiable chez les sportifs présentant un SP (43,44). Cette dernière serait observable jusqu'à 2 semaines avant la

survenue des douleurs (44). Dans ce cas-là on peut utiliser un dynamomètre à main pour quantifier et comparer la force au niveau de la hanche et de la comparer au membre controlatéral ou à des normes publiées selon la population (12). Un index révélateur de la différence de force musculaire entre les deux hanches ou un ratio agoniste-antagoniste peut être utilisé pour surveiller l'évolution de la pathologie d'autant que la littérature met en évidence qu'un déficit de force supérieur à 20% est fréquent chez les athlètes présentant un SP en relation avec le pubis ou les adducteurs (12).

Le test « Adductor squeeze test » (*Annexe 1*) est réalisable de concert avec la mesure de la force des adducteurs. Ne nécessitant aucun matériel et rapide à réaliser, c'est un marqueur valide de la douleur et de la fonction lors de la contraction isométrique maximale des adducteurs contre résistance pendant 5 secondes (12,45). Une échelle numérique graduée de 0 à 10 permet de coter la douleur lors du test afin de l'inclure dans un des trois groupes relatifs à l'intensité de la douleur. Ainsi, pour un chiffre compris entre 0 et 2, le patient sera catégorisé dans le groupe sain, pour un chiffre compris entre 3 et 5 le patient sera catégorisé dans le groupe ayant une douleur acceptable tandis que pour un chiffre compris entre 6 et 10 le patient sera compris dans le groupe à haut risque (45).

Des tests physiques plus généraux du membre inférieur peuvent également être mis en place pour tester la fonction et la performance comme le « single leg stance test », le « single leg squat » ou le « star excursion balance test » (12). Un test de CDD rapide peut aussi être pertinent. En effet, une analyse tridimensionnelle du mouvement permettrait de mettre en évidence des changements de schéma de CDD tandis que le temps de réalisation est un test fiable et facilement reproductible (12).

L'évaluation de la fonction peut également se faire via des critères subjectifs. Il existe pour cela un auto-questionnaire spécialement développé pour le SP, le « Copenhagen Hip And Groin Outcome Score » (HAGOS) (*Annexe 2*) (12,46). Ce questionnaire est composé de 37 questions organisées en 7 catégories : symptômes ; raideur ; douleurs ; fonction physique et activités quotidiennes ; aptitude fonctionnelle, sport et temps libre ; pratique d'activités physiques et qualité de vie. Le patient doit compléter le questionnaire selon son ressenti depuis une semaine (46). Un autre questionnaire, plutôt développé à visée de la hanche, peut être utilisé comme l'international Hip Outcome Tool (12,41). Ces deux questionnaires sont validés et traduits dans de nombreuses langues dont le français pour le score HAGOS (12,46).

IV. Traitement

Deux types de traitements sont proposés dans la prise en charge du SP, un traitement conservateur et un traitement chirurgical. Si la littérature ne permet pas d'affirmer la supériorité d'un des traitements par rapport à l'autre (4,12), classiquement le traitement conservateur est initié en première intention tandis que le traitement chirurgical est proposé en derniers recours.

IV.1. Traitement conservateur

Le traitement conservateur qui semble le plus efficace est un traitement actif par rapport au traitement passif (7,12,47) dans le cas d'une douleur en relation avec les adducteurs ou le pubis avec environ 50 à 75% des patients qui retourneront à leur niveau de pratique antérieur sans douleur (12). En complément, il semble que l'utilisation des ondes de chocs permette un retour au sport plus rapide (36).

Cependant, si le traitement actif seul est plus efficace qu'un traitement passif seul, une récente revue des revues de littérature a mis en évidence qu'un traitement multimodal constitué de thermothérapie et d'étirements pour les muscles adducteurs, un programme de retour à la course à pied en progression dans différentes directions, et des techniques de thérapie manuelle, est encore plus efficace. En effet, les résultats de cette étude montrent un retour au sport précoce d'en moyenne 4,5 semaines (47).

Toutefois, suite à un traitement conservateur, tous les sportifs ne retournent pas au sport à leur niveau initial. En effet, dans leur revue de littérature, Almeida et al n'identifient que seulement 55 à 79% reprennent le sport à 16 semaines de traitement conservateur (48).

IV.2. Traitement chirurgical

Le traitement chirurgical est proposé suite à l'échec du traitement conservateur rééducatif et d'éventuelles injections de corticoïdes ou PRP. On distingue deux grands types d'intervention : la cure de hernie selon différentes techniques (Bassini, Shouldice, Lichtenstein ou encore Lloyd) via la pose d'une plaque et la ténotomie de l'adductor longus (49).

Concernant le SP en relation avec les adducteurs ou le pubis, le traitement chirurgical consiste souvent en une ténotomie de l'adductor longus (4,12,50), pouvant entraîner comme conséquence une faiblesse des adducteurs (12). Il existe également des chirurgies ciblant plus la symphyse en elle-même, avec un curetage, une arthrodèse ou une suture (4). Lorsque la

douleur est identifiée comme en relation avec le canal inguinal, une chirurgie herniaire par voie ouverte ou par laparoscopie est proposée (4,12,50). Il en résulte des douleurs moindres et un pourcentage de retour au terrain supérieur en comparaison du traitement actif (12). Une arthroscopie sera proposée dans le cas de douleurs inguinales liées à un conflit fémoro-acétabulaire, dans le but d'éviter ou retarder l'apparition d'une coxarthrose (12,41,50). Un SP en relation avec l'iliopsoas peut donner lieu à une ténotomie de ce dernier. Néanmoins, cette dernière entraînant une perte de force en flexion de hanche en plus du fait qu'il n'existe pas de preuve d'un niveau suffisamment haut concernant l'efficacité de cette technique, cette technique doit n'être abordée qu'en dernière intention (12).

V. L'analyse tridimensionnelle à partir de l'exemple du changement de direction

En 2006, Sheppard et al ont défini l'agilité « comme un mouvement rapide du corps entier avec un changement de vitesse ou de direction en réponse d'un stimulus » (51). Un CDD est un mouvement complexe en chaîne fermée impliquant trois phases successives d'accélération, décélération et une nouvelle accélération sur une spatio-temporalité courte (51,52).

L'analyse du mouvement réalisée en laboratoire permet d'en étudier les paramètres biomécaniques comme la dynamique, correspondant à l'étude des forces entraînant le mouvement, ou encore la cinématique. La cinématique est définie comme la « discipline de la mécanique qui décrit le mouvement des corps en faisant abstraction des causes du mouvement ». Dans le cas de la tâche sportive, comme le CDD, elle vise à représenter les déplacements des segments corporels en fonction du temps (53).

Les données cinématique du geste sportif sont relevées par l'intermédiaire de la technologie de « motion capture » (fig.8). Cette dernière repose sur l'enregistrement de la succession des positions dans l'espace au cours du temps de marqueurs photo-réfléchissants positionnés sur des repères anatomiques précis par un système opto-électronique (51,53). La capture de ces données est réalisée par l'intermédiaire de plusieurs caméras



Figure 8 - Capture du changement de direction à 110° (80)

infrarouges à haute fréquence et résolution, fixées de part et d'autre de la pièce de façon à obtenir des images selon une incidence de 360°. Chaque caméra émet un rayon infrarouge qui est réfléchi par les marqueurs catadioptriques, préalablement calibré, avant d'être détecté par la caméra émettrice. A partir d'une triangulation, un logiciel spécifique permet de reconstruire la position spatio-temporelle de chaque marqueur (54). Ces dernières permettent d'obtenir un modèle informatique simplifié du mouvement, à partir duquel les données cinématiques, telle que l'évolution des amplitudes articulaire, peuvent être extraites avec une fiabilité test-retest excellente ($ICC > 0,75$) lors du CDD (55). Ainsi, l'analyse cinématique du CDD par l'intermédiaire d'un système opto-électronique permet de quantifier le mouvement (54) et en conséquence de calculer des paramètres cinétiques comme la vitesse, l'accélération, la vitesse angulaire, le moment articulaire ou la puissance (55).

Une plateforme de force couplée à l'analyse cinématique permet d'accéder aux forces de réaction au sol ainsi qu'au temps de contact au sol lors du CDD (54). Les forces de réaction au sol font écho à la troisième loi Newton, le principe d'action réciproque, qui énonce que tout corps A exerçant une force sur un autre corps B subit une force d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé exercé par le corps B. Cette force est le reflet des forces d'accélération appliquées par le sujet au sol (53). Le temps de contact au sol correspond quant à lui, à la durée où la norme des forces de réaction au sol est supérieure à une valeur seuil, déterminé en amont.

Lors du mouvement des électrodes disposées sur la surface de la peau, en projection des muscles étudiés, peuvent renseigner sur l'activation musculaire au cours du temps, grâce à la technique d'électromyographie (EMG) de surface. Le signal EMG obtenu dépend du nombre et de la fréquence d'unités motrices recrutées dans le muscle. Cette technique permet ainsi de rendre compte de la production de force via l'enregistrement de l'activation musculaire de muscles synergiques (53) au cours du CDD.

La performance lors de la réalisation du CDD est communément observée à travers le prisme de son temps de complétion (55). De par la nature multidirectionnelle du CDD, l'angle de ce dernier en influence la performance au regard de la demande mécanique, neuromusculaire et physiologique. Une augmentation de l'angle et de la vitesse d'approche présuppose une meilleure capacité de freinage ainsi qu'à se propulser rapidement (56).

Le type de geste sportif est également un facteur influençant le CDD. Dos'Santos et ses collaborateurs ont identifiés trois techniques de CDD dans le sport (57):

- Le « crossover cut » où c'est le membre inférieur homolatéral à la nouvelle direction qui prend contact au sol pendant que la jambe opposée vient croiser pour le pas suivant dans la nouvelle direction.
- Le « split-step » où, avant de pousser avec le membre controlatéral dans la nouvelle direction, le sportif effectue un petit saut bipodal sans orientation du corps.
- Le « side-step » où c'est le membre inférieur controlatéral à la nouvelle direction qui propulse le corps dans la direction opposée avec le corps orienté vers celle-ci.

Le « side-step » étant retrouvée dans la totalité des travaux sur le SP à notre connaissance, cette technique sera au cœur de l'analyse tridimensionnelle du CDD.



Figure 9 - Séquences de la technique du "side-step" (57)

La performance du CDD est influencée positivement par différents facteurs corporels comme la stabilité du tronc et son inclinaison (58), une rotation importante du tronc vers la nouvelle direction (55) ainsi qu'un contrôle moteur de la région lombo-pelvi-fémoral efficient (51,55). Ce dernier est amélioré par l'utilisation de la jambe non dominante pour réaliser la tâche (51). Une force de réaction au sol importante pour un temps de contact au sol minime (51,55), lui-même influencé par la capacité de la cheville à développer une force explosive (55) ou encore un changement de trajectoire tranchant plutôt que curviligne (51) sont aussi associés à un meilleur temps de complétion du CDD.

Dans le cadre de la prévention de la lésion du ligament croisé antérieur, des facteurs de risques biomécaniques ont été identifiés lors du CDD, pathomécanisme également impliqué dans la survenue du SP. Un travail axé sur la modification du schéma du CDD permet de diminuer les facteurs de risques biomécaniques liés à cette lésion ligamentaire (59).

VI. Questions de recherche

Le changement de direction a été identifié comme le principal pathomécanisme dans le cadre du syndrome pubalgique. Sachant que présenter un antécédent de syndrome pubalgique est le principal facteur de risque pour un nouvel épisode, on peut s'interroger :

- Un antécédent de syndrome pubalgique altère-t-il le schéma de changement de direction chez le sportif ?
- Quelle est l'influence de la présence d'un syndrome pubalgique sur la cinématique du changement de direction chez le sportif ?
- Quelles sont les applications de l'analyse biomécanique du changement de direction chez le sportif dans un objectif de prévention du syndrome pubalgique ?
- L'analyse biomécanique tridimensionnelle permet-elle d'orienter le traitement du syndrome pubalgique ?

VII. Méthodologie de recherche

L'influence du schéma de changement de direction ayant été dans la physiopathologie de pathologies liées au sport, les premières explorations de la littérature ont mis en évidence un nombre relativement faible de publications en lien avec cette thématique dans un contexte de SP. L'impact de la biomécanique dans le cadre de cette affection est un sujet peu exploré ne faisant pas consensus. Au regard de la disparité des travaux s'articulant autour de ce sujet et du questionnement, la méthode de la revue narrative apparaît comme la plus à même d'offrir une vision globale de la thématique. Ce type de revue a pour principale caractéristique de « regrouper de façon cohérente des études hétérogènes » (60). A partir de l'expertise de l'auteur (61), elle offre un panorama des connaissances actuelles sur un sujet, grâce auquel elle met en avant les lacunes de la recherche scientifique sur ce sujet (60).

VII.1. Mots clés

Sachant que nombre des publications sur le SP ont été publiées avant l'accord de Doha concernant la classification et la terminologie (7), de nombreux termes qui y ont été exclus seront utilisés dans la création des équations de recherches.

Afin d'explorer la littérature française et internationale, les mots-clés définis pour la création des équations de recherches sont les suivants :

- En français :
 - Relatif à la pathologie : pubalgie, syndrome pubalgique, ostéite pubienne
 - Relatif au mouvement : changement de direction
 - Relatif à l'analyse : biomécanique, cinématique, cinétique
- En anglais :
 - Relatif à la pathologie : groin pain, athletic pubalgia, pubalgia, sportsmen hernia, osteitis pubis, adductor tendinopathy, athletic groin pain
 - Relatif au mouvement : cut*, change of direction, side-cut*, side-step*
 - Relatif à l'analyse : biomechanic*, kinematic*, kinetic*

VII.2. Bases de données interrogées

Les bases de données interrogées sont MEDLINE via le moteur de recherche PubMed, ainsi que le moteur de recherche Google Scholar.

La base de données de ScienceDirect a également été explorée mais elle n'a fourni que des doublons tandis qu'aucun résultat n'a été obtenu sur la base de données en physiothérapie, PEDro.

A partir de l'exploration de la littérature scientifique, une sélection par l'auteur est réalisée selon le critère subjectif de la pertinence en relation avec le sujet traité ici. Les résultats de cette recherche sont à la base de la discussion autour de l'apport de l'analyse biomécanique tridimensionnelle dans un contexte de syndrome pubalgique chez le sportif.

VIII. Discussion

VIII.1. Antécédent de syndrome pubalgique et biomécanique du sportif

Le SP est une pathologie très fréquente au sein de sports impliquant des changements de directions rapides, entraînant une augmentation des contraintes au niveau du membre inférieur, d'autant plus si ce dernier est imprévu (62) ou s'il survient lors d'un vis-à-vis avec un adversaire (63). Ce syndrome présentant un taux de récurrence de 17,7% s'il est lié aux adducteurs (5), il semble important d'en comprendre les mécanismes sous-jacents, d'autant plus qu'un des principaux facteurs de survenue d'un SP est le fait d'en avoir un antécédent (20,21).

En 2017, Edward et al ont identifié au décours d'une analyse cinématique du CDD, une diminution de la variabilité des mouvements de cheville, de genou et de la charnière dorso-lombaire chez des athlètes ayant un antécédent de SP. Dans le même temps, ils ont identifié une augmentation de la variabilité des mouvements de hanche et de la charnière lombo-sacrée (64) avec notamment une diminution de la rotation interne (64) qu'on retrouve dans les travaux de Mosler et al (43). Cette étude a aussi mis en évidence une faiblesse des adducteurs (64), également retrouvée chez d'autres auteurs (43,44). Ce déficit serait à l'origine de la diminution de rotation médiale de hanche, mais aussi de l'augmentation de la variabilité des mouvements au niveau de l'articulation coxo-fémorale en raison de leur rôle stabilisateur du complexe pelvi-fémoral et de contrôle dans l'alignement segmentaire du membre inférieur (64). La variabilité du mouvement permettant au sportif de s'adapter pour répondre aux contraintes diverses au sein de sa pratique sportive (65), la diminution de celle-ci, au niveau des articulations distales du membre inférieur, semble s'être répercutée sur le complexe lombo-pelvi-fémoral (64). De cette façon les modifications de la variabilité au niveau du membre inférieur supposent des stratégies limitées de dissipation des forces ce qui peut entraîner une augmentation de la charge vers la région pelvienne et en particulier la symphyse pubienne favorisant ainsi la survenue de maladaptation tissulaire (64,65).

On retrouve cette idée dans les travaux de Severin et al publiés la même année, dont l'objectif est de comparer la cinématique pelvi-fémorale lors de la frappe de balle chez des footballeurs ayant un antécédent de SP ou non (66). Au football le tir dans le ballon a auparavant été identifié comme pouvant être à l'origine d'un SP (1,12,34).

Les résultats montrent que les footballeurs ayant une histoire de SP adoptent une cinématique différente et ajustent moins leur stratégie de frappe (66). Lorsque l'angle de frappe est augmenté pour qu'il soit plus contraignant (67), le groupe expérimental a très peu adapté sa cinématique de frappe contrairement au groupe contrôle (66). Si les deux groupes ont réduit leur vitesse de flexion de hanche oscillante, seuls les sujets sains ont réduit significativement l'amplitude et la vitesse de flexion sur la jambe portante, mais aussi réduit l'amplitude et la vitesse de débattement pelvien dans le plan sagittal (66).

Ces données traduisent un manque de variabilité des stratégies motrices et donc d'adaptabilité à la situation (66). Or, une faible capacité adaptative ne permet pas de répondre correctement aux variations de contraintes dans le sport (65) l'exposant ainsi à des blessures comme le montre le modèle théorique de Glasgow et al (fig. 7).

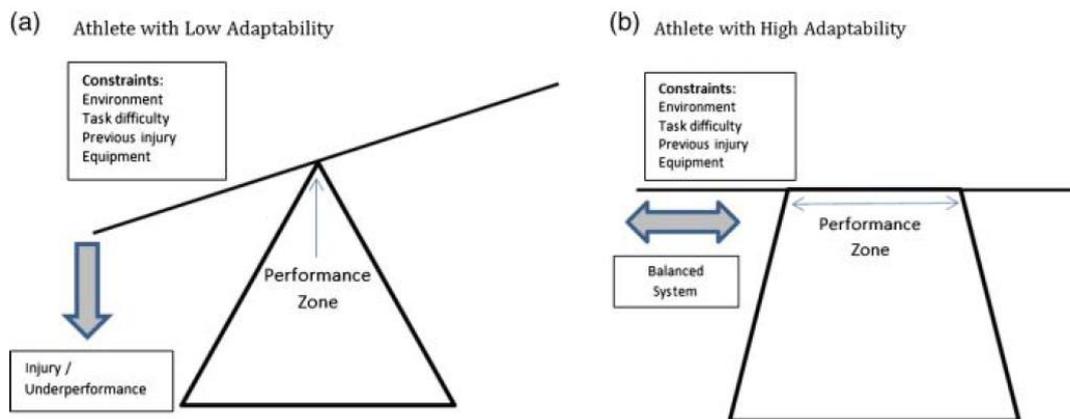


Figure 10 - Variabilité et adaptation à la contrainte (65)

Des mouvements fluides nécessitent la coordination des segments corporels. La coordination suppose la mise en relation des degrés de liberté, par le système moteur. Les systèmes avec de multiples degrés de liberté proposent des solutions variables à une tâche motrice particulière. Ceux qui sont stables et adaptables sont ceux qui bénéficient de tous leurs degrés de liberté afin d'optimiser leur performance via la variabilité. Une perte de degré de liberté dans les interactions du système sous-tend une perte de variabilité et lorsqu'elle atteint un point critique, le risque de blessure est accru puisqu'avec une diminution de la variabilité, la distribution des forces ne se fait plus que sur de petites superficies alors qu'une grande variabilité

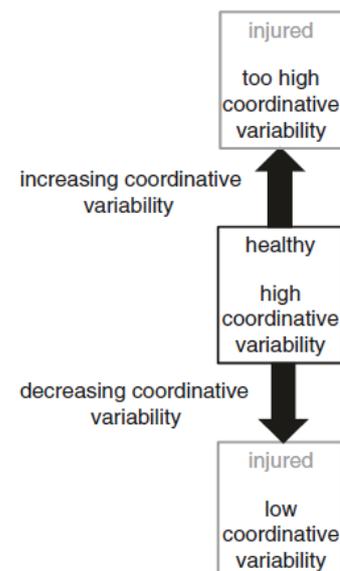


Figure 11 - Schéma illustrant la relation entre blessure et haute et basse variabilité (68)

répartit les forces sur une plus grande surface. A l'inverse, trop de variabilité dans un système peut être en lien avec une blessure. Il y a donc une fenêtre de variabilité où le patient est à l'équilibre et en bonne santé (fig. 8) (68).

L'étude de Severin et al a également montré que les footballeurs ayant un antécédent de SP ont un schéma de frappe de balle différent des sujets sains à partir d'un angle « classique » soit 45° (66,67). Ces derniers ont recours à une augmentation de l'antéversion du bassin plutôt qu'une extension de hanche lors de l'armé de la frappe, et des phases oscillantes et portantes plus lentes dans l'armée et la frappe (66). Cette stratégie relèverait soit d'une compensation qui aurait pour but de limiter la mise en tension ainsi que la charge sur la région antérieure de la hanche oscillante de manière à protéger la région inguinale en déplaçant les forces sur une autre structure que celle autrefois lésée, soit d'une perturbation du contrôle de la stabilité lombo-pelvienne (66).

C'est sur cette dernière hypothèse que McCarthy Persson et al (69) ont travaillé. Ils se sont eux interrogé sur l'habilité à maintenir stable une position lombopelvienne à partir de trois tâches réalisées en décubitus dorsal chez des sportifs avec un antécédent de SP chronique. En mesurant les différences de pression via un stabilisateur au niveau de la région pelvienne, lors de la réalisation des mouvements, les auteurs ont montré que ces sportifs avaient de plus grandes difficultés que le groupe contrôle à maintenir stable la région lombo-pelvienne aussi bien dans un plan frontal ou que sagittal (69). La diminution de la pression du côté où le mouvement était effectué associé à l'augmentation de cette dernière du côté non impliqué traduit l'utilisation de stratégies de compensation telles qu'une diminution de la lordose lombaire ou une rotation de la ceinture pelvienne vers le membre statique (69). Malgré la reprise du sport et l'absence de douleur, ces éléments suggèrent la présence d'une altération persistante du contrôle moteur chez ces sportifs (69). Le contrôle moteur est défini comme la capacité du système neuro-musculaire à maintenir une stabilité et une fonction optimale du système moteur (70). Ainsi, une dysfonction du contrôle moteur au niveau de la région lombo-pelvienne entraîne une perte de stabilité de cette dernière.

Ces trois études réalisées sur des échantillons de population sportive ayant eu un antécédent de SP sont des études transversales, réalisées en laboratoire. Ce type d'étude ne permet pas de savoir si les différences observées étaient présentes avant l'apparition de la pathologie, sont apparues concomitamment ou bien à la suite de cette dernière.

VIII.2. Le syndrome pubalgique, un contrôle moteur déficient

Si un contrôle moteur déficitaire a été identifié chez des sportifs ayant un antécédent de SP, il en est de même pour ceux qui n'en sont pas encore rétablis. Janse van Rensburg et al, ont montré, au décours d'une étude transversale réalisée en laboratoire d'analyse tridimensionnelle, que des sportifs présentant un SP chronique ont une stratégie de réception de saut différente au test du « single leg drop landing » (71). Par rapport au groupe contrôle, l'atterrissage chez ces sportifs est caractérisé par une augmentation de l'abaissement latéral pelvien, de la rotation interne pelvienne et de la rotation externe de hanche (71). L'abduction de hanche supérieure au groupe contrôle lors du contact initial également identifiée, pourrait être mise en relation avec la faiblesse des adducteurs retrouvée au sein de cette population (43,44) bien qu'il n'y ait pas eu de mesure de leur force au sein de cette étude (71). Le groupe expérimental et le groupe témoin avaient des schémas d'atterrissage contraires avec respectivement une rotation interne pelvienne associée à une légère rotation externe de hanche et une rotation externe pelvienne avec une rotation interne de hanche (71). La réception en rotation externe coxo-fémorale pourrait être liée à une réduction de l'amplitude en rotation médiale observée au sein de cette population par Mosler et al (43,71). Les différences dans la cinématique de réception de saut peuvent s'expliquer par la douleur en elle-même, une kinésiophobie ou bien un déficit du contrôle moteur du complexe lombo-pelvi-fémoral pouvant induire une surcharge structurelle.

Les modifications au niveau de la cinématique du complexe lombo-pelvi-fémoral identifié lors de ces études (64,66,69,71) peuvent être en lien avec un déficit de sa stabilité et notamment de son contrôle moteur. Cette hypothèse est appuyée par les données de Cowan et al (72). Chez le sujet sain, le transversus abdominis s'active préalablement au mouvement dans le but de stabiliser le pelvis, via des afférences du système nerveux central (72). Néanmoins leur publication montre que l'activation de ce muscle est retardée chez des sujets présentant un SP chronique (72). Ils ont observé un délai de 10 ms de l'activation du transversus abdominis par rapport au début du mouvement associé à l'activation du rectus femoris lors du test « active straight leg raise » non-anticipé (72). Ce retard d'activation serait à l'origine d'un déficit de stabilisation lombo-pelvien chez les patients souffrant de SP chronique (72).

Aux alentours des années 2010, Jansen et ses collaborateurs se sont attelés à différents travaux dans le cadre de sa thèse sur les muscles de la ceinture abdominale chez des patients

souffrant de SP chronique. Les résultats de ces travaux corroborent ceux de Cowan et al (72) puisque ces derniers ont identifié une épaisseur du transversus abdominis moins importante chez cette population de patients (73). Un déficit de stabilisation lombo-pelvienne similaire ayant été observé et amélioré dans d'autres pathologies par le port d'une ceinture pelvienne (74), un travail antérieur avait proposé qu'il pouvait en être de même chez les sportifs atteints de SP (75). Si elle permet de diminuer les douleurs (75,76), Jansen et al ont conclu qu'elle ne modifiait pas l'épaisseur du muscle transversus abdominis (76). Ces derniers se sont également appuyés sur les travaux réalisés chez des patients lombalgiques pour mettre en place un protocole de rééducation reprenant le travail de stabilisation de hanche de Hölmich (17) auquel ils ont ajouté un travail spécifique du muscle transversus abdominis (77). Le protocole a permis d'augmenter significativement l'épaisseur de ce muscle au repos mais aucune association n'a été trouvée entre les changements dans l'épaisseur musculaire au repos ou à l'activité et la disparition de l'état pathologique (77).

Plus récemment, des chercheurs et thérapeutes anglo-saxons ont orienté leurs travaux sur la coordination segmentaire chez ces sportifs. Cette dernière renvoie aux relations entre les différents segments corporels et est donc définie ici comme la capacité intrinsèque des sportifs à contrôler le geste sportif (52). Pour cela certains se sont attachés à caractériser les modifications biomécaniques observables chez des sportifs souffrant de SP.

Franklyn-Miller et ses collaborateurs ont décrit trois types de schémas de CDD brutal, sur un échantillon de 322 sportifs, selon l'articulation dominante (52). Les deux stratégies les plus utilisées sont celles liées à la cheville et la hanche avec respectivement 41% et 40%. La stratégie à dominante de hanche est celle la moins sollicitée, avec 19% (52), résultat concordant avec une étude plus récente (78). Contrairement à l'hypothèse posée par les auteurs, la localisation de la structure lésée identifiée lors de l'examen clinique, ne prédisposait pas à l'utilisation d'un schéma par rapport à un autre (52). Ces schémas du geste sportif supposent des répartitions différentes de la charge selon les articulations. Elles peuvent être des mécanismes compensatoires suite à l'apparition du SP, à l'origine du syndrome lui-même par une surcharge localisée ou bien refléter une perturbation de la coordination segmentaire. Cette dernière hypothèse est soutenue par les résultats de travaux concernant la coordination intersegmentaire lors de changements de direction à la marche

dans un contexte de SP où il a été observé un déphasage plus important dans la coordination thoraco-pelvienne et pelvi-fémorale en comparaison avec des sujets sains (79).

Si les sportifs souffrant de SP ont montré des stratégies motrices différentes des patients sains (52,78), ils montraient la même régularité dans ce choix (78). Cette donnée va à l'inverse des conclusions d'Edwards et al qui avaient identifié une variabilité plus faible dans la sélection du schéma de CDD (64). Récemment Mansourizadeh et ses collaborateurs ont constaté une augmentation de la variabilité lombo-pelvi-fémorale chez cette population lors d'une activité non intensive (79). Ces données contradictoires mettent en lumière la nécessité de poursuivre les études à ce sujet, la variabilité étant un facteur important dans la survenue de pathologie de surcharge (65,68) comme celle traitée ici.

A partir de ce constat, des thérapeutes ont proposé la mise en place d'une rééducation axée sur le contrôle moteur intersegmentaire pour une cohorte de 205 patients sportifs atteints d'un SP (80). Les patients suivaient un programme de rééducation en trois niveaux prédéfinies (*Annexe 3*) qui s'additionnaient au fur et à mesure de l'avancée de la rééducation. Le premier niveau ciblant un travail de contrôle segmentaire et de renforcement musculaire, le deuxième orienté vers la mécanique de course en ligne droite et une augmentation de la charge, et un troisième et dernier niveau incluant des exercices multidirectionnels et la transition vers le sprint en haute intensité (*Annexe 4*). Le passage au niveau supérieur était validé par une absence de douleur lors de tests spécifiques ou la réalisation de certains exercices (*Annexe 3*) tandis que la sélection des exercices était faite selon les compétences du patient et de sa progression. Une fois toutes les étapes de la rééducation validées sans douleur, les patients étaient autorisés à reprendre leur sport. Suite à cela, les patients étaient conviés à remplir un questionnaire HAGOS, être testé au « squeeze test » et pour réaliser une analyse tridimensionnelle de leur cinématique de CDD post-intervention. Les résultats montrent que pour ces derniers toutes les catégories du score HAGOS sont retournées à des valeurs normales même si les scores concernant la qualité de vie et l'activité physique sont restés en deçà par rapport à un sportif n'ayant jamais eu de SP. La presque totalité des patients (94%) ayant fini l'étude ont été indolore au « squeeze test » alors qu'un pourcentage de retour au sport de 73% a été observé sur l'ensemble des sujets en une moyenne de 9,9 ($\pm 3,4$) semaines. On retrouve des résultats similaires dans une autre étude de cohorte utilisant ce protocole de rééducation avec une durée jusqu'au retour au sport de 9,14 semaines (81). Ces résultats sont

supérieurs à d'autres études concernant des traitements conservateurs conventionnels (17,18,36) ou chirurgicaux (4) notamment pour ce qui est du pourcentage et de la durée du retour au sport. Il est toutefois important de rappeler que ces dernières sont des études randomisées contrôlés avec un niveau de preuve élevé alors que les deux études présentées sont des cohortes prospectives. Afin de réellement établir une supériorité ou non de ce protocole par rapport à un autre plus classique, il apparaît nécessaire d'entreprendre d'autres études avec des groupes recevant différents traitements comparés entre eux. Dans cette optique un essai contrôlé randomisé de haute qualité permet de réduire les biais et de tirer des conclusions selon un niveau de preuve supérieur.

L'analyse tridimensionnelle du CDD de fin de rééducation a mis en évidence des modifications biomécaniques chez les sujets par rapport à l'analyse initiale. Il a été observé une diminution du temps de contact au sol, une augmentation de la distance du centre de masse par rapport au centre de pression dans le plan frontal, une diminution de l'inclinaison du tronc vers la jambe portante, une diminution de la flexion de genou et une augmentation de la puissance de travail de la cheville et du moment de flexion plantaire (*Annexe 5*). Ces changements sont des facteurs de performance (55) dans la réalisation du CDD, diminuant conséquemment la charge exercée sur la région inguinale et pubienne. Une analyse tridimensionnelle du test du « hurdle hop » chez des sportifs atteints d'un SP en comparaison avec des sportifs sains a également mis en évidence des changements dans la biomécanique du geste (81). Sur les 18 variables identifiées comme significativement différentes au départ, 7 n'étaient plus différentes du contrôle suite à la rééducation. Parmi ces dernières on trouvait sur la hanche, un moment d'abduction inférieur, une diminution du moment d'extension et de la force produite en rotation latérale avant la rééducation. Le moment d'extension du genou était également supérieur à celui du groupe contrôle, ce qui n'était plus le cas lors de l'analyse finale. Ces résultats suggèrent que les sportifs souffrant de SP engagent plus les articulations distales du membre inférieur, et répartissent mieux la charge en sollicitant davantage la hanche après la fin du traitement (81), bien que cette dernière soit la moins représentée chez les sujets blessés ou sains (78).

Suite à la rééducation les sujets utilisent davantage leur cheville lors du CDD. En effet, il est observé une hausse du travail de cette articulation (80) lors d'un CDD, stratégie dominante utilisée par les sujets sains dans la réalisation de ce mouvement (78). A contrario, lors d'un

test « hurdle hop » réalisé après la rééducation, la puissance et le moment de la cheville restaient significativement inférieurs à ceux des sportifs en bonne santé (81). Sachant que le travail de la cheville influence la charge sur les segments proximaux du membre inférieur (82), il semble important de s'intéresser plus précisément au rôle de la cheville dans les mouvements à risque du SP et ses implications dans la rééducation.

L'analyse tridimensionnelle permet de mettre en évidence une altération du contrôle moteur conduisant à des schémas aberrants lors de la réalisation de gestes à l'origine d'un SP, tel que le CDD brutal. En conséquence, des programmes de rééducation (77,80,81) ont été créés afin de corriger ces déficits. Si les premiers résultats semblent prometteurs, à l'heure actuelle il est impossible d'en établir un rapport de supériorité ou d'infériorité en comparaison avec d'autres protocoles reconnus.

VIII.3. Evaluation du contrôle intersegmentaire dans la pratique clinique

L'analyse du schéma d'un geste sportif permet de proposer une rééducation individualisée focalisée sur les déficiences spécifiques du sportif. Elle peut être utilisée comme outil thérapeutique dans le cadre d'autres pathologies que le SP, comme par exemple le syndrome fémoro-patellaire chez le coureur à pied. Dans cette optique, le kinésithérapeute peut faire appel au « gait retraining ». Cette intervention est basée sur une modification des paramètres de courses sur tapis roulant via l'apport de feedback externes tels qu'un métronome, un miroir, des consignes (83). Toutefois, la course à pied étant une activité sportive unidirectionnelle et cyclique, cette méthode semble difficilement transposable à des gestes multidirectionnels.

On retrouve les changements de directions comme gestes à risque dans le cadre des lésions du ligament croisé antérieur. Des facteurs de risques biomécaniques comme un valgus, moment de rotation interne ou une réduction de la flexion de genou (84) lors du CDD ont été identifiés pour cette blessure. Avec la volonté de réduire ces derniers, des programmes d'entraînements ont été proposés avec des résultats positifs pour certains (59,84). Une stratégie sollicitant davantage l'avant-pied que l'arrière pied (84) avec un contact large de la plante du pied permettant de minimiser le temps de contact au sol (57). Le tronc se doit d'être le plus droit possible dans le plan sagittal (57) en association avec une inclinaison et rotation thoraco-pelvienne vers le côté du CDD plutôt que vers la jambe portante (57,84). Ce schéma du CDD semble avoir la meilleure cinématique et cinétique de prévention de lésion du

ligament croisé antérieur, car permet de diminuer les forces exercées sur le genou tout en améliorant la performance du CDD (57,84).

Ce modèle biomécanique de CDD est le fruit de nombreuses études sur les facteurs de risques biomécaniques lors de la réalisation de ce geste, des forces exercées sur cette structure ligamentaire ainsi que les modifications possibles pour les réduire. A l'heure actuelle, aucune littérature concernant ce sujet n'a été identifiée. De ce fait, il paraît difficile de proposer un pattern similaire dans le but de limiter l'occurrence d'un SP. Toutefois, certains des éléments biomécaniques cités précédemment sont retrouvés lors de l'analyse tridimensionnelle post-rééducation des patients de l'étude de King et al (80). En effet, cette étude avait mis en avant une rotation et inclinaison thoraco-pelvienne en direction du mouvement, une diminution de l'inclinaison du tronc vers la jambe d'appui, une diminution de la flexion du tronc et un temps de contact au sol réduit. De ce fait, des études futures devraient se porter sur les facteurs biomécaniques incriminés liant le SP et le CDD, mais aussi évaluer les charges appliquées sur la région inguinale et pelvienne lors de ce geste avant d'estimer si ce schéma moteur permet de les réduire dans un but préventif.

A l'heure actuelle, seul un laboratoire d'analyse du mouvement permet d'identifier et de quantifier des schémas de CDD aberrants. Cependant, très peu de structures et donc de Masseurs-Kinésithérapeutes disposent de ces équipements en raison de leur prix extrêmement élevé. Toutefois, afin d'évaluer un déficit de stabilisation du complexe lombo-pelvi-fémoral et un contrôle moteur déficient, des outils faciles à mettre en place ont été proposés. Développé pour mettre en évidence un déficit de contrôle moteur chez des patients lombalgiques, un stabilisateur, ou « Pressure Biofeedback » en anglais, est un appareil permettant d'avoir un retour sur la stabilisation lombo-pelvienne (85). Cet appareil est constitué de 3 chambres à air reliées à un sphygmomanomètre. Placé au niveau de la région lombo-pelvienne, la pression de l'outil préalablement gonflé à 40 mmHg est modifiée, selon une précision de +/- 3 mmHg, par les mouvements induits lors de tâches effectuées par les membres inférieurs (85). Selon le mouvement du membre inférieur, la fiabilité intra-opérateur et inter-opérateur du stabilisateur variait mais restait acceptable cliniquement (85). Les tests permettant d'évaluer la stabilité lombo-pelvienne avec la plus grande fiabilité étaient la flexion de hanche à 90° avec une fiabilité intra-opérateur et inter-opérateur excellente (ICCs de 0,86 à 0,94), la flexion de genou à 90° avec une fiabilité intra-opérateur et inter-opérateur excellente (ICCs de 0,77 à

0,86), et l'extension de genou avec une fiabilité intra-opérateur excellente (ICCs de 0,75 à 0,86) et une fiabilité inter-opérateur modérée à excellente (ICCs de 0,49 à 0,77) (85). Cet outil a notamment été utilisé par McCarthy et al (69) dans leur étude. La fiabilité de cet outil n'ayant pas été évaluée auparavant chez des patients présentant un antécédent de SP, les auteurs ont décrit une fiabilité inter-session allant de modérée à excellente au test du « Single Left Lift », « Bent Knee Fallout » et « Single Leg Extension » sur les jambes impliquées dans le mouvement et le contrôle (ICCs de 0,64 à 0,94), mais pas au niveau de la jambe impliquée lors du « Single Leg Extension » (ICC de 0,35) (69). Malgré cela, la fiabilité intra et inter-opérateur du stabilisateur n'est pas connue à l'heure actuelle chez des patients souffrants d'un SP ou en ayant un antécédent ce qui suggère que des études complémentaires sur le sujet doivent être menées.

Cette technique d'évaluation se déroulant en décubitus dorsal, elle ne reflète pas le contrôle moteur en situation écologique chez le sportif souffrant d'un SP. Des tests en charge ont alors été proposés pour se rapprocher au plus près de la réalité sans l'intensité du geste sportif. Par exemple, le « Single Leg Squat » (SLS) et le « Dip test » (*Annexe 6*), ce dernier étant un SLS allégé au niveau du contrôle de la cheville, permet d'évaluer la stabilité lombopelvienne en accord avec une analyse cinématique tridimensionnelle (86). Les sujets sont classés visuellement par l'examineur selon des critères qualitatifs prédéfinis selon trois catégories : bon, mauvais et ni bon ou mauvais (*Annexe 6*). Lors du « Dip test » les examinateurs ont montré un accord presque parfait sur les critères (coefficient de Kappa de 0,92) tandis que pour le SLS l'accord est fort (coefficient de Kappa de 0,62) (86).

Le « Dip test » n'a pas été utilisé chez des sportifs atteints d'un SP. Concernant la réalisation du SLS dans ce contexte, Marshall et al ont montré que ce test n'apporte aucun élément sur le contrôle moteur et le contrôle de la charge sur le pelvis et la hanche chez des patients souffrant d'un SP chronique (13). En effet, leur étude transversale en laboratoire d'analyse du mouvement, a mis en évidence une absence de corrélation sur les mesures de hanche et pelvienne entre le SLS et trois autres tests : le « drop-landing test », le « hurdle hop test » et un test de CDD. En comparaison avec les autres tests et les mécanismes lésionnels comme le CDD et la réception de saut, le SLS implique une vitesse et une quantité de charge bien inférieure lors du mouvement. Ainsi, pour évaluer le contrôle moteur pelvien et de la hanche chez des patients atteints de SP, ces derniers suggèrent l'utilisation de tests se rapprochant

au plus près des contraintes pathomécaniques. Le « hurdle hop test » ayant été le seul des tests à présenter des corrélations, bien que modérées, avec le CDD (13), il pourrait être une piste intéressante pour évaluer la stabilité du complexe lombo-pelvi-fémoral sous l'influence de contraintes se rapprochant de celles exercées sur le terrain.

A l'heure actuelle, il semble que seule l'analyse biomécanique tridimensionnelle permet de mettre en évidence des altérations du contrôle moteur en situation écologique sportive. Cependant, des outils et tests examinant la stabilité dynamique lombo-pelvienne ont été développés mais restent peu contraignants. Développés dans d'autres contextes pathologiques, ces derniers doivent tout de même démontrer leur utilité chez des sportifs souffrant de SP lors de travaux futurs.

VIII.4. Limites et perspectives

L'ensemble des travaux utilisés comme base de ce travail étaient d'un faible niveau de preuves avec un design du genre transversale (69) ou de cohorte prospective (80,81). Une étude transversale ne permet pas de conclure si les différences observées sont des causes ou des conséquences de la pathologie, elles font juste le constat de l'existence de différences ou non entre des patients sains ou pathologiques. Les études de cohorte répondent ici à des questions de l'ordre thérapeutique. Selon le « Center for Evidence Based Medicine » d'Oxford, elles apportent un éclairage avec un niveau de preuve 3 (87). Ainsi, il apparaît essentiel que des études d'un niveau preuve de 2 voire 1 du type essais contrôlés randomisés soient mises en place. Le but de celles-ci serait d'identifier les facteurs biomécaniques sous-jacents dans le SP et sa récurrence afin d'améliorer sa prise en charge préventive et rééducative. Elles devraient également évaluer l'efficacité d'un protocole ciblant une amélioration du contrôle segmentaire (80,81) en le comparant à des traitements conservateurs déjà éprouvés (17,18).

Les critères d'inclusion au sein des différents programmes observent d'importantes disparités. En effet, si certains distinguent le type de sport (64,66,72) ou le niveau de pratique (64,66,69,71,72,79), la majorité ne le fait pas. De plus, d'autres critères pouvant potentiellement influencer les résultats n'ont pas été pris en compte comme la latéralité, ou bilatéralité, des symptômes ainsi que l'utilisation de la jambe dominante (88) ou non lors des exercices. Ces critères peuvent influencer les résultats de ces études. De surcroît, la majorité des publications sur ce sujet étaient récentes, de ce fait la terminologie employée pour désigner ce syndrome mais aussi pour le diagnostic anatomique était en accord avec le

consensus de Doha de 2014 (7). Pourtant, cette rencontre entre experts n'a pas permis de déboucher sur une définition précise de la chronicité dans le cadre d'un SP. Ainsi, une grande disparité de définition selon la durée des symptômes est utilisée pour justifier l'emploi du terme de SP chronique. On retrouve en conséquence une « douleur supérieure à 4 semaines » (77) jusqu'à « supérieure à 12 semaines » (69) en passant par « supérieure à 6 semaines » (72,79) alors que d'autres l'utilisaient sans définition (55,71). A l'inverse « une douleur supérieur à 4 semaines » (80,81) était retrouvé dans des travaux n'évoquant pas la chronicité du syndrome pendant que d'autres faisaient de même malgré des durées moyennes de symptômes de 36 et 94 semaines (52,78). Une définition universelle permettrait de classer les patients selon la durée de leurs symptômes, de faciliter la recherche et d'individualiser encore plus le traitement.

Cinq travaux dont les deux études de cohortes ayant utilisés un protocole de rééducation identique, focalisé sur le contrôle intersegmentaire, ont été réalisés au sein de la même clinique du sport (13,52,78,80,81). Cela permet aux différents auteurs d'avoir un certain degré de standardisation au niveau de l'examen clinique, de l'échauffement ou du matériel utilisé. Toutefois, on peut s'interroger sur la neutralité des auteurs vis-à-vis des publications de leurs confrères puisque ces derniers sont souvent cités comme co-auteurs.

Une revue narrative a pour aspiration de fournir une vision globale d'une thématique et non d'être centrée sur un aspect précis de cette dernière (60). Pour ce faire, ce type de revue vise à identifier les publications considérées comme pertinentes par l'auteur, d'en réaliser la synthèse à partir de son expertise (61) et de déceler les lacunes de la littérature sur ce sujet (60). La production écrite présente propose ainsi un état des lieux au regard de mon « expertise » clinique actuelle, acquise au cours de ma formation. Cette dernière étant évidemment limitée, le point de vue présenté ici est amené à évoluer au cours des années via mes expériences professionnelles mais également par les futures publications sur le sujet.

IX. Conclusion

Les sportifs qui souffrent d'un syndrome pubalgique ou qui présentent des antécédents de ce syndrome ont de fait des différences dans la cinématique du geste sportif, comme lors d'un changement de direction par exemple. L'hypothèse est faite que ces altérations du schéma moteur soient en lien avec des défaillances du contrôle moteur. Certains auteurs se sont attachés à proposer des protocoles de rééducation ciblant spécifiquement ces déficiences. Malgré des résultats prometteurs, le niveau de preuve de ces études ne permet pas de conclure sur leur valeur clinique en comparaison à des protocoles validés. Il serait intéressant d'envisager de nouvelles études pour éprouver ces protocoles cliniquement lors d'essais cliniques. Elles devraient également identifier précisément quels sont les facteurs de risques biomécaniques en lien avec le syndrome pubalgique, car connaître ces derniers permettrait par la suite d'établir des programmes de prévention comme il en existe dans d'autres pathologies. Le geste à risque dans le syndrome pubalgique étant tridimensionnel, un laboratoire d'analyse du mouvement est nécessaire pour évaluer le contrôle intersegmentaire du sportif. Cependant, pour simplifier l'évaluation de la stabilité lombo-pelvienne dynamique, des outils ont été développés dans d'autres contextes pathologiques. De nouvelles recherches devraient se pencher sur la capacité de ces tests à discriminer un déficit de contrôle moteur lombo-pelvien au sein d'une population souffrant d'un syndrome pubalgique. Nous aspirons à exercer la masso-kinésithérapie au sein d'un cabinet libérale au contact de sportifs pour notre pratique professionnelle future. Ainsi, ce travail a été pour nous le moyen d'aborder en profondeur le syndrome pubalgique, fréquemment retrouvé chez ces derniers, mais aussi d'explorer les apports technologiques au service de la recherche en masso-kinésithérapie. La recherche est d'ailleurs un domaine dans lequel nous souhaiterions nous investir à l'avenir.

X. Bibliographie

1. Elattar O, Choi H-R, Dills VD, Busconi B. Groin Injuries (Athletic Pubalgia) and Return to Play. *Sports Health Multidiscip Approach*. juill 2016;8(4):313-23.
2. Waldén M, Hägglund M, Ekstrand J. The epidemiology of groin injury in senior football: a systematic review of prospective studies. *Br J Sports Med*. juin 2015;49(12):792-7.
3. Mosler AB, Weir A, Eirale C, Farooq A, Thorborg K, Whiteley RJ, et al. Epidemiology of time loss groin injuries in a men's professional football league: a 2-year prospective study of 17 clubs and 606 players. *Br J Sports Med*. mars 2018;52(5):292-7.
4. King E, Ward J, Small L, Falvey E, Franklyn-Miller A. Athletic groin pain: a systematic review and meta-analysis of surgical versus physical therapy rehabilitation outcomes. *Br J Sports Med*. nov 2015;49(22):1447-51.
5. Ekstrand J, Krutsch W, Spreco A, van Zoest W, Roberts C, Meyer T, et al. Time before return to play for the most common injuries in professional football: a 16-year follow-up of the UEFA Elite Club Injury Study. *Br J Sports Med*. 10 juin 2019;bjsports-2019-100666.
6. Serner A, van Eijck CH, Beumer BR, Hölmich P, Weir A, de Vos R-J. Study quality on groin injury management remains low: a systematic review on treatment of groin pain in athletes. *Br J Sports Med*. juin 2015;49(12):813-813.
7. Weir A, Brukner P, Delahunt E, Ekstrand J, Griffin D, Khan KM, et al. Doha agreement meeting on terminology and definitions in groin pain in athletes. *Br J Sports Med*. juin 2015;49(12):768-74.
8. Richard L. Drake, Wayne Vogl, Adam W.M. Mitchell. *Gray's Anatomie pour les étudiants*. 3^e éd. Elsevier Masson; 2015. 1128 p.
9. Dufour, Pillu. *Biomécanique fonctionnelle : Membres - Tête - Tronc*. Elsevier Masson; 2007. 592 p.
10. Meyers WC, Yoo E, Devon ON, Jain N, Horner M, Lauencin C, et al. Understanding "Sports Hernia" (Athletic Pubalgia): The Anatomic and Pathophysiologic Basis for Abdominal and Groin Pain in Athletes. *Oper Tech Sports Med*. mars 2012;20(1):33-45.
11. Dalstra M, Huiskes R. Load transfer across the pelvic bone. *J Biomech*. juin 1995;28(6):715-24.
12. Thorborg K, Reiman MP, Weir A, Kemp JL, Serner A, Mosler AB, et al. Clinical Examination, Diagnostic Imaging, and Testing of Athletes With Groin Pain: An Evidence-Based Approach to Effective Management. *J Orthop Sports Phys Ther*. avr 2018;48(4):239-49.
13. Marshall BM, Franklyn-Miller AD, Moran KA, King EA, Strike SC, Falvey EC. Can a Single-Leg Squat Provide Insight into Movement Control and Loading During Dynamic Sporting Actions in Patients With Athletic Groin Pain? *J Sport Rehabil*. mai 2016;25(2):117-25.

14. Pizzari T, Coburn PT, Crow JF. Prevention and management of osteitis pubis in the Australian Football League: A qualitative analysis. *Phys Ther Sport*. août 2008;9(3):117-25.
15. Bouvard M, Dorochenko P, Lanusse P, Duraffour H. La pubalgie du sportif — stratégie thérapeutique. *J Traumatol Sport*. sept 2004;21(3):146-63.
16. Drew MK, Osmotherly PG, Chiarelli PE. Imaging and clinical tests for the diagnosis of long-standing groin pain in athletes. A systematic review. *Phys Ther Sport*. mai 2014;15(2):124-9.
17. Hölmich P, Uhrskou P, Ulnits L, Kanstrup I-L, Nielsen MB, Bjerg AM, et al. Effectiveness of active physical training as treatment for long-standing adductor-related groin pain in athletes: randomised trial. *The Lancet*. févr 1999;353(9151):439-43.
18. Weir A, Jansen JACG, van de Port IGL, Van de Sande HBA, Tol JL, Backx FJG. Manual or exercise therapy for long-standing adductor-related groin pain: A randomised controlled clinical trial. *Man Ther*. avr 2011;16(2):148-54.
19. Bisciotti GN, Auci A, Marzo FD, Galli R, Pulici L, Carimati G, et al. Groin pain syndrome: an association of different pathologies and a case presentation. *Muscles Ligaments Tendons J*. 20 oct 2015;5(3):214-22.
20. Ryan J, DeBurca N, Mc Creesh K. Risk factors for groin/hip injuries in field-based sports: a systematic review. *Br J Sports Med*. juill 2014;48(14):1089-96.
21. Whittaker JL, Small C, Maffey L, Emery CA. Risk factors for groin injury in sport: an updated systematic review. *Br J Sports Med*. juin 2015;49(12):803-9.
22. Tak I, Engelaar L, Gouttebauge V, Barendrecht M, Van den Heuvel S, Kerkhoffs G, et al. Is lower hip range of motion a risk factor for groin pain in athletes? A systematic review with clinical applications. *Br J Sports Med*. nov 2017;51(22):1611-21.
23. OMS. Health promotion glossary [Internet]. 1999. Disponible sur: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/67245/WHO_HPR_HEP_98.1_fre.pdf
24. HAS. Prévention [Internet]. Haute Autorité de Santé. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/c_410178/fr/prevention
25. Ministère des solidarités. La prévention - Rapport Flajolet - Annexe 1 [Internet]. 2001. Disponible sur: <https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/annexes.pdf>
26. Tyler TF, Nicholas SJ, Campbell RJ, Donellan S, McHugh MP. The Effectiveness of a Preseason Exercise Program to Prevent Adductor Muscle Strains in Professional Ice Hockey Players. *Am J Sports Med*. sept 2002;30(5):680-3.
27. Harøy J, Clarsen B, Wiger EG, Øyen MG, Serner A, Thorborg K, et al. The Adductor Strengthening Programme prevents groin problems among male football players: a cluster-randomised controlled trial. *Br J Sports Med*. févr 2019;53(3):150-7.

28. Hölmich P, Larsen K, Krogsgaard K, Gluud C. Exercise program for prevention of groin pain in football players: a cluster-randomized trial: Exercise program for prevention of groin pain in football players. *Scand J Med Sci Sports*. déc 2010;20(6):814-21.
29. Jensen J, Hölmich P, Bandholm T, Zebis MK, Andersen LL, Thorborg K. Eccentric strengthening effect of hip-adductor training with elastic bands in soccer players: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med*. févr 2014;48(4):332-8.
30. Ishøi L, Sørensen CN, Kaae NM, Jørgensen LB, Hölmich P, Serner A. Large eccentric strength increase using the Copenhagen Adduction exercise in football: A randomized controlled trial: Strength increase using Copenhagen Adduction. *Scand J Med Sci Sports*. nov 2016;26(11):1334-42.
31. Harøy J, Thorborg K, Serner A, Bjørkheim A, Rolstad LE, Hölmich P, et al. Including the Copenhagen Adduction Exercise in the FIFA 11+ Provides Missing Eccentric Hip Adduction Strength Effect in Male Soccer Players: A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med*. nov 2017;45(13):3052-9.
32. Chaudhari AMW, Jamison ST, McNally MP, Pan X, Schmitt LC. Hip adductor activations during run-to-cut manoeuvres in compression shorts: implications for return to sport after groin injury. *J Sports Sci*. 27 août 2014;32(14):1333-40.
33. Otten R, Stam S, Langhout R, Weir A, Tak I. The effect of compression shorts on pain and performance in male football players with groin pain – A double blinded randomized controlled trial. *Phys Ther Sport*. juill 2019;38:87-95.
34. Serner A, Mosler AB, Tol JL, Bahr R, Weir A. Mechanisms of acute adductor longus injuries in male football players: a systematic visual video analysis. *Br J Sports Med*. févr 2019;53(3):158-64.
35. Serner A, Weir A, Tol JL, Thorborg K, Roemer F, Guermazi A, et al. Characteristics of acute groin injuries in the hip flexor muscles - a detailed MRI study in athletes. *Scand J Med Sci Sports*. févr 2018;28(2):677-85.
36. Schöberl M, Prantl L, Loose O, Zellner J, Angele P, Zeman F, et al. Non-surgical treatment of pubic overload and groin pain in amateur football players: a prospective double-blinded randomised controlled study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. juin 2017;25(6):1958-66.
37. Piette P. *Métriologie appliquée à la kinésithérapie : mesures, tests et bilans, concepts fondamentaux*. 2017;16.
38. Falvey ÉC, King E, Kinsella S, Franklyn-Miller A. Athletic groin pain (part 1): a prospective anatomical diagnosis of 382 patients—clinical findings, MRI findings and patient-reported outcome measures at baseline. *Br J Sports Med*. avr 2016;50(7):423-30.
39. Trainor K, Pinnington MA. Reliability and diagnostic validity of the slump knee bend neurodynamic test for upper/mid lumbar nerve root compression: a pilot study. *Physiotherapy*. mars 2011;97(1):59-64.

40. Laslett M, Aprill CN, McDonald B, Young SB. Diagnosis of Sacroiliac Joint Pain: Validity of individual provocation tests and composites of tests. *Man Ther.* août 2005;10(3):207-18.
41. Matar HE, Rajpura A, Board TN. Femoroacetabular impingement in young adults: assessment and management. *Br J Hosp Med.* 2 oct 2019;80(10):584-8.
42. Bou Antoun M, Reboul G, Ronot M, Crombe A, Poussange N, Pesquer L. Imaging of inguinal-related groin pain in athletes. *Br J Radiol.* déc 2018;91(1092):20170856.
43. Mosler AB, Agricola R, Weir A, Hölmich P, Crossley KM. Which factors differentiate athletes with hip/groin pain from those without? A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* juin 2015;49(12):810-810.
44. Kloskowska P, Morrissey D, Small C, Malliaras P, Barton C. Movement Patterns and Muscular Function Before and After Onset of Sports-Related Groin Pain: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Med.* déc 2016;46(12):1847-67.
45. Thorborg K, Branci S, Nielsen MP, Langelund MT, Hölmich P. Copenhagen five-second squeeze: a valid indicator of sports-related hip and groin function. *Br J Sports Med.* avr 2017;51(7):594-9.
46. Branci S, Weir A, Vuckovic Z, Hölmich P, Thorborg K, Reboul G. French translation and cross-cultural adaptation of the Copenhagen Hip and Groin Outcome Score (HAGOS) [Internet]. Disponible sur: <http://www.koos.nu/hagosfrench.pdf>
47. Barras M, Lutz J, Mathieu N. Le traitement conservateur dans le cadre d'une pubalgie de surcharge chez l'athlète, une revue systématique de revues systématiques. *Kinésithérapie Rev.* mars 2019;19(207):3-10.
48. Almeida MO, Silva BN, Adriolo RB, Atallah AN, Peccin MS. Conservative interventions for treating exercise-related musculotendinous, ligamentous and osseous groin pain. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;(6):CD009565.
49. Le Picard P, Reboul G, Vuckovic Z. Le traitement chirurgical des pubalgies. *Sci Sports.* sept 2013;28(4):233-8.
50. de SA D, Hölmich P, Phillips M, Heaven S, Simunovic N, Philippon MJ, et al. Athletic groin pain: a systematic review of surgical diagnoses, investigations and treatment. *Br J Sports Med.* oct 2016;50(19):1181-6.
51. Condello G, Kernozek TW, Tessitore A, Foster C. Biomechanical Analysis of a Change-of-Direction Task in College Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform.* janv 2016;11(1):96-101.
52. Franklyn-Miller A, Richter C, King E, Gore S, Moran K, Strike S, et al. Athletic groin pain (part 2): a prospective cohort study on the biomechanical evaluation of change of direction identifies three clusters of movement patterns. *Br J Sports Med.* mars 2017;51(5):460-8.

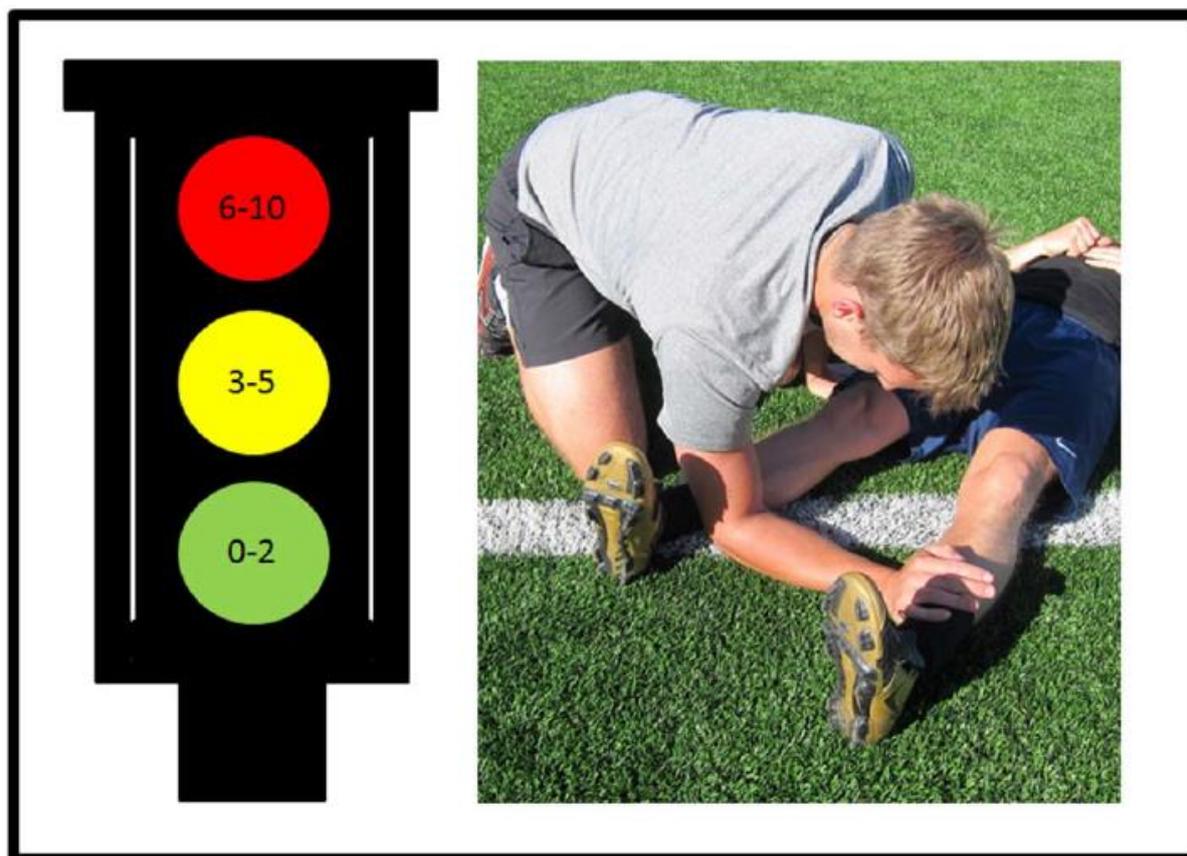
53. Deschamps T, Dorel S, Gouelle A, Hanon C, Hug F, Marqueste T, et al. Le mouvement. *Revue EP.S*; 2009. 128 p.
54. La capture cinématique du mouvement en 3D avec caméras à émissions infrarouges et marqueurs passifs réfléchissants | ACAPS [Internet]. 2017. Disponible sur: <https://www.acaps.asso.fr/capture-cinematique/>
55. Marshall BM, Franklyn-Miller AD, King EA, Moran KA, Strike SC, Falvey EC. Biomechanical Factors Associated With Time to Complete a Change of Direction Cutting Maneuver: *J Strength Cond Res*. oct 2014;28(10):2845-51.
56. Dos'Santos T, Thomas C, Jones PA, Comfort P. Mechanical Determinants of Faster Change of Direction Speed Performance in Male Athletes: *J Strength Cond Res*. mars 2017;31(3):696-705.
57. Dos'Santos T, McBurnie A, Thomas C, Comfort P, Jones PA. Biomechanical Comparison of Cutting Techniques: A Review and Practical Applications. *Strength Cond J*. août 2019;41(4):40-54.
58. Sasaki S, Nagano Y, Kaneko S, Sakurai T, Fukubayashi T. The relationship between performance and trunk movement during change of direction. *J Sports Sci Med*. mars 2011;10(1):112-8.
59. Dos'Santos T, Thomas C, Comfort P, Jones PA. The Effect of Training Interventions on Change of Direction Biomechanics Associated with Increased Anterior Cruciate Ligament Loading: A Scoping Review. *Sports Med*. déc 2019;49(12):1837-59.
60. Corbière M, Larivière N. Méthodes qualitatives, quantitatives et mixtes: Dans la recherche en sciences humaines, sociales et de la santé. PUQ; 2014. 820 p.
61. Bearman M, Smith CD, Carbone A, Slade S, Baik C, Hughes-Warrington M, et al. Systematic review methodology in higher education. *High Educ Res Dev*. oct 2012;31(5):625-40.
62. Besier TF, Lloyd DG, Ackland TR, Cochrane JL. Anticipatory effects on knee joint loading during running and cutting maneuvers: *Med Sci Sports Exerc*. juill 2001;1176-81.
63. Mclean SG, Lipfert SW, Van Den Bogert AJ. Effect of Gender and Defensive Opponent on the Biomechanics of Sidestep Cutting: *Med Sci Sports Exerc*. juin 2004;36(6):1008-16.
64. Edwards S, Brooke HC, Cook JL. Distinct cut task strategy in Australian football players with a history of groin pain. *Phys Ther Sport*. janv 2017;23:58-66.
65. Glasgow P, Bleakley CM, Phillips N. Being able to adapt to variable stimuli: the key driver in injury and illness prevention? *Br J Sports Med*. janv 2013;47(2):64-5.
66. Severin AC, Mellifont DB, Sayers MGL. Influence of previous groin pain on hip and pelvic instep kick kinematics. *Sci Med Footb*. 2 janv 2017;1(1):80-5.

67. Kellis E, Katis A, Gissis I. Knee Biomechanics of the Support Leg in Soccer Kicks from Three Angles of Approach: *Med Sci Sports Exerc.* juin 2004;36(6):1017-28.
68. Hamill J, Palmer C, Van Emmerik REA. Coordinative variability and overuse injury. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol.* déc 2012;4(1):45.
69. McCarthy Persson U, O’Sullivan RM, Morrissey D, Wallace J. The ability of athletes with long-standing groin pain to maintain a stable lumbopelvic position: A laboratory study. *Phys Ther Sport.* janv 2017;23:45-9.
70. Denteneer L, Stassijns G, De Hertogh W, Truijen S, Van Daele U. Inter- and Intrarater Reliability of Clinical Tests Associated With Functional Lumbar Segmental Instability and Motor Control Impairment in Patients With Low Back Pain: A Systematic Review. *Arch Phys Med Rehabil.* janv 2017;98(1):151-164.e6.
71. Janse van Rensburg L, Dare M, Louw Q, Crous L, Cockroft J, Williams L, et al. Pelvic and hip kinematics during single-leg drop-landing are altered in sports participants with long-standing groin pain: A cross-sectional study. *Phys Ther Sport.* juill 2017;26:20-6.
72. Cowan SM, Schache AG, Brukner P, Bennell KL, Hodges PW, Coburn P, et al. Delayed Onset of Transversus Abdominus in Long-Standing Groin Pain: *Med Sci Sports Exerc.* déc 2004;2040-5.
73. Jansen J, Weir A, Denis R, Mens J, Backx F, Stam H. Resting thickness of transversus abdominis is decreased in athletes with longstanding adduction-related groin pain. *Man Ther.* avr 2010;15(2):200-5.
74. Arumugam A, Milosavljevic S, Woodley S, Sole G. Effects of external pelvic compression on form closure, force closure, and neuromotor control of the lumbopelvic spine – A systematic review. *Man Ther.* août 2012;17(4):275-84.
75. Mens J, Inklaar H, Koes BW, Stam HJ. A New View on Adduction-Related Groin Pain: *Clin J Sport Med.* janv 2006;16(1):15-9.
76. Jansen J, Mens J, Backx F, Stam H. No Relation Between Pelvic Belt Tests and Abdominal Muscle Thickness Behavior in Athletes With Long-Standing Groin Pain. Measurements With Ultrasound: *Clin J Sport Med.* janv 2010;20(1):15-20.
77. Jansen JACG, Mens JMA, Backx FJG, Stam HJ. Changes in Abdominal Muscle Thickness Measured by Ultrasound Are Not Associated With Recovery in Athletes With Longstanding Groin Pain Associated With Resisted Hip Adduction. *J Orthop Sports Phys Ther.* oct 2009;39(10):724-32.
78. Rivadulla AR, Gore S, Preatoni E, Richter C. Athletic groin pain patients and healthy athletes demonstrate consistency in their movement strategy selection when performing multiple repetitions of a change of direction test. *J Sci Med Sport.* déc 2019;S1440244019308278.

79. Mansourizadeh R, Letafatkar A, Franklyn-Miller A, Khaleghi-Tazji M, Baker JS. Segmental coordination and variability of change in direction in long-standing groin pain. *Gait Posture*. mars 2020;77:36-42.
80. King E, Franklyn-Miller A, Richter C, O'Reilly E, Doolan M, Moran K, et al. Clinical and biomechanical outcomes of rehabilitation targeting intersegmental control in athletic groin pain: prospective cohort of 205 patients. *Br J Sports Med*. août 2018;52(16):1054-62.
81. Gore SJ, Franklyn-Miller A, Richter C, King E, Falvey EC, Moran K. The effects of rehabilitation on the biomechanics of patients with athletic groin pain. *J Biomech*. janv 2020;99:109474.
82. Fickey SN, Browne MG, Franz JR. Biomechanical effects of augmented ankle power output during human walking. *J Exp Biol*. 15 nov 2018;221(22):jeb182113.
83. Roper JL, Harding EM, Doerfler D, Dexter JG, Kravitz L, Dufek JS, et al. The effects of gait retraining in runners with patellofemoral pain: A randomized trial. *Clin Biomech*. juin 2016;35:14-22.
84. Fox AS. Change-of-Direction Biomechanics: Is What's Best for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Also Best for Performance? *Sports Med*. août 2018;48(8):1799-807.
85. Azevedo DC, Lauria AC, Pereira ARS, Andrade GT, Ferreira ML, Ferreira PH, et al. Intraexaminer and Interexaminer Reliability of Pressure Biofeedback Unit for Assessing Lumbopelvic Stability During 6 Lower Limb Movement Tests. *J Manipulative Physiol Ther*. janv 2013;36(1):33-43.
86. Perrott MA, Pizzari T, Opar MS, Cook J. Athletes with a clinical rating of good and poor lumbopelvic stability have different kinematic variables during single leg squat and dip test. *Physiother Theory Pract*. 22 août 2019;1-10.
87. OCEBM Levels of Evidence [Internet]. CEBM. 2016. Disponible sur: <https://www.cebm.net/2016/05/ocebmllevels-of-evidence/>
88. Dos'Santos T, Bishop C, Thomas C, Comfort P, Jones PA. The effect of limb dominance on change of direction biomechanics: A systematic review of its importance for injury risk. *Phys Ther Sport*. mai 2019;37:179-89.

XI. Annexes

Annexe 1 : « Copenhagen five-second squeeze » selon Thorborg et al (45)



Annexe 2 : Traduction française du Copenhagen Hip and Groin Outcome Score selon Branci et al (46)

HAGOS

Questionnaire concernant des problèmes affectant les hanches et/ou l'aîne

Date: _____ Date de naissance: _____

Nom et prénoms: _____

INSTRUCTIONS: Ce questionnaire contient des questions sur l'état fonctionnel de vos hanches et/ou de l'aîne. Vous devez indiquer comment fonctionnent vos hanches et/ou l'aîne **depuis une semaine**. Vos réponses doivent nous permettre de suivre votre état de santé au quotidien.

Vous devez répondre en cochant la case qui convient le mieux. Vous ne devez donner qu'une réponse à chaque question. Merci de répondre à TOUTES les questions. Si une question ne s'applique pas à vous ou si vous n'avez pas eu le problème depuis une semaine, merci d'indiquer la réponse qui vous paraît la plus exacte.

Symptômes

En répondant aux questions ci-dessous, pensez aux **symptômes** et aux difficultés en rapport avec vos hanches et/ou votre aîne survenus **depuis une semaine**.

S1 Avez-vous ressenti une gêne au niveau des hanches et/ou de l'aîne?

Jamais Rarement De temps et temps Souvent Tout le temps

S2 Avez-vous entendu des craquements ou autres bruits émanant des hanches et/ou de l'aîne?

Jamais Rarement De temps et temps Souvent Tout le temps

S3 Eprouvez-vous des difficultés à écarter les membres inférieurs?

Aucune Un peu Modérément Grandes Très grandes

S4 Avez-vous des problèmes pour faire des pas complets lorsque vous marchez?

Aucun Un peu Modérément Grandes Très grands

S5 Souffrez-vous de l'apparition soudaine de douleurs aiguës ou lancinantes dans la hanche ou dans l'aîne?

Jamais Rarement De temps et temps Souvent Tout le temps

Raideur

Les questions suivantes concernent **la raideur des hanches et/ou de l'aîne**. La raideur provoque des difficultés au démarrage ou une résistance accrue lors de la mobilisation de la hanche ou de l'aîne. **Indiquez le degré de la raideur de la hanche et/ou de l'aîne depuis une semaine.**

S6 Quel est le degré de raideur de la hanche ou de l'aîne le matin au réveil?

Rien Un peu Moyen Fort Extrême

S7 Quel est le degré de raideur de la hanche ou de l'aîne au cours de la journée après repos assis ou allongé?

Rien Un peu Moyen Fort Extrême

Douleurs

P1 A quelle fréquence ressentez-vous des douleurs de la hanche ou de l'aîne?

Jamais Tous les mois Toutes les semaines Tous les jours Tout le temps

P2 A quelle fréquence ressentez-vous des douleurs ailleurs qu'à la hanche et/ou à l'aîne, mais que vous pensez liées à vos problèmes de hanche ou de l'aîne?

Jamais Tous les mois Toutes les semaines Tous les jours Tout le temps

Les questions suivantes concernent les douleurs que vous avez ressenties à la hanche et/ou à l'aîne **depuis une semaine**. **Merci d'indiquer le degré de douleur ressentie dans les conditions suivantes.**

P3 Extension complète de la hanche

Rien Léger Moyen Fort Très fort

P4 Flexion complète de la hanche

Rien Léger Moyen Fort Très fort

P5 Lors de la montée ou descente d'escaliers

Rien Léger Moyen Fort Très fort

P6 La nuit au cours du sommeil (douleurs qui perturbent votre sommeil)

Rien Léger Moyen Fort Très fort

P7 En position assise ou allongée

Rien Léger Moyen Fort Très fort

Les questions suivantes concernent les douleurs ressenties **depuis une semaine aux hanches et/ou à l'aîne**. Indiquez l'intensité de la douleur ressentie dans les conditions suivantes.

P8 En position debout

Rien Léger Moyen Fort Très fort

P9 Lors de la marche sur surface dure, par exemple sur surface goudronnée ou carrelage

Rien Léger Moyen Fort Très fort

P10 Lors de la marche en terrain accidenté

Rien Léger Moyen Fort Très fort

Fonction physique, activités quotidiennes

Les questions suivantes concernent votre aptitude fonctionnelle. Indiquez le degré de difficulté que vous avez éprouvé la semaine passée lors des activités mentionnées ci-dessous en raison de problèmes de hanche et/ou de l'aîne.

A1 Monter des escaliers

Rien Léger Moyen Fort Très fort

A2 Vous pencher en avant, par exemple pour ramasser un objet au sol

Rien Léger Moyen Fort Très fort

A3 Monter/descendre d'une voiture

Rien Léger Moyen Fort Très fort

A4 Etre allongé sur un lit (se tourner ou avoir conservé les hanches dans la même position pendant longtemps)

Rien Léger Moyen Fort Très fort

A5 Effectuer des travaux ménagers lourds (laver le sol, passer l'aspirateur, porter des objets lourds etc.)

Rien Léger Moyen Fort Très fort

Aptitude fonctionnelle, sport et temps libre

Les questions suivantes concernent vos capacités physiques. Merci de répondre à TOUTES les questions. Si une question ne s'applique pas à vous ou si vous n'avez pas eu le problème depuis une semaine, merci d'indiquer la réponse qui vous paraît la plus exacte. Indiquez le degré de difficulté éprouvé lors des activités mentionnées ci-dessous au cours de la semaine passée en raison de problèmes de hanche et/ou de l'aîne.

SP1 S'accroupir

Rien Léger Moyen Fort Très fort

SP2 Courir

Rien Léger Moyen Fort Très fort

SP3 Lors de la rotation du corps en appui sur une jambe

Rien Léger Moyen Fort Très fort

SP4 Marcher sur terrain accidenté

Rien Léger Moyen Fort Très fort

SP5 Courir le plus vite possible

Rien Léger Moyen Fort Très fort

SP6 Allonger la jambe fortement en avant ou sur le côté, comme par ex. en donnant un coup de pied ou en patinant

Rien Léger Moyen Fort Très fort

SP7 Mouvements brusques et explosifs impliquant un changement de pied rapide, par ex. accélérations, arrêts, changements de direction etc.

Rien Léger Moyen Fort Très fort

SP8 Situations où la jambe est écartée le plus possible du corps

Rien Léger Moyen Fort Très fort

Pratique d'activités physiques

Les questions suivantes concernent votre capacité à pratiquer vos activités physiques préférées, c'est-à-dire non seulement des activités sportives, mais également toutes autres activités où l'on se retrouve légèrement hors d'haleine. **Indiquez le degré de difficulté que vous avez éprouvé pendant vos activités physiques préférées la semaine passée en raison de problèmes de hanche et/ou de l'aine.**

PA1 Êtes-vous capable de pratiquer vos activités physiques préférées aussi longtemps que vous le souhaitez?

Toujours Souvent De temps en temps Rarement Jamais

PA2 Êtes-vous capable de pratiquer vos activités physiques préférées à votre niveau de performance habituel?

Toujours Souvent De temps en temps Rarement Jamais

Qualité de vie

Q1 A quelle fréquence êtes-vous gêné par vos problèmes de hanche ou de l'aine?

Jamais Tous les mois Toutes les semaines Tous les jours Tout le temps

Q2 Avez-vous modifié votre façon de vivre afin d'éviter de surmener la hanche ou l'aine?

Pas de tout Un peu Moyennement En grande partie Totalement

Q3 Évaluez l'importance générale de vos problèmes de hanche et/ou de l'aine

Aucune Légère Moyenne Importante Très importante

Q4 Vos problèmes des hanches ou de l'aine affectent-ils votre humeur de façon négative?

Pas de tout Rarement De temps en temps Souvent Tout le temps

Q5 Vous sentez-vous limité par vos problèmes de hanche et/ou de l'aine?

Pas de tout Rarement De temps en temps Souvent Tout le temps

Merci d'avoir répondu à TOUTES les questions

Annexe 3 : Indicateurs de progression du protocole de rééducation axé sur la coordination intersegmentaire (80,81)



Annexe 4 : Protocole de rééducation du protocole de rééducation axé sur la coordination intersegmentaire (80,81)

Tableau I - Axes de travail et critères d'inclusion (niveau 1)

Segment	Plane	Stream	Reasons for inclusion
Pelvis/Femur	Sagittal	Hip Flexor	Stabiliser of anterior hip and knee function in swing leg recovery during running and cutting (45)
Pelvis/Femur	Frontal	Lateral Hip Control	Improves femoracetabular dynamic control to minimise dynamic impingement (59)
Pelvis/Femur	Frontal/Transverse	Lateral Hip Strength	Improves hip abduction and external rotation strength (60)
Thorax/Pelvis; Pelvis/Femur	Sagittal/Frontal/Transverse	Abdominal	Improves oblique abdominal strength minimising excessive trunk rotation and pelvic tilt (60)
Multisegmental	Sagittal	Double Leg Squat	Improves hip and lumbopelvic strength and control, minimising dynamic impingement (47)
Multisegmental	Sagittal	Deadlift	Improves lumbopelvic control and posterior chain strength
Multisegmental	Sagittal	Lunge	Improves lumbopelvic control, quadriceps and hip strength
Multisegmental	Sagittal/Frontal	Plyometric	Improves rate of force development and single leg reactive strength (61)

Tableau II - Exercices (niveau 1)

Stream	Progressions		
Hip Flexor	Supine	Standing Supported	Free Standing
Lateral Hip Control	Supported Hip Hitch	Free Standing Hip Hitch	Step Up
Abdominal	Crook Lying Leg Lift	Crook Lying Alternate Leg Drop	Pallof Kneeling Split Lunge
Double Leg Squat	High Goblet Squat	Low Goblet Squat	Front Squat
Lateral Hip Strength	Abduction/External rotation in mini Squat	Abduction/External rotation in mini Squat at wall	Banded Squat
Deadlift	Hip Hinge	1/2 Rack Deadlift	Floor Deadlift
Lunge	Split Lunge	Overhead Split Lunge	Weighted Split Lunge
Plyometric	On Spot Hopping	Line Hopping	Cone Hopping

Tableau III - Exercices de course linéaire et critères d'inclusion (niveau 2)

Linear Drills	Reason for inclusion
Marching/Skipping	Focus on maintaining neutral lumbopelvic position and trunk posture while maximising vertical ground reaction force production
Barbell/Overhead Running	Focus on maintaining neutral lumbopelvic position and minimising overstride and excessive trunk rotation
Leg Change Drill	Focus on stance leg stiffness and swing leg recovery

Tableau IV - Instructions des exercices de course linéaire (niveau 2)

Linear	Instructions
Marching/Skipping	March/Skip on the spot with arms locked overhead, maintaining lumbopelvic neutral and with aggressive ground contact
Barbell/Overhead Running	Run with dowel overhead or barbell across shoulders focusing on tall running posture and keeping stick still
Leg Change Drill	in single leg stand focus on rapid leg change to drive alternating leg extension and swing leg recovery
	Complete 5-6 reps of 3-4 sets
	Focus is entirely on quality of exercise execution

Tableau V - Programme de course linéaire A (niveau 2)

Linear A						
Session	Distance (meters)	Intensity	Recovery	Reps	Distance	Total Distance
1	400	50%	1 min	6	2400	2400
2	400	50%	1 min	8	3200	3200
3	400	50%	1 min	10	4000	4000
4	400	70%	1 min	10	4000	4000
5	400	85%	1 min	10	4000	4000
6	400	100%	1 min	10	4000	4000
100% intensity was the subjects self rated assessment of maximum effort at that distance						
Subjects progressed to the next level of running if no increase in groin symptoms the next morning						

Tableau VI - Programme de course linéaire B (niveau 3)

Linear B							
Session	Distance	Intensity	Recovery	Reps	Distance	Total Distance	Starting Speed
Warm Up	400	70%	1 min	4	1600	1600	
1	100	70%	30 sec	10	1000	2600	Rolling start x 10m
2	100	85%	30 sec	10	1000	2600	Rolling start x 10m
3	100	100%	30 sec	10	1000	2600	Rolling start x 10m
4	100	100%	30 sec	5	500	2350	Rolling start x 10m
	50	70%	30 sec	5	250		Standing start
5	100	100%	30 sec	5	500	2350	Rolling start x 10m
	50	85%	30 sec	5	500		Standing start
6	100	100%	30 sec	5	500	2350	Rolling start x 10m
	50	100%	30 sec	5	250		Standing start
7	100	100%	30 sec	5	500	2600	Rolling start x 10m
	50	100%	30 sec	10	500		Standing start
Warm up was completed prior to commencing each session warm up and to re-establish good running pattern							
100% intensity was the subjects self rated assessment of maximum effort at that distance							
Subjects progressed to the next level of running if no increase in groin symptoms the next morning							

Tableau VIII - Exercices de course multidirectionnelle et critères d'inclusion (niveau 3)

Multidirectional Drills	Reason for Inclusion
Lateral Shuffle	To optimise frontal plane rate of force development and minimise loss of segmental control between the trunk and pelvis
Zig Zag Running	To optimise trunk and hip control and foot placement during side step
180 Degree Cone Cutting	To optimise rate of force development and push off during cutting

Tableau VII - Exercices de course multidirectionnelle (niveau 3)

Multidirectional	Instructions
Lateral Shuffle	Side Shuffle between 2 cones 8 metres apart with arms locked overhead focusing on getting away from the cones as quickly as possible. Progressed to react to instruction or to shadow opponent while shuffling
Zig Zag Cutting	5 cones in zig zag formation, 5 metres apart from each other. Run and cut as quickly as possible around the cones. Add holding a med ball for increase resistance and higher centre of mass
180 Degree Cone cutting	5 cones in a semi circle, start in the middle and run at any cone and cut back straight to the starting point. Add holding a med ball for increase resistance and higher centre of mass
Start at 50% intensity and increase between sessions as long as symptom free during drill	
Focus is entirely on quality of exercise execution	
3-4 sets of 5-6 reps	

Annexe 5 : Modifications biomécaniques lors d'un changement de direction suite à une rééducation axée sur le contrôle intersegmentaire (80)

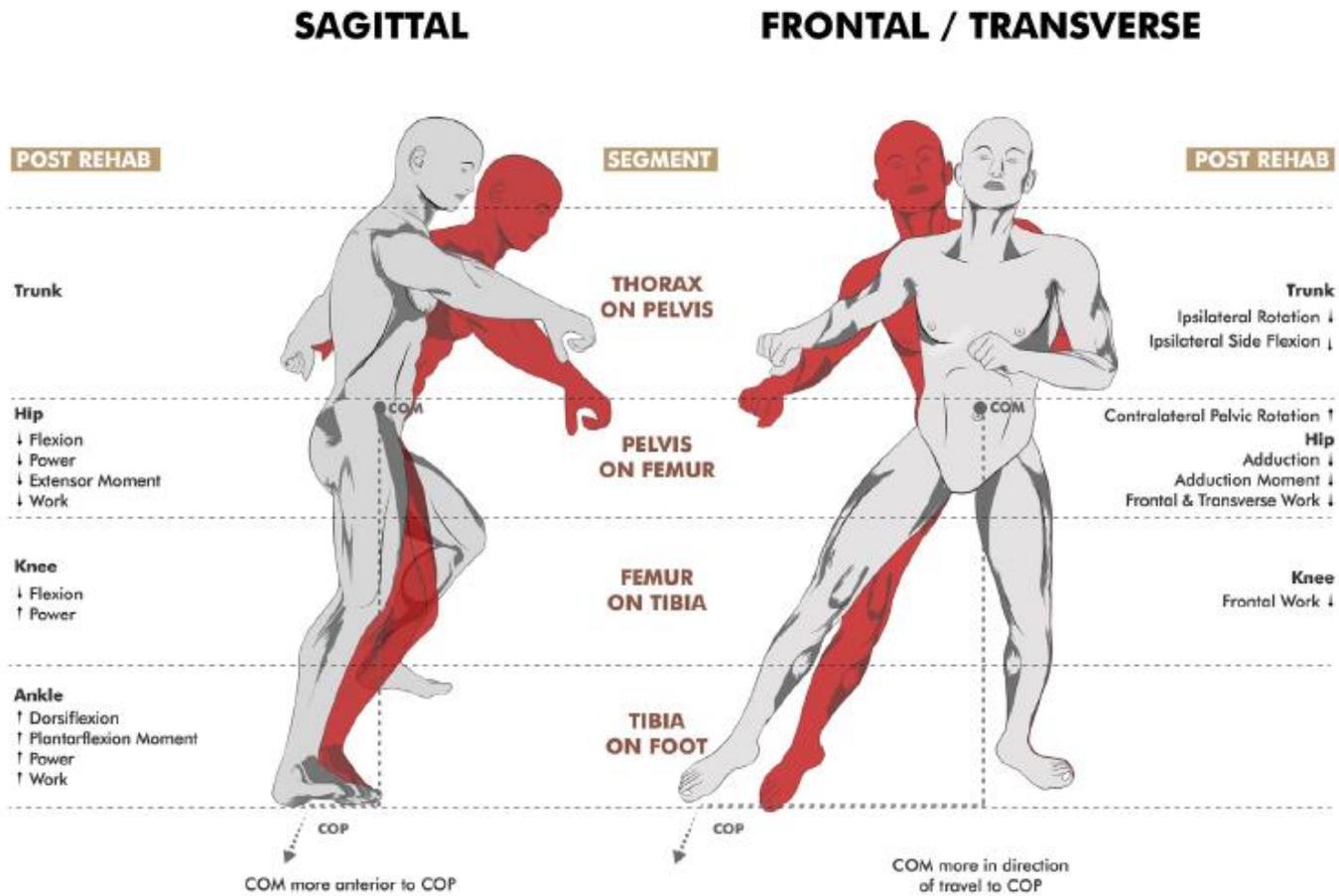


Figure 12 - En rouge : pré-rééducation. En gris : post -rééducation. COM : centre de masse. COP : centre de pression

Annexe 6 : Tests d'évaluation de la stabilité dynamique lombopelvienne : le « Single Leg Squat » (à gauche) et le « Dip test » (à droite) (86)

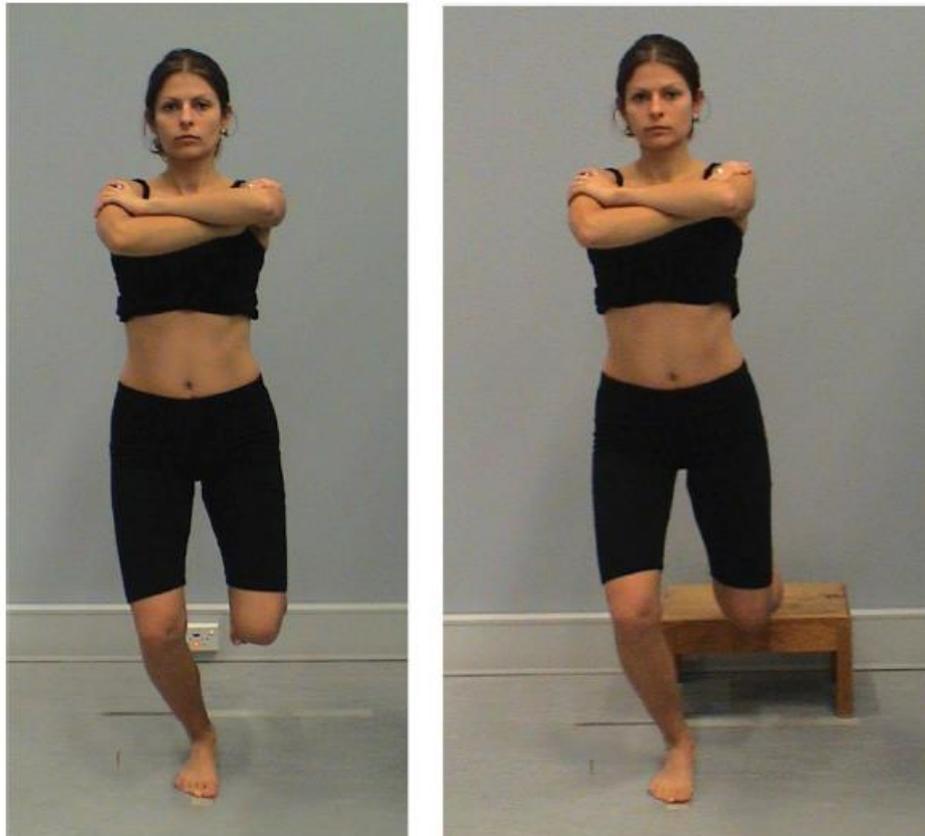


Tableau IX - Critères de cotation confirmé par les mesures cinématiques pour le "Single Leg Squat" et le "Dip test" : bonne et mauvaise stabilité

	Good	Poor
1. Overall Impression		
Dip test & SLS	Smooth, good quality movement General control Smooth controlled change-over between squats/dips	Jerky movement of trunk, pelvis and thighs
2. Trunk and pelvic alignment		
Dip test	ASIS level	Discernible movement with pelvis higher on trial leg side
SLS	Minimal pelvic rotation Stable lumbar lordosis Minimal trunk sideflexion and rotation	Discernible movement with pelvis rotating toward the trial leg Unstable lumbar lordosis Trunk sideflexion toward trial leg or trunk rotation away from the trial leg
3. Trial leg hip alignment		
Dip test & SLS	Minimal movement out of the starting plane of movement. This takes into account the alignment of the limb, influenced by pelvic width, and Q angle at the knee	Discernible movement out of the starting plane of movement with the thigh moving further into adduction.
4. Contralateral leg hip alignment		
Dip test	Minimal abduction of back leg	Abduction of back leg
SLS	Minimal abduction of opposite leg* Dissociation between trial leg and contralateral leg hip flexion movement*	Contralateral leg hip abduction* Excessive contralateral leg hip flexion occurring: either held flexed during the squat, or flexing and extending at the same time as the trial leg (lack of dissociation)*

* proposed new rating criteria