



UNIVERSITE DE LILLE  
**FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG**  
Année : 2019

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT  
DE DOCTEUR EN MEDECINE

**Travail préliminaire à la réalisation d'une étude permettant la comparaison des paramètres sagittaux rachidiens entre un groupe de footballeurs à haute intensité de pratique et un groupe de témoins, âgés de 11 à 17 ans, à l'aide du Spinal Mouse comme outil de mesure.**

Présentée et soutenue publiquement le 17 septembre 2019 à 18H00.  
au Pôle Formation  
**Par Fabien Sadoc**

---

**JURY**

**Président :**

**Monsieur le Professeur André THEVENON**

**Assesseurs :**

**Madame le Professeur Nathalie BOUTRY**

**Monsieur le Docteur Jean-Marc LEFEBVRE**

**Directrice de Thèse :**

**Madame le Docteur WIECZOREK Valérie**

---

# **Avertissement**

**La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.**



## TABLE DES MATIERES

### SOMMAIRE

<b>I. Le rachis.....</b>	<b>7</b>
<b>A. Anatomie .....</b>	<b>8</b>
<b>B. Composition .....</b>	<b>8</b>
<b>C. Fonction .....</b>	<b>9</b>
<b>D. Les courbures du rachis.....</b>	<b>9</b>
<b>E. Ontogenèse : .....</b>	<b>10</b>
<b>F. Acquisition des courbures rachidiennes .....</b>	<b>11</b>
<b>II. Les pathologies du complexe pelvi fémoral.....</b>	<b>13</b>
<b>A. Généralités .....</b>	<b>13</b>
<b>B. Le syndrome pubalgique .....</b>	<b>14</b>
<b>C. Morphotype.....</b>	<b>14</b>
<b>III. L'équilibre sagittal : .....</b>	<b>17</b>
<b>A. Généralités .....</b>	<b>17</b>
<b>B. Les paramètres pelviens.....</b>	<b>17</b>
1. L'incidence pelvienne (IP).....	17
2. Pente sacrée (PS).....	18
3. Version pelvienne (VP).....	18
<b>C. Les paramètres rachidiens .....</b>	<b>19</b>
<b>D. Modification de l'équilibre sagittal au cours de la croissance .....</b>	<b>20</b>
<b>E. Modification de la statique pelvienne au cours de la croissance .....</b>	<b>24</b>
<b>F. Equilibre sagittal et sport .....</b>	<b>24</b>
1. Facteur mécanique .....	24
2. Facteur musculaire.....	25
3. Charge d'entraînement.....	26
4. Particularités selon les sports.....	26
5. Equilibre sagittal et football.....	27
<b>IV. Imageries du rachis .....</b>	<b>31</b>
<b>A. EOS .....</b>	<b>31</b>
<b>B. Spinal Mouse .....</b>	<b>31</b>
1. Reproductibilité .....	33
2. Validité .....	34
3. Inconvénients : .....	37
4. Avantages : .....	38
5. Conclusion.....	38
<b>V. Synthèse .....</b>	<b>39</b>
<b>Etude .....</b>	<b>41</b>
<b>I. Objectifs .....</b>	<b>43</b>
<b>A. Objectif principal.....</b>	<b>43</b>
<b>B. Objectifs secondaires .....</b>	<b>43</b>
<b>II. Matériel et Méthode .....</b>	<b>45</b>
<b>A. Population.....</b>	<b>45</b>
1. Footballeurs .....	45

Critères d'inclusion :	45
Critères d'exclusions :	45
2. Groupe contrôle	45
Critères d'inclusion :	45
Critères d'exclusions :	46
<b>III. Analyse statistique</b>	<b>49</b>
<b>Discussion</b>	<b>51</b>
<b>Conclusion</b>	<b>53</b>
<b>ANNEXES 1</b>	<b>55</b>
<b>ANNEXES 2</b>	<b>61</b>
<b>Glossaire</b>	<b>65</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>69</b>

Travail préliminaire à la réalisation d'une étude permettant la  
comparaison des paramètres sagittaux rachidiens entre un groupe de  
footballeurs à haute intensité de pratique et un groupe de témoins, âgés  
de 11 à 17 ans, à l'aide du Spinal Mouse comme outil de mesure.



# Résumé

## Contexte :

Les pathologies du complexe pelvi rachidien sont fréquentes chez le footballeur.

Les études récentes semblent montrer une relation entre l'équilibre sagittal du rachis et la survenue de pathologies du complexe pelvi fémoral.

Dans le domaine du football peu d'études s'intéressent au morphotype des footballeurs, de plus aucune d'elles n'utilise le même outil de mesure, la population étudiée n'est pas la même et le niveau des sportifs est également différent.

Ce travail est la phase préparatoire d'une étude dont l'objectif est de comparer la cyphose dorsale et la lordose lombaire entre un groupe de footballeurs et une population témoin.

## Méthode :

L'étude comparera les valeurs des angles de la cyphose dorsale et de la lordose lombaire entre un groupe de jeunes footballeurs à haut niveau de pratique (supérieure à 7h par semaine) et un groupe témoin (pratique sportive extrascolaire inférieure à 2h par semaine), âgés entre 11 et 17 ans. Pour ce faire nous utiliserons le Spinal Mouse comme outil de mesure.

## Conclusion :

La mise en évidence d'une différence significative entre les deux groupes pourrait favoriser la mise en place d'un travail de prévention, dès les catégories les plus jeunes. Ceci afin d'essayer de limiter le déséquilibre du rachis sagittal, et donc la survenue de pathologies du complexe pelvi-rachidien.



# Introduction

L'étude des pathologies liées au sport est récente dans l'histoire de la médecine. Il est très vite apparu indispensable de prévenir l'apparition de ses blessures et ce d'autant plus avec la professionnalisation du sport ; l'enjeu n'étant plus seulement médical mais aussi économique.

Les pathologies du complexe pelvi fémoral sont sources d'atteintes récurrentes chez les footballeurs. On estime en moyenne que 50 % des footballeurs seront confrontés à un syndrome pubalgique.

L'étude des facteurs prédisposant est en pleine essor, notamment au niveau de l'équilibre sagittal du rachis avec l'apparition de nouvelles techniques d'imageries (Spinal Mouse, EOS\*, etc.).

Il se pose la question de savoir si le football pourrait entraîner une modification de l'équilibre sagittal, favorisant ainsi l'apparition de ces pathologies.

Notre travail a pour but de justifier l'intérêt d'une telle étude et de préparer sa mise en œuvre.

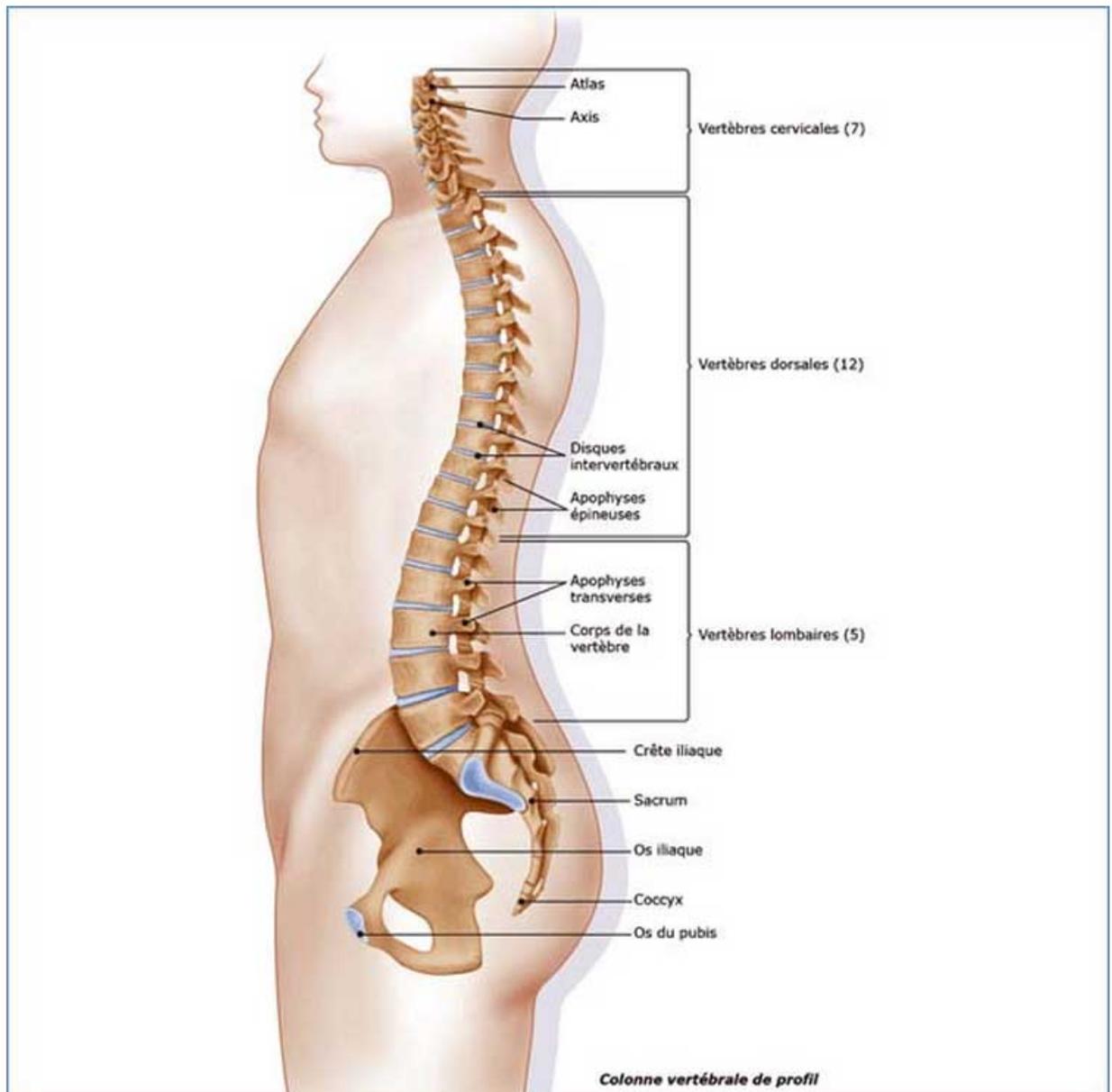
Nous aborderons les thèmes des pathologies du complexe pelvi-fémoral et de la statique rachidienne et pelvienne. Mais également le rachis en croissance, ainsi que le rachis et le sport. Pour finir nous nous intéresserons plus particulièrement aux modalités de l'étude et notamment de son outil de mesure le Spinal Mouse\*.

\*Cf glossaire



# I. Le rachis

Figure 1 : Colonne vertébrale de profil <sup>1</sup>



## A. Anatomie

Le rachis est une structure osseuse composée de 33 vertèbres superposées, articulées entre elles grâce aux disques intervertébraux en avant et aux articulations zygapophysiales en arrière. Cette tige osseuse est médiane et postérieure à l'abdomen.

## B. Composition

Il est divisé en 4 segments :

- Le segment cervical : composé de 7 vertèbres, il est la partie supérieure de la colonne vertébrale et s'étend de la base du crâne à la base du cou.

- Le segment dorsal : composé de 12 vertèbres, il est le support des 12 paires de côtes vertébrales et s'étend de la base du cou au milieu du dos.

- Le segment lombaire : composé de 5 vertèbres, il s'étend du milieu du dos jusqu'au bassin.

- Le segment sacro coccygien : formé de deux parties mono-bloc, il est la partie inférieure de la colonne vertébrale.

- Le sacrum, constitué de la fusion de 5 vertèbres, s'intègre dans la ceinture pelvienne. Il s'articule en haut avec la 5ème vertèbre lombaire, en bas avec le coccyx et sur les côtés avec les os iliaques.
- Le coccyx, reliquat de la queue des mammifères, s'articule en haut avec le sacrum. Il est formé de la soudure de 4 à 6 petites vertèbres coccygiennes.

## C. Fonction

Il possède 3 fonctions :

- Statique : en supportant le poids du corps. Les contraintes mécaniques augmentent au fur et à mesure de la partie supérieure à la partie inférieure de la colonne vertébrale, ce qui explique que les corps vertébraux et les disques intervertébraux soient plus épais en bas de la colonne au niveau lombaire.
- Dynamique : les vertèbres sont reliées les unes aux autres par des éléments ligamentaires et musculaires, ce qui permet une mobilisation dans les 3 plans de l'espace (flexion/extension, rotation axiale et inclinaison latérale).
- Protection : les vertèbres sont creusées par un canal : le canal rachidien qui contient la moelle épinière. Cette dernière occupe le canal rachidien depuis le foramen occipital jusqu'à la hauteur de la première vertèbre lombaire, où elle se termine en cône médullaire. Le reste du canal est occupé par le filum terminal interne, et les racines rachidiennes.

Le rachis réussit donc l'exploit d'être à la fois solide et mobile.

## D. Les courbures du rachis

Le rachis est rectiligne vu de face, mais de profil il comporte 4 courbures qui sont de haut en bas :

- la lordose cervicale
- la cyphose dorsale : se mesure entre la tangente au plateau supérieur de T4 et la tangente au plateau inférieur de T12 (moyenne 37°)
- la lordose lombaire : se mesure entre la tangente au plateau

supérieur de L1 et la tangente au plateau inférieur de L5

(moyenne 45°)

- la courbure sacrale, à convexité postérieure et fixe du fait de la soudure des vertèbres sacrales.<sup>2</sup>

La présence de courbures rachidiennes augmente la résistance du rachis aux efforts de compression axiale. La résistance est ainsi 10 fois plus importante que si le rachis était rectiligne.

## E. Ontogenèse :

Le rachis provient des cellules mésenchymateuses lors du développement embryonnaire, qui vont se différencier en cellules cartilagineuses. A partir de ces cellules va débuter l'ossification\* chez le fœtus, qui va permettre la croissance des vertèbres.

L'ossification ne se terminera que vers la 18ème année voire la 25ème année pour certains.

La croissance du rachis est ponctuée par trois grandes périodes :

- La période embryonnaire qui voit la mise en place du contenant : le rachis et du contenu : la moelle.
- La période fœtale qui voit débuter l'ossification vertébrale.
- La période postnatale qui voit apparaître les courbures vertébrales et la fin de l'ossification.<sup>3</sup>

## F. Acquisition des courbures rachidiennes

Pendant les premiers mois de la vie embryonnaire, la colonne vertébrale est rectiligne, puis vers le 5ème mois commence à apparaître une courbure concave en avant, de sorte que le nouveau-né présente une cyphose complète à la naissance.

Lors de l'acquisition de la marche, le rachis est soumis aux contraintes de la gravité, entraînant la formation des courbures rachidiennes.

Diméglio<sup>3</sup> décrit deux mécanismes intriqués dans l'acquisition des courbures rachidiennes :

Le premier, statique, est un mécanisme morphologique de la vertèbre, inscrit dans notre génome, avec une croissance spécifique et prédéterminée pour chaque étage vertébral. Ainsi L3 possède l'arc postérieur le plus important de toutes les vertèbres, permettant l'accroche de puissants muscles spinaux, jouant donc un rôle déterminant de la statique pelvienne.

Le second, dynamique, est un mécanisme d'équilibration. La position assise nécessite une horizontalisation du regard et une stabilité antéro-postérieure, ceci est rendu possible par l'apparition des lordoses cervicale et lombaire. La marche à quatre pattes renforce de même la lordose cervicale.

Les courbures vont s'affirmer avec l'acquisition de la marche vers 1 an. L'extension de hanche lors de la marche entraîne le bassin en avant dans un mouvement rotatoire autour d'un axe formé par les articulations coxofémorales. Cette projection en avant du bassin sera compensée par la lordose lombaire, nécessaire à la station debout. Plus l'extension de hanche est importante, plus l'antéversion du bassin sera accentuée et plus la lordose de rattrapage sera accentuée. L'extension

de hanche est limitée par des structures capsulo-ligamentaires antérieures de hanches.

Il existe une équilibration en cascade entre extension de hanche, antéversion du bassin et lordose, l'un compensant les excès ou les insuffisances de l'autre :

Extension de hanche ↔ Pente sacrée ↔ Lordose

Au cours des 5 premières années de vie, la taille assise grandit autant que pendant tout le reste de la croissance. Une deuxième phase plus lente se met ensuite en place jusqu'au début de la puberté avec une moyenne de 2 cm par an pour le tronc.

La puberté est un tournant décisif avec une nouvelle accélération de la croissance. Le pic pubertaire débute à 11 ans d'âge osseux chez la fille, avec un gain de 12 cm sur la taille assise en 5 ans. Le pic pubertaire chez le garçon démarre deux ans plus tard, à 13 ans d'âge osseux avec un gain de 13 cm en 5 ans également. Le rachis n'arrivera à sa forme adulte que vers l'âge de 20 ans, correspondant à la fin de l'ossification.

## II. Les pathologies du complexe pelvi fémoral

### A. Généralités

Afin de référencer au mieux les blessures survenant lors du football, l'UEFA (The Union of European Football Associations) en a défini le terme : il s'agit de « tout symptôme physique présenté par un joueur à la suite d'un match ou d'un entraînement de football, amenant le joueur à l'incapacité de participer pleinement à un match ou un entraînement futur ».

Le football, sport de contact, en est un grand pourvoyeur, on estime que sur une équipe de 25 joueurs professionnels, il y aura 50 blessures sur l'année, soit 2 par joueur<sup>4</sup>.

Les blessures du complexe pelvi fémoral rassemblent un grand nombre de pathologies. Parmi celle-ci, la pubalgie est la plus rencontrée chez le footballeur, elle se classe même parmi les blessures fréquentes toutes confondues chez les footballeurs. On estime que la pubalgie représente 15% des blessures, et que 50% des footballeurs seront un jour confrontés à cette pathologie<sup>5</sup>.

Un article récent<sup>6</sup> estime même que la prévalence de la pubalgie est sous-évaluée, en prenant en compte non seulement les jours d'arrêt de jeux mais aussi les plaintes des sportifs, les auteurs retrouvent une prévalence de 29% pour les garçons. Ils estiment aussi que les footballeurs professionnels auront 3 fois plus de risque de souffrir de pubalgie que les amateurs, soulignant ainsi l'importance de la charge de travail comme facteur prédisposant.

## B. Le syndrome pubalgique

La pubalgie traduit un syndrome douloureux de la région abdomino-inguino-pubienne.

Bien que décrite depuis de nombreuses années, la première fois par Spinelli<sup>7</sup> en 1932, sa classification reste encore à controverse, certains auteurs allant jusqu'à la qualifier de syndrome fourre-tout.<sup>8</sup>

Pour le docteur Courroy<sup>9</sup>, médecin physique et de réadaptation, qui a fait de la pubalgie son fer de lance, le problème des classifications actuelles est qu'elles font cohabiter étiopathogénie, aspect radiographique et forme anatomo-clinique. Il propose ainsi comme définition : « *Syndrome pubien inguinal, du sportif, d'origine le plus souvent microtraumatique et en rapport avec une souffrance du canal inguinal.* »

Pour ce sujet d'étude nous retiendrons la forme la plus communément admise, c'est à dire celle de Bouvard et al.<sup>10</sup> qui regroupe quatre entités anatomo-cliniques différentes : la pathologie du canal inguinal, la maladie d'insertion des grands droits, la tendinite d'insertion des adducteurs et l'arthropathie pubienne. Ces atteintes peuvent être associées ou non, unilatérales ou bilatérales.

L'installation de la pubalgie peut être soit aigue après un traumatisme, soit plus volontiers d'apparition progressive en raison de micro traumatismes répétés.

## C. Morphotype

Rochecongard et al.<sup>11</sup> ont démontré le rôle de l'antéversion du bassin sur l'augmentation des forces de contrainte sur la symphyse pubienne. Partant de ce principe Hager<sup>12</sup> va étudier les paramètres pelviens de rugbyman souffrant de pubalgie et va mettre en évidence un morphotype à risque. Les joueurs présentant

des paramètres pelviens et rachidiens plus élevés sont à risques de pubalgie. Il préconise ainsi un dépistage puis une rééducation ciblée, avec un travail en rétroversion du bassin.

L'équilibre sagittal du rachis pourrait donc avoir une incidence sur les pathologies du complexe pelvi-fémoral.

Dans une étude récente, Ferenczi<sup>13</sup> a mis en évidence une relation entre la statique sagittale pelvienne et l'incidence de survenue des blessures aiguës du complexe pelvi-fémoral. Pour des valeurs de version pelvienne élevées, il retrouve une plus faible incidence des blessures.



### III. L'équilibre sagittal :

#### A. Généralités

Lors de la station debout, le rachis et le bassin adoptent une position d'équilibre et dessinent des courbes dans le plan sagittal. Cet équilibre résulte de l'action combinée de la gravité et des muscles sur les structures osseuses (structure haubannée du rachis). Il est obtenu lorsque le centre de gravité du corps, localisé classiquement en T9 selon Duval-Beaupère<sup>14</sup>, se projette en arrière des têtes fémorales à l'aplomb de l'arc postérieur des deux dernières vertèbres. La distribution harmonieuse des courbures vertébrales permet une posture stable pour un faible coût énergétique.

Les courbures rachidiennes sont en relation avec la position du bassin qui est l'élément central de l'équilibre, non seulement sur le plan statique mais aussi sur le plan dynamique.

#### B. Les paramètres pelviens

Duval-Beaupère<sup>15</sup> a décrit des angles à partir d'un cliché de bassin de profil avec superposition des têtes fémorales :

##### 1. L'incidence pelvienne (IP)

Angle formé par la droite reliant le milieu de l'axe coxo-fémoral au centre du plateau sacré, avec la perpendiculaire du centre du plateau sacré. Il dépend de l'épaisseur du bassin dans son diamètre antéro postérieur (distance entre le centre du plateau sacré et le centre de l'axe bi-coxo-fémoral).

Elle a une valeur moyenne de 52 degrés. Une petite incidence ( $<45^\circ$ ) est corrélée à de faibles angles de cyphose thoracique et de lordose lombaire. A l'inverse une grande incidence ( $>60^\circ$ ) est associée à des grands angles de cyphose thoracique et de lordose lombaire.

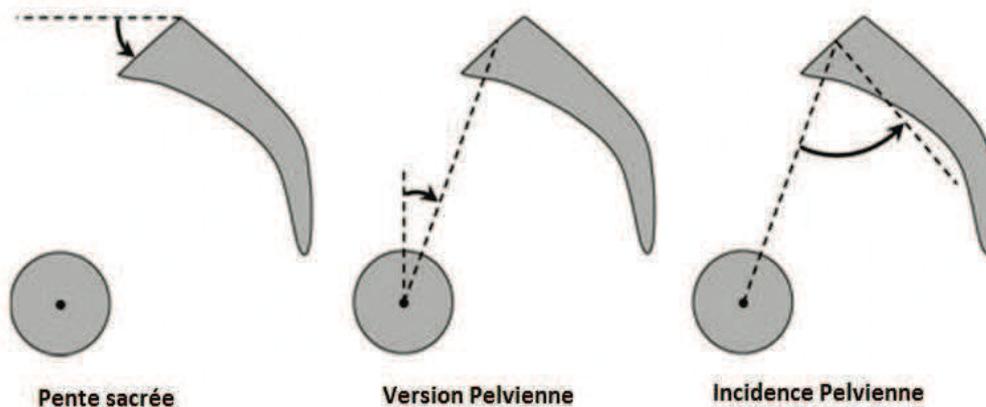
## 2. Pente sacrée (PS)

Angle formé par le promontoire du sacrum avec l'horizontale. Elle est en moyenne de 40 degrés.

## 3. Version pelvienne (VP)

Angle formé par la droite reliant le milieu de l'axe coxo-fémoral au centre du plateau sacré, avec la verticale. Elle définit la bascule sagittale du bassin et est en moyenne de 12 degrés.

**Figure 2 : Paramètres pelviens de l'alignement sagittal<sup>16</sup>**



L'incidence pelvienne est un paramètre anatomique, il est constant chez un individu et ne varie donc pas en fonction de sa position<sup>17</sup>.

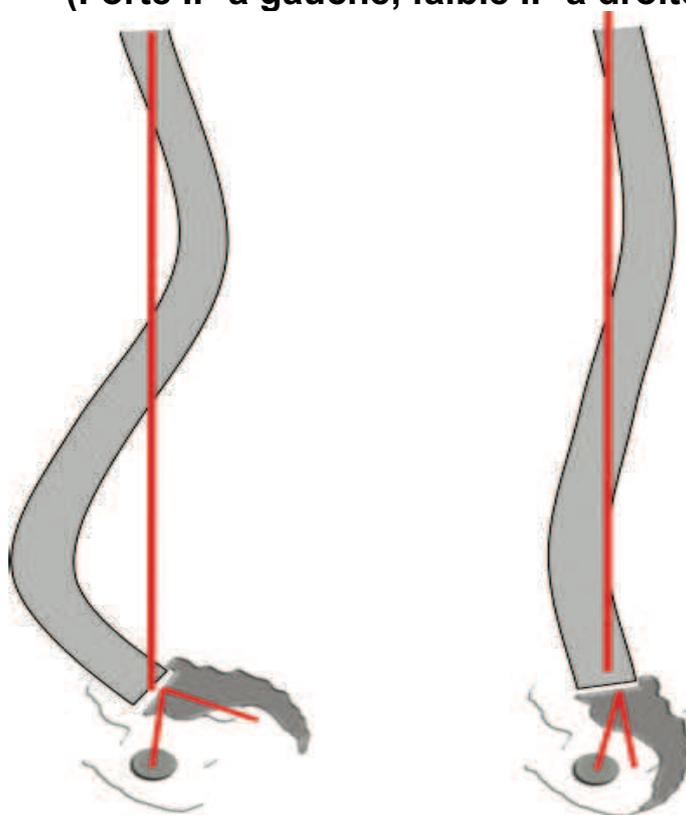
A contrario la pente sacrée et la version pelvienne varient en fonction de la position du bassin, on parle de paramètres positionnels<sup>18</sup>.

Les paramètres pelviens sont reliés entre eux par la formule suivante :

$$IP = PS + VP$$

L'incidence pelvienne étant constante, lorsque la PS diminue, la VP augmente et inversement. Les possibilités d'adaptation de la PS par bascule du bassin autour de l'axe coxofémoral, et donc la modification de la VP, croissent avec la valeur de l'incidence pelvienne.

**Figure 3 : Morphologie rachidienne en fonction de l'incidence pelvienne<sup>19</sup>**  
(Forte IP à gauche, faible IP à droite)



### C. Les paramètres rachidiens

Les paramètres rachidiens dépendent fortement des paramètres pelviens<sup>202122</sup>.

Il est établi que l'organisation géométrique de la lordose lombaire est liée à la pente sacrée. Cette dernière étant d'autant plus importante que la PS est élevée et ne

correspond donc pas toujours à la lordose anatomique L1-L5 mais au nombre de vertèbres en extension.

La finalité de l'organisation géométrique de la lordose est mécanique pour s'adapter aux contraintes du mouvement et de la station debout et répartir ces contraintes sur l'ensemble des disques et articulations postérieures.

Par l'intermédiaire de la PS, la morphologie du bassin via l'IP a une relation indirecte avec la lordose, ainsi les bassins à forte incidence ont des possibilités d'adaptation plus importantes que les bassins à faible incidence.

Dans le plan sagittal, le bassin présente des mouvements de rotation autour des têtes fémorales. Une bascule vers l'avant du bassin s'appelle une antéversion, et une bascule vers l'arrière une rétroversion. La bascule sagittale du bassin constitue un phénomène d'adaptation et de réglage de l'équilibre sagittal global du corps. Ainsi les pathologies sus et sous-jacentes entraînent une adaptation positionnelle du bassin autour des têtes fémorales.

## **D. Modification de l'équilibre sagittal au cours de la croissance**

Plusieurs études se sont intéressées aux modifications du rachis pendant la croissance, cherchant à savoir si les courbes rachidiennes d'un enfant et d'un adulte étaient similaires ou si ces mêmes courbes évoluaient et se modifiaient au cours de la croissance pour arriver au rachis adulte.

En 2004 Cil et al.<sup>23</sup> ont mesuré la cyphose thoracique de T1 à T12 et la lordose lombaire de L1 à L5 chez 151 enfants (72 filles et 79 garçons) sains, âgés de 3 à 15 ans, à partir de clichés radiologiques.

La cyphose thoracique et la lordose lombaire sont respectivement de :

- $45^{\circ} \pm 11^{\circ}$  et  $44^{\circ} \pm 11^{\circ}$  chez les 3-6 ans,
- $48^{\circ} \pm 11^{\circ}$  et  $52^{\circ} \pm 12^{\circ}$  chez les 7-9 ans,
- $46^{\circ} \pm 11^{\circ}$  et  $57^{\circ} \pm 10^{\circ}$  chez les 10-12 ans,
- $53^{\circ} \pm 9^{\circ}$  et  $55^{\circ} \pm 10^{\circ}$  chez les 13-15 ans.

Les auteurs retrouvent une augmentation significative de la lordose lombaire et de la cyphose thoracique entre le premier et le dernier groupe (+  $8^{\circ}$  pour la cyphose thoracique et +  $11^{\circ}$  pour la lordose lombaire). Cependant on remarque que dans le groupe des 10-12 ans, les valeurs de la cyphose thoracique et de la lordose lombaire vont contre la tendance générale, avec une cyphose thoracique qui diminue et une lordose lombaire qui augmente subitement.

A l'inverse deux autres études menées par les équipes de Mac.Thiong<sup>24</sup> et Furinan<sup>25</sup> respectivement en 2011 et 2013 ne retrouvent pas de modification de l'équilibre sagittal avec la croissance.

L'étude de Mac Thiong<sup>26</sup> en 2011 porte sur une cohorte de 646 enfants sains qu'il répartit en deux groupes, les 3-10 ans et les 11-18ans. Les mesures sont réalisées à partir de clichés radiologiques.

La cyphose thoracique est de :

- $42^{\circ} \pm 10,6^{\circ}$  chez les 3-10 ans,
- $45,8^{\circ} \pm 10,4^{\circ}$  chez les 11-18 ans.

La lordose lombaire est de :

- $53,8^{\circ} \pm 12,0$  chez les 3-10 ans,
- $57,7^{\circ} \pm 11,1^{\circ}$  chez les 11-18 ans.

Soit une moyenne chez les 3-18 ans de  $44,8^{\circ} \pm 10,6^{\circ}$  pour la cyphose thoracique et  $56,0^{\circ} \pm 10,9^{\circ}$  pour la lordose lombaire. Les valeurs sont similaires chez les filles et les garçons.

Bien que non significative, on observe une tendance à l'augmentation de la cyphose thoracique et de la lordose lombaire entre les deux groupes.

En 2013, Furian et Al.<sup>27</sup> s'intéressent dans leur étude plus particulièrement à la deuxième phase de croissance. Celle-ci porte sur une cohorte de 345 enfants sains regroupés par année de 6 à 11 ans, la cyphose thoracique et la lordose lombaire sont mesurées en utilisant la rasterstéréographie. Les enfants de 3 à 6 ans sont délibérément exclus de cette étude, jugés trop jeunes pour obtenir des mesures fiables et précises (maintien de la position difficile ainsi que la compréhension des consignes).

Tout comme avec l'étude de Mac Thiong, on observe une augmentation de la lordose lombaire ( $44^{\circ}$  chez les 6 ans et  $48^{\circ}$  chez les 11 ans soit  $+4^{\circ}$ ) et de la cyphose thoracique ( $40^{\circ}$  chez les 6 ans et  $42^{\circ}$  chez les 11 ans) bien qu'elles ne soient pas significatives. Les auteurs précisent également qu'il n'y a pas de différences entre les filles et les garçons.

L'origine ethnique des enfants est aussi à prendre en considération : Ghandari et al.<sup>28</sup> en Iran ont comparé les valeurs des courbures sagittales des enfants caucasiens et asiatiques. Pour cela ils ont analysé à partir de radiographies, 98 enfants sains asiatiques, âgés en moyenne de 13,6 ans. La cyphose thoracique moyenne est de  $37,1^{\circ}$  et la lordose lombaire de  $39,6^{\circ}$ . Ces résultats ont été comparés avec ceux de l'étude de Mac Thiong de 2005, respectivement  $43^{\circ}$  pour la cyphose

thoracique et  $48,5^\circ$  pour la lordose lombaire. Ils montrent que les enfants asiatiques ont un dos plus plat que les caucasiens.

Le peu d'études sur le sujet et les résultats peu significatifs de celles-ci ne nous permettent pas de conclure sur une potentielle stabilité de l'équilibre sagittal du rachis au cours de la croissance. L'origine ethnique de la population à étudier doit être prise en compte dans notre étude car l'équilibre sagittal n'est pas le même.

## E. Modification de la statique pelvienne au cours de la croissance

Le nouveau-né présente une incidence pelvienne de  $30^{\circ}$ <sup>29</sup>, comparable à celui des chimpanzés. Avec l'acquisition de la bipédie, l'incidence pelvienne<sup>30</sup> va se modifier de manière très importante passant à  $42^{\circ}$  entre 10 mois et 10ans. Elle va continuer à augmenter progressivement jusqu'à l'âge adulte<sup>31</sup> :

- $47^{\circ}$  de 10 à 17 ans
- $49^{\circ}$  de 17 à 19 ans
- $54^{\circ}$  chez l'adulte.

Dans son étude de 2011, Mac Thiong étudie également l'évolution de l'incidence pelvienne (IP) avec l'âge. Ainsi dans le groupe des 3-10 ans, l'IP est de  $43,7^{\circ} \pm 9^{\circ}$  et de  $46,9^{\circ} \pm 11,4^{\circ}$  chez les 10-18 ans. De même Ghandhari dans son étude retrouve une IP de  $45^{\circ} \pm 10,7^{\circ}$  pour une moyenne d'âge de 13,6 ans.

## F. Equilibre sagittal et sport

### 1. Facteur mécanique

Le développement du système musculo-squelettique est régi par des facteurs génétiques mais aussi par des forces mécaniques lors de la croissance. Des études sur les rats<sup>3233</sup> ont montré qu'en mettant des charges asymétriques sur leurs queues lors de la croissance, des déformations apparaissaient aux niveaux des disques et des vertèbres. Le squelette immature est plus sensible, les charges répétées lors de

l'entraînement ont un impact sur le processus d'ossification, et modifient la forme des vertèbres et des disques intervertébraux<sup>34</sup>.

## 2. Facteur musculaire

Le sport a aussi pour conséquence le développement des masses musculaires qui ont une influence directe sur les charges exercées sur le rachis. Selon les sports ces masses musculaires ne sont pas réparties de manière homogène et entraînent des modifications de l'équilibre sagittal.

Hauser<sup>35</sup> avait déjà suggéré en 1937 qu'une surcharge d'entraînement chez les nageurs pouvait mener à un déséquilibre musculaire et augmentait le risque de déséquilibre sagittal du rachis.

Dans son étude en 2007 sur la gymnastique rythmique, Kums<sup>36</sup> étudie le tonus musculaire en relation avec les courbures sagittales du rachis, en utilisant un myotonomètre pour le tonus musculaire et un pantographe\* pour les courbures rachidiennes. Sa population se compose de 32 gymnastes, niveau élite et de 48 témoins non sportifs, âgés de 13 à 17 ans. Les gymnastes ont entre 8 et 12 ans d'expérience avec 6 à 7 heures d'entraînement par jour.

Kums observe dans le groupe témoin un tonus musculaire équivalent entre les extenseurs et les fléchisseurs du tronc, alors que chez les gymnastes on observe un déséquilibre significatif avec un tonus musculaire plus important au niveau des extenseurs du tronc.

Ce déséquilibre musculaire entraîne une lordose lombaire et une cyphose thoracique plus faible et donc un dos plus plat.

### 3. Charge d'entraînement

Wojtys<sup>37</sup> a mesuré le rachis sagittal de 2270 enfants (407 filles et 1863 garçons), âgés de 8 à 18 ans, en utilisant la rasterstéréographie\*. Il relève une propension plus importante à l'hyperlordose et l'hypercyphose chez les enfants débutant jeunes le sport et à une intensité importante (plus de 400 heures par an). Il précise également que l'âge et le sexe n'affectent pas le degré de courbure.

Alricsson et Werner<sup>38</sup> ont étudié l'évolution des courbures rachidiennes chez 15 skieurs de fond (8 filles et 7 garçons), évoluant au niveau élite, sur une période de 5 ans. Ils ont montré que la configuration du rachis sagittal changeait chez l'adolescent au bout de 5 ans de ski de fond intense. Les skieurs ont une cyphose thoracique plus importante, la lordose lombaire restant inchangée. Ils retrouvent également une corrélation entre l'augmentation de la cyphose thoracique et l'apparition de douleurs rachidiennes.

### 4. Particularités selon les sports

Selon les sports, les contraintes sur le rachis ne sont pas les mêmes, on peut donc s'attendre à retrouver différents profils de rachis selon l'activité exercée.

Chez les cyclistes, la cyphose<sup>39</sup> augmente avec la charge d'entraînement et le nombre d'années d'entraînements alors que la lordose<sup>40</sup> reste normale. Le pourcentage d'hypercyphose thoracique est plus important chez les cyclistes professionnels, que chez les amateurs (58,3% contre 53,3%).

Les danseurs classiques<sup>41</sup> ont un dos plus plat avec une cyphose et une lordose plus faible que la population générale, respectivement 11,8° vs 29,4° et 22,1° vs 30,7°.

Les varappeurs professionnels<sup>42</sup> ont un degré de cyphose thoracique plus important que les grimpeurs amateurs (48,4° vs 43,2°). Le degré de la lordose était aussi plus important mais de façon non significative (28,9° vs 26,1°).

Au volley-ball Grabara<sup>43</sup> a observé une lordose lombaire diminuée par rapport aux non sportifs, mais seulement chez les garçons.

Pour les skieurs alpins, l'étude menée par Todd et al.<sup>44</sup> ne retrouvait pas de différence significative avec les non sportifs pour les courbures du rachis.

## 5. Equilibre sagittal et football

On peut rassembler quatre études étudiant le rachis sagittal des footballeurs, dont une seule chez les enfants.

Grabara<sup>45</sup> a comparé le rachis sagittal, en utilisant la Rasterstéréographie, de 73 jeunes footballeurs avec celui de 82 non sportifs, répartis par tranches d'âges de 1 an, entre 11 à 14 ans. Les groupes des 11 ans et des 12 ans avaient 3 entraînements par semaine, alors que les deux derniers groupes avaient 5 entraînements par semaine, chaque entraînement avait une durée d'au moins 90 minutes. Le groupe des 11 ans avaient 2 ans de pratique du football au minimum, le groupe des 12 ans, 3 ans minimum, le groupe des 13 ans, 4 ans minimum et le groupe des 14 ans, 5 ans minimum.

Les valeurs des angles thoraciques et lombaires des footballeurs sont similaires à ceux des non sportifs, hormis dans le groupe des 11 ans et celui des 14 ans, où les footballeurs présentent une lordose lombaire significativement plus faible :

- Lordose lombaire groupe 11 ans : 24,95° vs 30,92°
- Lordose lombaire groupe 14 ans : 22,52° vs 28,56°

Dans l'étude récente de Ferenczi<sup>46</sup>, chez 61 joueurs professionnels de 24,5 ans de moyenne d'âge, la cyphose thoracique était plus faible que dans la population générale mais avec des valeurs de lordose lombaire, d'incidence pelvienne et de pente sacrée similaires. Les mesures ont été prises via le système EOS.

Wodecki et al<sup>47</sup> ont comparé la statique rachidienne et pelvienne à partir de radiographies, de 31 footballeurs amateurs à celle de 41 sédentaires, âgés en moyenne de 30 ans. Les résultats mettaient en évidence chez les footballeurs une cyphose thoracique plus faible mais une incidence pelvienne et une pente sacrée plus élevées. La lordose lombaire quant à elle était similaire au groupe témoin.

Asadi et al.<sup>48</sup> ont réalisé une étude similaire, en utilisant le Spinal Mouse comme outil de mesure. Leur population était composée de 30 footballeurs amateurs et de 30 non sportifs, âgés de 45 à 60 ans avec 52 ans d'âge moyen. Les footballeurs amateurs avaient au moins 15 ans de pratique et de compétition de football, au niveau régional minimum.

Les auteurs retrouvent des lordoses lombaires plus prononcées chez les footballeurs mais avec des cyphoses thoraciques similaires au groupe témoin.

Au vu de ces résultats différents, il est difficile de tirer des conclusions. Aucune étude n'utilise le même outil de mesure, la population étudiée n'est pas la même et le niveau des sportifs est également différent.

Notre étude portant sur les jeunes footballeurs, nos résultats pourront toutefois être comparés à ceux de l'étude de Grabara.

Les contraintes mécaniques répétées agissent directement sur la croissance des vertèbres et des disques intervertébraux, entraînant une modification de la statique rachidienne et pelvienne. L'entraînement sportif provoque le développement des masses musculaires avec une répartition différente selon les disciplines. Le rachis s'adapte aux nouvelles contraintes imposées par le sport en se modifiant. Ainsi on peut penser que les sportifs pratiquant des disciplines sollicitant les extenseurs du rachis auront tendance à avoir un dos plus plat, de même ceux dont les disciplines sollicitent davantage les muscles pectoraux auront tendance à présenter une cyphose thoracique majorée.

Ces modifications ne sont pas immédiates et semblent n'apparaître que pour des durées d'entraînements importantes, au moins 400h par an, soit 7,5 heures par semaine.



## IV. Imageries du rachis

### A. EOS

Pour étudier les paramètres pelvi rachidiens, l'outil le plus performant est le système EOS (EOS Imaging, France). Plusieurs problèmes se posent quant à l'utilisation de ce dernier dans la réalisation de notre étude.

Tout d'abord sa disponibilité, il existe peu d'appareils EOS dans la région Hauts de France et son coût reste élevé. D'autre part bien que faiblement irradiant, son utilisation sur des personnes jeunes en pleine croissance, à des fins de recherche, soulève quelques questions d'éthiques.

Nous avons dû trouver une alternative pour réaliser nos mesures, notre choix s'est porté sur le Spinal Mouse (Medimex, France). Il s'agit d'un dispositif électromécanique manuel assisté par ordinateur, évaluant la statique rachidienne dans le plan frontal et sagittal ainsi que de chaque segment vertébral. Il a l'avantage d'être non irradiant et facilement transportable, mais ne nous permet pas de mesurer le rachis pelvien.

### B. Spinal Mouse

**Figure 5 : Spinal Mouse<sup>49</sup>**



Le Spinal Mouse est un dispositif électromécanique manuel assisté par ordinateur, évaluant la statique rachidienne dans le plan frontal et sagittal ainsi que de chaque segment vertébral.

Le dispositif possède deux roues, une à l'avant et l'autre à l'arrière qui permettent son glissement au milieu de la colonne vertébrale, en débutant par le processus épineux de C7 jusqu'au pli inter fessier (approximativement S3). Les données recueillies sont transmises par Bluetooth à l'ordinateur qui via un logiciel, calcule les angles séparant les différents segments rachidiens et la position relative du sacrum et des vertèbres.

Pour pouvoir utiliser ce dispositif nous devons d'abord nous assurer de sa validité et de sa reproductibilité. Bien qu'utilisé depuis plusieurs années, peu d'études se sont intéressées à l'évaluation de cet outil.

**Figure 6 : utilisation du Spinal Mouse<sup>50</sup>**



## 1. Reproductibilité

Kellis<sup>51</sup> et al. en 2008 ont étudié la reproductibilité des mesures du Spinal Mouse dans une population de 81 jeunes garçons (moyenne d'âge: 10,6 ans $\pm$ 1,7, IMC\* : 19,9 kg/m<sup>2</sup>) n'ayant pas d'antécédents de douleurs rachidiennes. Les mesures étaient prises par 3 examinateurs, deux jours de suite. Ils ont retrouvé une reproductibilité intra\* et inter observateurs\* bonne à très bonne pour l'évaluation sagittale du rachis en position debout, avec des valeurs de coefficient de corrélation intra-classe (ICCs\*) entre 0,67 et 0,93 pour la reproductibilité intra observateurs et des valeurs d'ICCs entre 0,77 et 0,94 pour la fiabilité inter observateurs.

Mannion<sup>52</sup> et al. en 2003 ont également évalué la reproductibilité des mesures du Spinal Mouse dans le plan sagittal, mais chez les adultes. L'échantillon comprenait vingt adultes volontaires, 9 hommes (moyenne d'âge : 45,4 $\pm$ 7,7 ans, IMC : 26,5 $\pm$ 5,2kg/m<sup>2</sup>) et 11 femmes (moyenne d'âge : 38,2 $\pm$ 7,6 ans, IMC : 22,9 $\pm$ 5,7kg/m<sup>2</sup>), ne présentant pas de problème rachidien. Un premier examinateur, après avoir marqué les repères épineux, réalisait 3 séries de mesures, chaque série comportait une position debout, une flexion maximale et une extension maximale. Un deuxième examinateur effectuait par la suite les mêmes mesures avec ses propres repères épineux. Enfin les patients retournaient voir le premier examinateur pour refaire la même série de mesures mais avec les repères du deuxième examinateur.

Le même procédé était effectué le lendemain aux mêmes horaires.

Seules les deux meilleures séries étaient conservées par les auteurs, elles correspondaient aux deux meilleures réalisations par le patient de la position en flexion maximale.

Les résultats montraient une bonne reproductibilité intra examinateurs dans l'analyse des courbures globales (cyphose thoracique et lordose lombaire) du rachis avec des coefficients de corrélation intra-classe (ICCs) moyens égales à 0,82 pour le premier

examineur et 0,84 pour le deuxième examineur. Les ICCs étaient également bon pour la comparaison inter observateur avec une moyenne de 0,81 le premier jour et de 0,86 le deuxième jour.

## 2. Validité

### Plan sagittal

On peut retenir trois études ayant examiné la validité du Spinal Mouse dans le plan sagittal.

L'équipe de Yousefi<sup>53</sup> en 2012 comparait les valeurs obtenues par le Spinal Mouse avec celles obtenues par des clichés radiographiques, dans la mesure des courbes du rachis sagittal thoracique et lombaire, sur une population de 20 étudiants âgés en moyenne de 26 ans, et ayant un IMC moyen de 25kg/m<sup>2</sup>.

Pour la mesure des courbes avec le Spinal Mouse, les patients devaient se tenir debout normalement devant l'examineur. Les mesures étaient répétées 5 fois de suite avec une minute de pause entre chaque, l'examineur n'ayant pas accès aux mesures entre chaque passage.

Pour la réalisation des clichés, les patients devaient prendre une position relâchée de profil strict, bras fléchis. Les mesures ont été prises avec la technique de Cobbs.

La corrélation entre les deux mesures était bonne avec un Coefficient de Corrélation de Pearson\* (CCP) de 0,76 pour la cyphose thoracique et de 0,73 pour la lordose lombaire. Les auteurs concluent à une bonne validité du spinal mouse pour l'évaluation de la lordose lombaire et de la cyphose thoracique.

Pour les deux autres études, de Sugino et al.<sup>54</sup> et de Fadaee et al.<sup>55</sup>. seuls les résumés sont accessibles en ligne, les textes étant respectivement en japonais et en arabe.

Fadaee et al.<sup>56</sup> en 2017 montraient dans leur étude sur le rachis sagittal, en Iran, sur 20 patients, une corrélation forte entre les mesures prises avec le Spinal Mouse et avec les clichés radiologiques. Le CCP était de 0,81 pour la cyphose thoracique et de 0,86 pour la lordose lombaire.

Dans le résumé de l'étude de Sugino et al.<sup>57</sup>, les résultats de leur étude ne nous sont pas communiqués. Ils rapportent toutefois une excellente validité du Spinal Mouse en comparaison avec des clichés radiographiques pour la mesure du rachis sagittal, chez 30 patients hommes et femmes.

### Plan frontal

Livanelioglu<sup>58</sup> en 2014 s'est également intéressé à la validité du Spinal Mouse mais dans le plan frontal. Cette étude est intéressante car la population est proche en âge de celle de l'étude que nous souhaitons réaliser (9-18 ans). De plus les patients sont atteints de scoliose, la prise de mesure avec le Spinal Mouse est donc plus ardue, car les rachis sont non linéaires et les reliefs musculaires asymétriques.

Cette étude porte sur une population de 51 enfants, 42 filles et 9 garçons, scoliotiques âgés de 9 à 18 ans. Le rachis sagittal est évalué par deux physiothérapeutes qui se sont entraînés deux fois par jours pendant 3 semaines avant l'étude. Les résultats étaient comparés aux mesures radiologiques réalisées par deux chirurgiens orthopédiques. La reproductibilité intra et inter observateur était excellente avec respectivement des valeurs d'ICCs à 0,872 et 0,962. Les auteurs retrouvaient

même une meilleure fiabilité inter observateur avec le Spinal Mouse qu'avec les clichés radiographiques. La corrélation était de forte à très forte entre les mesures du Spinal Mouse et les mesures radiologiques de l'angle de Cobbs ( $r = 0,691-0,931$ ). L'auteur conclut à une bonne validité et une bonne reproductibilité du Spinal Mouse pour l'évaluation du rachis dans le plan frontal.

## Synthèse

Sur le faible nombre d'études publiées, le Spinal Mouse présente une bonne reproductibilité inter et intra observateur, dans le plan sagittal en position debout, chez l'adulte et chez l'enfant. Il possède également une bonne validité dans le plan sagittal chez l'adulte, avec une corrélation forte entre ses mesures et celles du gold standard : la radiographie.

Bien qu'aucune étude n'ait été retrouvée sur la validité du Spinal Mouse chez l'enfant, les résultats de Livanelioglu laissent supposer une corrélation similaire dans le plan sagittal chez l'enfant.

Aucune étude n'a été réalisée chez des patients sportifs, ayant souvent des volumes musculaires importants et pouvant donc potentiellement fausser les résultats du Spinal Mouse. Le football entraînant essentiellement une hypertrophie des membres inférieures, ceci ne posera pas de problème pour notre étude.

De même les études n'ont pas été réalisées chez des patients présentant une IMC élevée. Le surpoids peut entraîner des difficultés à bien repérer et donc positionner les repères osseux. Ils possèdent également une graisse sous cutanée plus importante que la moyenne, ce qui pourrait entraîner des erreurs de mesures. Afin de prévenir ces potentielles erreurs, les patients aux IMC élevées seront exclus de l'étude.

On peut également déplorer qu'aucun article n'étudie l'erreur systématique\* entre le Spinal Mouse et la radiographie. Cependant la reproductibilité est suffisante pour notre recherche car elle s'appuie sur la comparaison de deux valeurs mesurées avec le même outil.

### 3. Inconvénients :

L'utilisation du Spinal Mouse demande un certain niveau d'expérience, plus l'examineur est expérimenté, plus les mesures seront fiables. Le déplacement de la sonde doit s'effectuer à une vitesse ni trop lente, ni trop rapide, avec une pression non exagérée et suivre correctement le trajet le long de la colonne vertébrale.

Dans une étude, il a été rapporté que la taille trop importante des sujets pouvait être source de complications pour bien visualiser le rachis cervical.

La durée de la prise de mesure est rapide, de l'ordre de quelques secondes, mais la mise en place prend un peu plus de temps (quelques minutes). En effet il faut bien positionner son patient et repérer au préalable les reliefs osseux par un marquage cutané. Cette étape est indispensable pour améliorer la précision lors du déplacement de la sonde. Dans la plupart des études seule l'apophyse de C7 et l'extrémité supérieure du pli inter fessier S3 étaient marquées.

Le segment L5/S1 présente une reproductibilité insuffisante<sup>59</sup>, ceci s'explique par une irrégularité du relief de la forme osseuse et des tissus mous au niveau de la charnière lombosacrée.

Le gold standard reste cependant radiologique.

#### 4. Avantages :

L'avantage majeur est qu'il n'est pas irradiant contrairement à la radiographie. Il peut être utilisé sans restriction, ce qui est très utile dans le suivi des pathologies chroniques du rachis.

Il est facile d'utilisation, bien qu'une expérience soit nécessaire, il ne demande pas de qualification particulière pour son utilisation.

Il est également facilement transportable et permet d'étudier le rachis sagittal en flexion et extension. Ceci permet par exemple, d'étudier le rachis du sportif dans une position d'entraînement comme sur un vélo ou sur un kayak.

#### 5. Conclusion

Au vu des différentes études, le Spinal Mouse semble être un outil approprié pour notre recherche. Les études montrent une validité et une reproductibilité suffisante pour la mesure du rachis lombaire dans le plan sagittal. Sa non-irradiation permet une étude sur les enfants et la répétition éventuelle des mesures. Sa facilité d'utilisation permet un accès plus large aux praticiens après une phase d'apprentissage.

## V. Synthèse

Les pathologies du complexe pelvi rachidien sont fréquentes chez le footballeur.

Les études récentes semblent montrer une relation entre l'équilibre sagittal du rachis et la survenue de pathologie du complexe pelvi fémoral.

L'activité physique pratiquée à haute intensité et sur une longue période entraîne des modifications progressives des courbures du rachis sagittal, qui sont propres à chaque sport. Le football engendre-t-il une modification de l'équilibre sagittal du rachis, qui favoriserait la survenue des pathologies du complexe pelvi rachidien ?

Le but de notre étude serait de comparer les mesures des angles rachidiens entre un groupe de jeunes footballeurs et un groupe de non sportifs, pour tenter d'apprécier le rôle de la pratique intensive du football dans l'évolution de l'équilibre sagittal.



# Etude

Le but de notre étude est de comparer les angles rachidiens entre un groupe de jeunes footballeurs à haut niveau de pratique et un groupe de non sportifs pour tenter d'apprécier le rôle du football dans l'évolution du rachis sagittal.

Notre hypothèse est que l'équilibre sagittal rachidien des jeunes footballeurs est différent de celui des jeunes non sportifs.

La répétition du geste technique, serait à l'origine d'une modification de l'équilibre sagittal rachidien.

Un travail de prévention pourrait dès lors se mettre en place afin d'essayer de limiter le déséquilibre du rachis sagittal, et donc la survenue de pathologies du complexe pelvi-rachidien.



# I. Objectifs

## A. Objectif principal

L'objectif principal de notre étude est de comparer les valeurs de la cyphose dorsale et de la lordose lombaire, entre une population de jeunes footballeurs âgés de 11 à 17 ans à haut niveau de pratique et une population témoin.

## B. Objectifs secondaires

Les objectifs secondaires sont :

- L'étude de l'évolution du rachis chez le footballeur en comparant les valeurs de la cyphose dorsale et de la lordose lombaire entre le groupe des 11 ans et des 17 ans.
- L'étude de l'évolution du rachis chez les non sportifs en comparant les valeurs de la cyphose dorsale et de la lordose lombaire entre le groupe des 11 ans et des 17 ans.

L'objectif principal ne nous permettra pas d'affirmer que les différences de valeurs, si elles existent, sont dues au football. Elles peuvent être liées au fait que le football sélectionne certains profils de rachis (sélection naturelle).

En fonction des résultats de l'objectif principal, le premier objectif secondaire pourrait nous apporter un nouvel éclairage sur la modification de l'équilibre sagittal du rachis chez les joueurs de football.

Le second objectif secondaire nous permettra d'évaluer la modification du rachis avec l'âge, indépendamment du football car les études actuelles sont peu nombreuses et contributives.

## II. Matériel et Méthode

Nous avons choisi de recruter des garçons âgés de 11 à 17 ans, ce qui correspond à la période pubertaire et donc à la dernière grande phase de croissance du rachis. Et de manière plus pratique, cela coïncide avec l'âge d'entrée au collège et de sortie du lycée, ceci afin de faciliter le recrutement.

### A. Population

#### 1. Footballeurs

Critères d'inclusion :

- Joueur de football à haut niveau de pratique, supérieur à 7h par semaine.
- Garçons.
- 11 à 17 ans.

Critères d'exclusions :

- Pathologies rachidiennes : scoliose (angle de Cobb  $> 10^\circ$ ), antécédent de chirurgie du rachis, spondylolyse, spondylolisthésis et maladie de Scheurmann connues.
- IMC  $> 30$  Kg/m<sup>2</sup>.

#### 2. Groupe contrôle

Critères d'inclusion :

- Garçons.
- 11 à 17 ans.

### Critères d'exclusions :

- Sport en club en dehors de l'école, d'une durée supérieure à 2 h par semaine.
- Pathologies rachidiennes : scoliose (angle de Cobb > 10°), antécédent de chirurgie du rachis, spondylolyse, spondylolisthésis et maladie de Scheurmann connues.
- Impossibilité de se tenir debout.
- IMC > 30 Kg/m<sup>2</sup>.

## B. Plan expérimental

Afin de pouvoir réaliser notre étude sur les enfants, une demande au Comité de Protection des Personnes est prévue.

A leur arrivée, les patients seront pesés et mesurés. Un questionnaire leur sera posé, comprenant l'âge, la taille, le poids, l'origine ethnique, les antécédents médicaux, et leur pratique sportive (type de sport, durée d'entraînement par semaine, nombre d'années de pratique) (cf annexe).

Un seul examinateur fera toutes les mesures afin d'éviter les erreurs inter examinateurs. Elles seront réalisées si possible le matin, afin d'éviter la diminution de taille des disques intervertébraux dans la journée<sup>60</sup>.

Avant de prendre les mesures, l'examineur marquera au marqueur les points de début et de fin du trajet à réaliser avec l'outil de mesure. Le processus épineux C7, reconnaissable facilement par son processus épineux volumineux au niveau cervical, sera le point de départ, et S3, situé au niveau du sillon inter fessier, sera le point d'arrivée.

Chaque enfant se tiendra dans une position relâchée, la tête droite, en regardant droit devant, les bras le long du corps, les genoux normalement tendus, pieds écartés à la largeur des épaules.

L'examineur guidera le Spinal mouse, le long de la colonne vertébrale en partant de C7 pour finir en S3, de façon ni trop rapide, ni trop lente. Les mesures seront transférées via bluetooth à un ordinateur se trouvant dans la pièce de l'examen, qui analysera les données afin d'obtenir les angles de la cyphose thoracique et de la lordose lombaire.

On réalisera une seule mesure, la reproductibilité intra examinateur étant suffisante.

## C. Critères d'évaluation

Les critères d'évaluation retenus sont la cyphose dorsale en degrés et la lordose lombaire en degrés.



### III. Analyse statistique

Il s'agit d'une étude prospective impliquant la personne humaine.

Les données recueillies seront analysées par la cellule de bio-statistique du CHRU de Lille.

Les courbures thoraciques et lombaires seront recueillies via le système de mesure Spinal Mouse par le même examinateur.

Les patients seront répartis en deux groupes, le groupe des footballeurs et le groupe témoin.

Chaque groupe sera divisé par année, il y aura donc 7 groupes allant de 11 à 17 ans.

On veillera au respect de l'appariement des patients en fonction de leur origine ethnique.

On recherchera pour les mesures de cyphose thoracique et lordose lombaire des différences significatives entre le groupe des footballeurs et le groupe témoin en fonction de leur âge, afin d'essayer de déterminer si le football peut entraîner une modification des courbures sagittales du rachis.

Le nombre de sujets à inclure sera déterminé avec l'aide des bio-statisticiens.

La durée d'inclusion de l'étude sera fonction du nombre de sujets à inclure.

Une lettre d'information ainsi que le formulaire de consentement à l'étude du mineur et de ses parents (cf annexe) leurs seront fournis. Ceci afin de les informer sur le sujet et le déroulé de l'étude et de recueillir leur accord pour participer à l'étude.



# Discussion

Au cours de cette étude, les courbures sagittales du rachis seront évaluées à un âge chronologique déterminé. Cependant nous savons que la maturation osseuse n'est pas égale d'un enfant à un autre, la puberté avec la dernière phase de croissance ne débute pas au même âge selon les enfants.

Ceci pourrait entraîner un biais de sélection dans notre étude.

Nous pourrions pour éviter cela, utiliser l'âge osseux mais cela entraînerait une irradiation non acceptable des enfants.

On pourrait également se servir de la classification de Tanner afin de déterminer l'âge pubertaire, qui est le reflet de l'âge osseux. Mais en pratique il est difficile de l'envisager car l'évaluation pourrait être vécue de manière invasive par les enfants et par les parents, qui par ce seul fait pourraient refuser d'adhérer à l'étude.

De plus, il semble aléatoire de se fier au document déclaratif en raison du risque de manque d'objectivité.

Enfin on peut imaginer que sur un grand échantillon cette variable sera négligeable, mais sans preuve formelle cette donnée restera un biais de sélection dans notre étude.

Un autre facteur limitant, lié au Spinal Mouse, est l'impossibilité d'obtenir les paramètres pelviens pourtant directement liés aux paramètres rachidiens.



# Conclusion

Le football est à l'origine de blessures fréquentes dont celles du complexe lombo pelvien, en particulier le syndrome pubalgique. L'étude des facteurs de risques nous montre une relation possible entre l'équilibre sagittal et la survenue de cette pathologie.

La pratique du sport à haute intensité et sur une longue période va entraîner une modification de l'équilibre sagittal, avec des particularités selon les sports.

L'étude du morphotype des sportifs est donc indispensable afin de pouvoir mettre en place un travail de prévention le plus précoce possible.

Dans notre étude nous nous intéressons plus particulièrement à l'équilibre sagittal chez le jeune footballeur. Pour se faire nous comparerons les valeurs de la lordose lombaire et de la cyphose thoracique d'un groupe de jeunes footballeurs et de non sportifs âgés de 11 à 17 ans.

Nous utiliserons comme outil de mesure le Spinal Mouse, qui est non irradiant et présente une reproductibilité et une validité suffisante pour la réalisation de l'étude.



# ANNEXE 1

## Documents relatifs à la future étude

<b>LETTRÉ D'INFORMATION</b>
-----------------------------

Madame, Monsieur,

Nous vous proposons de faire participer votre enfant à un projet de recherche intitulé « l'Équilibre sagittal chez le footballeur et le non sportif ». Prenez le temps de lire cette lettre avant de prendre une décision.

Le coordonnateur de cette étude, est le Docteur Wieczorek, exerçant à l'hôpital Swynghedaw au CHRU de Lille, joignable au 03.20.44.58.32.

La participation à cette étude est entièrement volontaire et ne vous occasionnera aucun frais. Si vous ne comprenez pas certaines informations, n'hésitez pas à demander des explications au coordonnateur de l'étude ou à votre expérimentateur.

### 1. Objectif de la recherche

Cette étude vise à comparer l'équilibre sagittal chez des jeunes footballeurs et des non sportifs. Il s'agit plus particulièrement de mesurer les courbes du dos de votre enfant, la lordose et la cyphose. Ces deux courbes s'équilibrent et sont différentes d'une personne à une autre. Une modification de l'équilibre sagittal entraîne des pathologies du complexe pelvi fémoral et notamment la pubalgie. En comparant les deux groupes d'enfants nous cherchons à savoir si la pratique du football modifie l'équilibre sagittal et donc pourrait favoriser l'apparition de pathologies du complexe pelvi fémoral. Si tel était le cas, nous pourrions mettre en place un travail de prévention dans l'entraînement des footballeurs afin de prévenir l'apparition de blessures.

### 2. Déroulement de l'étude :

La participation de votre enfant nécessite 1 séance maximum de 15 minutes.

Sa participation consiste à la mesure de son dos, torse nu, à l'aide d'un instrument de mesure : le spinal mouse.

Il s'agit d'un petit appareil de mesure portatif, non irradiant (pas de rayon X) et donc ne présentant pas de danger pour la santé.

Pour ce faire 3 marques au stylo seront apposées sur son dos, elles serviront à guider le Spinal Mouse le long du dos de votre enfant.

Une seule mesure sera réalisée.

### 3. Aspects réglementaires

Dans le cadre de la recherche biomédicale à laquelle le CHU de Lille a proposé à votre enfant de participer, un traitement de vos données personnelles va être mis en œuvre pour permettre d'analyser les résultats de la recherche au regard de l'objectif de cette dernière qui vous a été

présentée. A cette fin, les données médicales concernant votre enfant et les données relatives à ses habitudes de vie, ainsi que, ses origines ethniques, seront transmises au promoteur de la recherche ou aux personnes agissant pour son compte, en France ou à l'étranger. Ces données seront identifiées par un numéro de code et/ou ses initiales. Ces données pourront également, dans des conditions assurant leur confidentialité, être transmises aux autorités de santé françaises ou étrangères, à d'autres entités du CHU de Lille.

Conformément aux dispositions de loi relatives à l'informatique aux fichiers et aux libertés, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification. Vous disposez également d'un droit d'opposition à la transmission des données, concernant votre enfant, couvertes par le secret professionnel susceptibles d'être utilisées dans le cadre de cette recherche et d'être traitées.

Vous êtes libre de refuser ou d'interrompre la participation de votre enfant à cette étude à tout moment sans encourir aucune responsabilité ni aucun préjudice de ce fait. En cas d'interruption de l'étude, les informations le concernant seront conservées sauf opposition de votre part.

Cette étude a reçu l'accord du Comité de Protection des Personnes XXXX le « date » et l'autorisation de l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé le « date » (supprimer l'ANSM si RIPH 2). Elle est couverte par un contrat d'assurance souscrit par le CHU de Saint-Etienne (SHAM n°144.942), qui est le promoteur de cette étude.

Les résultats de cette étude pourront faire l'objet de communications lors de congrès scientifiques et/ou être publiés dans une revue scientifique. Dans tous les cas l'anonymat sera préservé.

A la fin de l'étude, si vous le souhaitez, vous pourrez être informés des résultats globaux de la recherche en effectuant une demande écrite auprès du coordonnateur de l'étude, en application des dispositions de l'article L1111-7 du Code de la Santé Publique

Vous pouvez prendre tout le temps nécessaire pour décider de participer ou non à cette étude. Votre participation ne peut être que volontaire, aussi nous vous demandons, si vous y consentez, de signer le formulaire de consentement écrit conformément aux exigences légales.



<b>CONSENTEMENT DE PARTICIPATION A L'ETUDE DU MINEUR ET DES PARENTS</b>
---

CONSENTEMENT DE PARTICIPATION DES PARENTS OU DU (DES)TITULAIRE(S)  
DE L'AUTORITE PARENTALE POUR UN PATIENT MINEUR

De.....(Nom, Prénom de la mère)

Et de.....(Nom, Prénom du père)

Parents/titulaire(s) de l'autorité parentale de l'enfant : .....

Né(e) le ...../...../.....

Adresse .....

**Le Docteur Wieczorek a sollicité notre autorisation afin que notre enfant participe à une recherche organisée par le CHRU de Lille sur « L'équilibre sagittal chez le footballeur et le non sportif».**

Il nous a précisé que nous sommes libres d'accepter ou de refuser que notre enfant participe à cette étude.

**Nous acceptons que notre enfant participe à cette recherche dans les conditions précisées ci-dessus.**

Notre consentement ne décharge pas les organisateurs de la recherche de leurs responsabilités. Notre enfant conserve tous ses droits garantis par la loi. Nous restons libres d'arrêter à tout moment la participation de notre enfant à cette étude. Nous en informerons alors le Dr Wieczorek.

Nous acceptons que les données concernant notre enfant, enregistrées à l'occasion de cette recherche, puissent faire l'objet d'un traitement automatisé par le promoteur pour son compte. Nous avons bien noté que le droit d'accès prévu par la loi du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés (article 39) s'exerce à tout moment auprès du médecin qui suit notre enfant dans le cadre de la recherche et qui connaît son identité. Nous pourrions exercer un droit de rectification et d'opposition auprès de ce même médecin qui contactera le promoteur de la recherche.

Nous pourrions à tout moment demander toutes informations complémentaires au Dr Wieczorek en appelant le 03.20.44.58.32.

Fait à ..... , en deux exemplaires dont un est remis à l'intéressé(e)

	Médecin	Parents	Enfant
Date	...../...../.....	...../...../.....	...../...../.....
Noms			
Prénoms			
Signature			



## FICHE DE PRE-INCLUSION

### Groupe footballeurs

Etude sur la comparaison des paramètres rachidiens entre un groupe de footballeurs à haute intensité de pratique et un groupe témoin, âgés de 11 à 17 ans, en utilisant le Spinal Mouse comme outil de mesure.

EVALUATION CLINIQUE ET DONNÉES GÉNÉRALES	
Initiales du sujet (1 <sup>er</sup> lettre du nom et 1 <sup>ère</sup> lettre du prénom)	
Numéro d'inclusion	
Date de naissance	
Antécédents médicaux chirurgicaux	
Taille (m)	
Poids (kg)	
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	
Origine ethnique	
Sports pratiqués	
Nombres d'heure d'entraînement hebdomadaire	
Nombre d'année de pratique	
Cyphose thoracique en degrés	
Lordose lombaire en degrés	

CRITÈRES GÉNÉRAUX D'INCLUSION	OUI	NON
Age entre 11 et 17 ans		
IMC < 30 kg/m <sup>2</sup>		
Absence de scoliose (angle de Cobb < 10°)		
Absence de chirurgie du rachis		
Absence de spondylolyse		
Absence de spondylolisthésis		
Absence de maladie de Scheurmann		
Possibilité de se tenir debout		
Nombre d'heure de football >7H par semaine		

Toutes les cases doivent être cochées OUI pour poursuivre

Signature du consentement	oui	non
Remise de la fiche d'information sur le projet au sujet	oui	non
Signature du sujet		

## FICHE DE PRE-INCLUSION

### Groupe contrôle

Etude sur la comparaison des paramètres rachidiens entre un groupe de footballeurs à haute intensité de pratique et un groupe témoin, âgés de 11 à 17 ans, en utilisant le Spinal Mouse comme outil de mesure.

EVALUATION CLINIQUE ET DONNÉES GÉNÉRALES	
Initiales du sujet (1 <sup>er</sup> lettre du nom et 1 <sup>ère</sup> lettre du prénom)	
Numéro d'inclusion	
Date de naissance	
Antécédents médicaux chirurgicaux	
Taille (m)	
Poids (kg)	
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	
Origine ethnique	
Sports pratiqués	
Nombres d'heure d'entraînement hebdomadaire	
Nombre d'année de pratique	
Cyphose thoracique en degrés	
Lordose lombaire en degrés	

CRITÈRES GÉNÉRAUX D'INCLUSION	OUI	NON
Age entre 11 et 17 ans		
IMC < 30 kg/m <sup>2</sup>		
Absence de scoliose (angle de Cobb < 10°)		
Absence de chirurgie du rachis		
Absence de spondylolyse		
Absence de spondylolsthésis		
Absence de maladie de Scheurmann		
Possibilité de se tenir debout		
Nombre d'heure de sport < 2H par semaine		

Toutes les cases doivent être cochées OUI pour poursuivre

Signature du consentement oui non

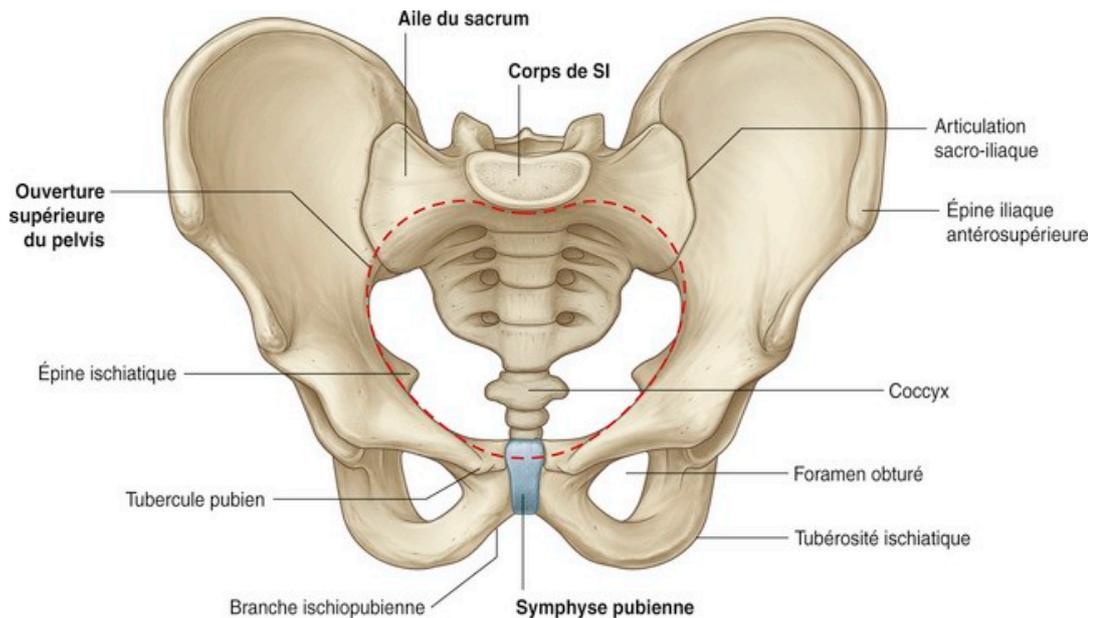
Remise de la fiche d'information sur le projet au sujet oui non

Signature du sujet

## ANNEXE 2

### Rappels anatomiques : Le complexe pelvi femoral

Figure 7 : Le Pelvis<sup>61</sup>



La symphyse pubienne est une amphiarthrose de mobilité quasi nulle. Elle est recouverte d'une mince couche de cartilage hyalin, les deux berges sont réunies entre elles par un fibrocartilage au sein duquel se trouve souvent une fine fente. Elle est renforcée par un manchon fibreux composé de 4 ligaments épais faisant de la symphyse pubienne une des articulations les plus solides du corps humain :

- Le ligament antérieur situé en avant de l'articulation, composé par l'expansion des aponévroses d'insertion du muscle oblique externe, l'expansion du muscle droit et du muscle pyramidal et de l'expansion des tendons d'insertion de muscles graciles et du long adducteur.
- Le ligament postérieur situé en arrière de la symphyse pubienne, est une membrane fibreuse en continue avec le périoste.

- Le ligament supérieur situé sur le bord supérieur de la symphyse pubienne.
- Le ligament inférieur situé sur le bord inférieur de la symphyse pubienne, aussi appelé le ligament arqué.

Deux groupes musculaires vont venir s'insérer sur la symphyse pubienne : la paroi abdominale et les adducteurs.

La paroi abdominale dont le rôle principal est la flexion du thorax sur le bassin, est composée :

- Des muscles droits de l'abdomen qui s'insèrent en dehors de la symphyse pubienne par deux faisceaux.
- Du muscle pyramidal, présent chez 80% des individus qui s'insère sur le haut du pubis et remonte en direction de l'ombilic pour se terminer sur la ligne blanche du muscle droit de l'abdomen.
- Des muscles obliques externes et internes dont les insertions participent à la constitution du feuillet superficiel de la gaine du muscle droit de l'abdomen.

Les muscles grands droits et le muscle pyramidal sont innervés par les nerfs intercostaux, alors que les obliques sont innervés par le nerf ilio hypogastrique et le nerf ilio inguinal.

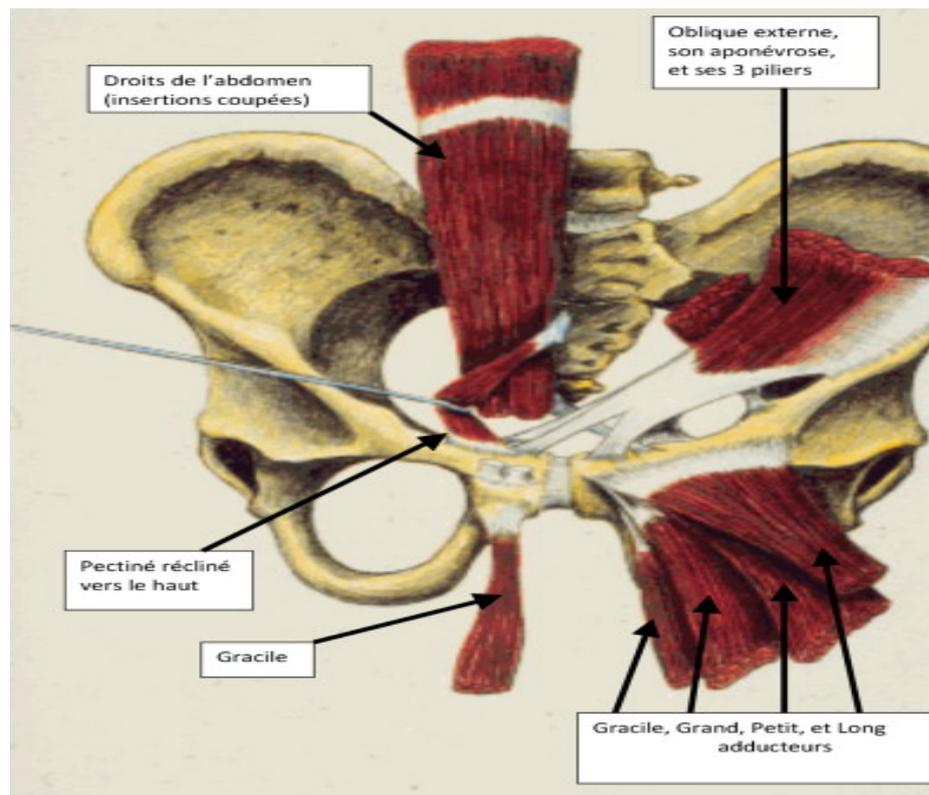
Les adducteurs dont le rôle principal est l'adduction et la rotation externe de hanche sont composés :

- Du long adducteur, du court adducteur et du muscle gracile qui s'insèrent sur la symphyse pubienne.
- Du grand adducteur qui s'insère sur la branche ischio-pubienne.

- Du muscle pectiné qui s'insère sur la face inférieure de de la branche ischio-pubienne et sur la face antérieure de la branche ilio-pubienne.

Ce groupe musculaire est innervé par le nerf obturateur (L2/L4).

**Figure 8 : muscles s'insérant sur la symphyse pubienne<sup>62</sup>**

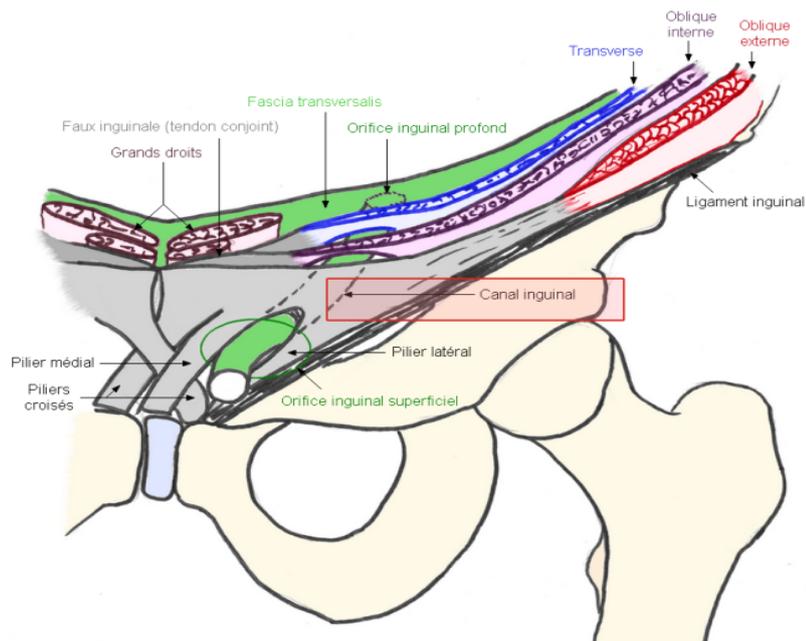


Le canal inguinal est un interstice à travers la paroi abdominale laissant passer le ligament rond chez la femme, le cordon testiculaire chez l'homme ainsi que les nerfs ilio-hypogastrique, ilio-inguinal et le nerf génito-fémoral.

Il présente un orifice superficiel, composé de la terminaison du muscle oblique externe, du tendon conjoint et du ligament inguinal, et un orifice profond, formé par le fascia transversalis.

Le canal inguinal traverse donc les trois muscles larges de l'abdomen (muscles oblique interne, oblique externe et transverse), avec un trajet en chicane. Il est dirigé de l'extérieur vers l'intérieur et de haut en bas.

**Figure 9 : Le canal inguinal<sup>63</sup>**



# Glossaire

**Centre d'investigation Clinique (CIC)** : structure de recherche clinique académique appartenant à un réseau national, rattaché à un centre hospitalier universitaire. Parmi leur mission, on retrouve l'aide à la réalisation d'études cliniques, dont l'aide au recrutement des patients témoins.

**Coefficient de corrélation intra-classe (ICCs)** : Il s'agit d'une mesure de l'homogénéité des observations au sein des classes d'un effet aléatoire par rapport à la dispersion de ces observations entre classes.

**Coefficient de corrélation de Pearson (CCP)** : permet de détecter la présence ou l'absence d'une relation linéaire entre deux caractères quantitatifs continus.

**EOS** : système d'imagerie peu irradiant (10 fois moins qu'une radiographie conventionnelle) permettant une modélisation en 3D générée par la prise simultanée de clichés de face et de profil. L'acquisition se fait en position assise ou debout.  
(société EOS imaging, France)

**Erreur systématique** : composante de l'erreur de mesure qui, dans des mesurages répétés, demeure constante ou varie de façon prévisible.

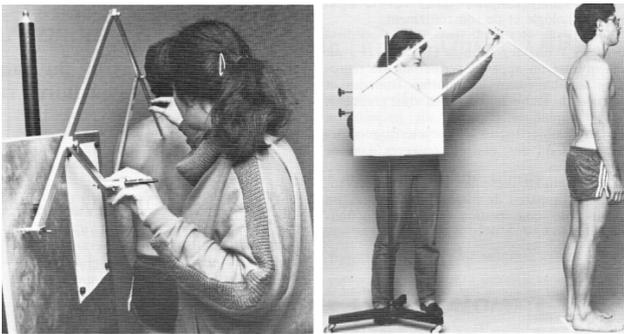
**IMC** : Indice de masse corporelle, il s'agit d'un indice qui via le poids et la taille permet de connaître la corpulence d'un individu. Un IMC inférieur à 19 est considérée comme

un sous poids, un IMC supérieur à 25 comme un surpoids et un IMC supérieure à 30 comme de l'obésité.

**Ossification** : L'ossification désigne l'ensemble des mécanismes utilisés par l'organisme pour fabriquer de l'os, le renouveler et le réparer.

**Pantographe selon Wilhelm**<sup>64</sup>: dispositif de mesure non irradiant, il permet de tracer l'image homothétique d'une figure donnée et de reproduire sur une feuille A4 les courbes sagittales, sujet debout, ainsi qu'en flexion et en extension.

Figure 10 : pantographe selon wilhelm



**Rasterstéréographie** : dispositif de mesure non irradiant, mesurant les déformations du rachis par topographie de surface<sup>65</sup>.

Figure 11 : raster-stéréographie de Diers



**Variabilité intra-observateur** : biais d'observation : l'observateur ne va pas, tout au long des interrogatoires, coder de la même manière.

**Variabilité inter-observateur** : biais d'observation : les différents observateurs ne vont pas coder de la même manière.



# Références bibliographiques

- 
- <sup>1</sup> « Le Rachis | IMM », (page consultée le 18/07/2018) <https://imm.fr/fiche-info-patient/le-rachis/>.
- <sup>2</sup> Kapandji A, Anatomie fonctionnelle - Tome 3, Tête et rachis, 6eme éd. Broché; 2007.
- <sup>3</sup> Dimeglio A, « le rachis en croissance », in Le Rachis En Croissance: Scoliose, Taille Assise Et Puberte, 1990.
- <sup>4</sup> Ekstrand J, « Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. Br J Sports Med. 2011;45(7):553 -558 », s. d.
- <sup>5</sup> Pruvost J, « Première journée européenne sur la Pubalgie : Les points forts du congrès », La médecine du sport . 2014
- <sup>6</sup> Haroy J, « Groin Problems in Male Soccer Players Are More Common Than Previously Reported Investigation performed at the Oslo Sports Trauma Research Center, Department of Sports Medicine, Norwegian School of Sport Science, Oslo, Norway », The American Journal of Sports Medicine, Vol. XX, No. X, 2017.
- <sup>7</sup> Spinelli A. Una nuova malattia sportiva : La pubalgia degli schermi-tori. Orthop. Trauma. App. Mot., 1932, 4 : 111.
- <sup>8</sup> Brunet B, La pubalgie : un syndrome « fourre-tout ». Plaidoyer pour une plus grande rigueur diagnostique et thérapeutique. Thèse Lyon 1983.
- <sup>9</sup> Rodineau J, Courroy JB, historique de la pubalgie du sportif, Journal de traumatologie du sport (2013) 30, 25—30 2012
- <sup>10</sup> Bouvard M, Dorochenko P, Lanusse P, Duraffour H. La pubalgie du sportif stratégie thérapeutique. J Traumatol Sport 2004;21:146—63
- <sup>11</sup> Rochcongar P, Rolland JJ, Menou P, Levasseur M, Lebourg M, Chagneau F,

---

« Influence de l'antéversion du bassin sur les contraintes de la symphyse pubienne. Med Sport 1981;55:338—40 »,

<sup>12</sup> Hager JP, « Morphotype de la pubalgie chez le joueur de rugby et prévention » , centre orthopédique santy Lyon, DIU 2013

<sup>13</sup> Ferenczi A, « Relations entre l'équilibre sagittal pelvi-rachidien et les blessures pelvi-fémorales chez des footballeurs professionnels », Thèse Lille 2017.

<sup>14</sup> Duval-Beaupère G, Schmidt C, et Cosson C, « A Barycentremetric Study of the Sagittal Shape of Spine and Pelvis: The Conditions Required for an Economic Standing Position », Annals of Biomedical Engineering 20, n° 4 (1 juillet 1992): 451-62,

<sup>15</sup> Duval-Beaupère G, Schmidt C, et Cosson P, « A Barycentremetric Study of the Sagittal Shape of Spine and Pelvis: The Conditions Required for an Economic Standing Position », Annals of Biomedical Engineering 20, n° 4 (1 juillet 1992): 451-62,

<sup>16</sup> Blonel B, « Analyse tridimensionnelle de la posture et de la cinématique rachidienne» (Faculté des Sciences du Sport Faculté de Médecine de Marseille, 2014).

<sup>17</sup> Philippot, « Étude de l'équilibre pelvien dans le plan de Lewinnek en orthostatisme, clinostatisme et position assise. », Rev Chir Orthop Traumatol, 2009, 95:72–8.

<sup>18</sup> Roussouly P, « Le bassin: clé de voûte de l'équilibre sagittal. », Journées lyonnaises de chirurgie de la hanche, 2003.

<sup>19</sup> Blonel B, « Analyse tridimensionnelle de la posture et de la cinématique rachidienne» (Faculté des Sciences du Sport Faculté de Médecine de Marseille, 2014).

- 
- <sup>20</sup> Hecquet J, Legalaye J, et al. Bras de levier de la pesanteur supportée par les vertèbres lombaires. *Rachis* 1993;5:13–20 », s. d.
- <sup>21</sup> Vaz G, Roussouly P, et al. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *Eur Spine J* 2002;11:80–7 », s. d.
- <sup>22</sup> Mac-Thiong JM, « Mac-Thiong et al., *Eur Spine J* 2007; 16:227–234 », s. d.
- <sup>23</sup> Cil A, The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during childhood.
- <sup>24</sup> Mac-Thiong JM, Labelle H, et Roussouly P, « Pediatric sagittal alignment », *European Spine Journal* 20, n° Suppl 5 (septembre 2011): 586-90.
- <sup>25</sup> Thimm C, Furian et al., « Spinal Posture and Pelvic Position in Three Hundred Forty-Five Elementary School Children: A Rasterstereographic Pilot Study », *Orthopedic Reviews* 5, n° 1 (22 février 2013).
- <sup>26</sup> Mac-Thiong JM, Hubert Labelle, et Pierre Roussouly, « Pediatric sagittal alignment », *European Spine Journal* 20, n° Suppl 5 (septembre 2011): 586-90.
- <sup>27</sup> Thimm C, Furian et al., « Spinal Posture and Pelvic Position in Three Hundred Forty-Five Elementary School Children: A Rasterstereographic Pilot Study », *Orthopedic Reviews* 5, n° 1 (22 février 2013).
- <sup>28</sup> Ghandhari H et al., « Assessment of Normal Sagittal Alignment of the Spine and Pelvis in Children and Adolescents », *BioMed Research International* 2013 (2013),
- <sup>29</sup> Dimeglio A, « le rachis en croissance », in *Le Rachis En Croissance: Scoliose, Taille Assise Et Puberte*, 1990.
- <sup>30</sup> Descamps H et al., « le parametre pelvien: incidence chez le petit enfant », 1997.
- <sup>31</sup> Mangione P, Gomez D, et Senegas J, « Study of the Course of the Incidence Angle during Growth », *European Spine Journal* 6, n° 3 (1 mai 1997).
- <sup>32</sup> Stokes IA, Aronsson DD, Spence H, et al: Mechanical modulation of intervertebral disc thickness in growing rat tails. », *J Spinal Disord* 11: 261–265, 1998.

- 
- <sup>33</sup> Mente PI, Stokes IA, et Spence H, « Progression of vertebral wedging in an asymmetrically loaded rat tail model. », *Spine* 22: 1290 –1296, 1997.
- <sup>34</sup> Wood Kirkham B MD, « Spinal deformity in the adolescent athlete », *Clinics in Sports Medicine, The Spine and Sports*, 21, n° 1 (1 janvier 2002): 77-92,
- <sup>35</sup> Hauser E, « Scoliosis. *Physiother Rev* 17:234, 1937 », 1937.
- <sup>36</sup> Kums T, Erelina J, Gapeyeva H, « Spinal curvature and trunk muscle tone in rhythmic gymnasts and untrained girls », *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation* 20 (4 avril 2007): 87-95.
- <sup>37</sup> Wojtys, Ashton, « The association between athletic training time and the sagittal curvature of the immature spine. », *The American Journal of Sports Medicine*, 28 (4), 490 – 498., 2000.
- <sup>38</sup> Alricsson M, Werner S, « young elite cross-country skiers and low back pain- A 5-year study. *Phys Ther Sport* ;7:181-4. », 2006.
- <sup>39</sup> Rajabi R, Bagherian S, « Comparison of thoracic kyphosis in two groups of professional and amateur cyclist. », *Electronic Physician*, 3 (3), 353-353, 2011.
- <sup>40</sup> Muyor J, López-Miñarro P, et Alacid F, « Spinal Posture of Thoracic and Lumbar Spine and Pelvic Tilt in Highly Trained Cyclists », *Journal of sports science & medicine* 10 (1 juin 2011): 355-61.
- <sup>41</sup> Nilsson C, Wykman A, et Leanderson J, « Spinal Sagittal Mobility and Joint Laxity in Young Ballet Dancers », *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 1, n° 3-4 (1 septembre 1993): 206-8, <https://doi.org/10.1007/BF01560208>.
- <sup>42</sup> Förster R, Penka G, Bosl T, Scoffl VR, « Climber's Back – Form and Mobility of the Thoracolumbar Spine Leading to Postural Adaptations in Male High Ability Rock Climbers », *International Journal of Sports Medicine* 30, n° 01 (janvier 2009): 53-59, <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038762>.

- 
- <sup>43</sup> Grabara M, « Postural variables in girls practicing volleyball », *Biomedical Human Kinetics*, 1, 67 - 71, 2009.
- <sup>44</sup> Todd, Kovac P, Swärd A, Agnvall C, Swärd L, Karlsson J, “Comparison of radiological spino-pelvic sagittal parameters in skiers and non-athletes”, *J Orthop Surg Res*, 2015-10-17
- <sup>45</sup> Grabara M. “Analysis of Body Posture Between Young Football Players and their Untrained Peers”, *Biomedical Human Kinetics*, 2012.
- <sup>46</sup> Ferenczi A, « Relations entre l'équilibre sagittal pelvi-rachidien et les blessures pelvi-fémorales chez des footballeurs professionnels », Thèse Lille 2017.
- <sup>47</sup> Wodecki P, Guigui P, Hanotel MC, Cardinne L, « Sagittal alignment of the spine: comparison between soccer players and subjects without sports activities », *Revue De Chirurgie Orthopedique Et Reparatrice De L'appareil Moteur* 88, n° 4 (juin 2002): 328-36.
- <sup>48</sup> Asai Y, Tsutsui S, Oka H, Sagittal spino-pelvic alignment in adults: The Wakayama Spine Study, *Plos One*, 2017.
- <sup>49</sup> « Spinal Assessment Device - Spinal Mouse », (page consultée le 18/07/2018)  
<http://www.biotechindia.net/physiotherapy-rehabilitation/product/spinal-mouse.html>
- <sup>50</sup> « Spinal mouse - Medimex », (page consultée le 18/07/2019)  
<https://www.medimex.fr/spinal-mouse.html>.
- <sup>51</sup> Kellis E, Adamou G, Tziliou G, « Reliability of Spinal Range of Motion in Healthy Boys Using a Skin-Surface Device - *Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics* », 2008,
- <sup>52</sup> Mannion AF, Knecht K, Balaban G, Grob D, « A New Skin-Surface Device for Measuring the Curvature and Global and Segmental Ranges of Motion of the Spine: Reliability of Measurements and Comparison with Data Reviewed from the Literature », *European Spine Journal*, n° 2 (mars 2004).

- 
- <sup>53</sup> Yousefi M, Ilbeigi S, Mehrshad N, Ehsan N, Comparing the Validity of Non-Invasive Methods in Measuring Thoracic Kyphosis and Lumbar Lordosis, vol. 14, 2012.
- <sup>54</sup> Sugino S, Reimi M, Miki H, Shigeki Y, « Measurement validity of spine alignment in healthy young adults: comparison of sagittal measurements with the Spinal Mouse and radiographic assessment . », 2013.
- <sup>55</sup> Fadaee E , Seidi F , Rajabi R, « The Spinal Mouse Validity and Reliability in Measurement of Thoracic and Lumbar Vertebral Curvatures », Journal of Shahrekord University of Medical Sciences 19, n° 1 (15 avril 2017): 137-47.
- <sup>56</sup> Fadaee E , Seidi F , Rajabi R, « The Spinal Mouse Validity and Reliability in Measurement of Thoracic and Lumbar Vertebral Curvatures », Journal of Shahrekord University of Medical Sciences 19, n° 1 (15 avril 2017): 137-47.
- <sup>57</sup> Sugino S, Reimi M, Miki H, Shigeki Y, « Measurement validity of spine alignment in healthy young adults: comparison of sagittal measurements with the Spinal Mouse and radiographic assessment . », 2013.
- <sup>58</sup> Livanelioglu A, Kaya F, Nabiye V, Demirkiran G, « The Validity and Reliability of “Spinal Mouse” Assessment of Spinal Curvatures in the Frontal Plane in Pediatric Adolescent Idiopathic Thoraco-Lumbar Curves », European Spine Journal: Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society 25, n° 2 (février 2016): 476-82,.
- <sup>59</sup> Guermazi M, Ghroubi S, Kassis M, Jaziri O, « Validité et reproductibilité du Spinal Mouse ® pour l'étude de la mobilité en flexion du rachis lombaire »,
- <sup>60</sup> Roush JR, Kee M, Toeppe J, « Changes in Vertebral Column Height (VCH) at Different Distance Intervals During a 3-Mile Walk », North American Journal of Sports Physical Therapy : NAJSPT 3, n° 3 (août 2008): 145-50.

---

<sup>61</sup> U. F. O. Themes, « 5: Pelvis et Périnée | Medicine Key » (page consultée le 10/02/2018) <https://clemedicine.com/5-pelvis-et-perinee/>.

<sup>62</sup> Université de Genève, (page consultée le 12/02/2018)  
[http://www.unige.ch/cyberdocuments/theses2000/BergerA/these\\_body.html](http://www.unige.ch/cyberdocuments/theses2000/BergerA/these_body.html).

<sup>63</sup> V. L. C. Research, « Canal inguinal », v.l.c. research - OPHYS (blog), 24 mai 2015, (page consultée le 16/02/2018) <https://blogglophys.wordpress.com/2015/05/24/canal-inguinal/>.

<sup>64</sup> Favre AL, adaptation du principe du pantographe pour le relevé des courbes rachidiennes. Ann. Kinésither, 1985, t.]2,n°7-8, pp. 361-364

<sup>65</sup> Mohokum M, Schülein S, Skwara A, « The Validity of Rasterstereography: A Systematic Review », Orthopedic Reviews 7, n° 3 (28 septembre 2015)

**AUTEUR : Nom : SADO**

**Prénom : FABIEN**

**Date de Soutenance : 17 septembre 2019**

**Titre de la Thèse :** Travail préliminaire à la réalisation d'une étude permettant la comparaison des paramètres sagittaux rachidiens entre un groupe de footballeurs à haute intensité de pratique et un groupe de témoins, âgés de 11 à 17 ans, à l'aide du Spinal Mouse comme outil de mesure.

**Thèse - Médecine - Lille 2019**

**Cadre de classement :** Médecine générale

**Mots-clés :** rachis, équilibre sagittal, football, Spinal Mouse, pubalgie.

**Résumé :**

Contexte : Les pathologies du complexe pelvi rachidien sont fréquentes chez le footballeur.

Les études récentes semblent montrer une relation entre l'équilibre sagittal du rachis et la survenue de pathologies du complexe pelvi fémoral.

Dans le domaine du football peu d'études s'intéressent au morphotype des footballeurs, de plus aucune d'elles n'utilise le même outil de mesure, la population étudiée n'est pas la même et le niveau des sportifs est également différent.

Ce travail est la phase préparatoire d'une étude dont l'objectif est de comparer la cyphose dorsale et la lordose lombaire entre un groupe de footballeurs et une population témoin.

Méthode : L'étude comparera les valeurs des angles de la cyphose dorsale et de la lordose lombaire entre un groupe de jeunes footballeurs à haut niveau de pratique (supérieure à 7h par semaine) et un groupe témoin (pratique sportive extrascolaire inférieure à 2h par semaine), âgés entre 11 et 17 ans. Pour ce faire nous utiliserons le Spinal Mouse comme outil de mesure.

Conclusion : La mise en évidence d'une différence significative entre les deux groupes pourrait favoriser la mise en place d'un travail de prévention, dès les catégories les plus jeunes. Ceci afin d'essayer de limiter le déséquilibre du rachis sagittal, et donc la survenue de pathologies du complexe pelvi-rachidien

**Composition du Jury :**

**Président :** Monsieur le Professeur André THEVENON

**Assesseurs :** Madame le Professeur Nathalie BOUTRY  
Monsieur le Docteur Jean-Marc LEFEBVRE

**Directrice de Thèse :** Madame le Docteur WIECZOREK Valérie