



INSTITUT DE FORMATION EN
MASSO-KINESITHERAPIE DU
CHU D'AMIENS – PICARDIE



UNIVERSITÉ DE PICARDIE
JULES VERNE – 2IS

*Mémoire de fin d'études de masseur-kinésithérapeute
UE 28*

La place du gainage dans la proprioception du membre inférieur

Flavie Dambry
2019-2020

Directeur de mémoire : Monsieur Frédéric COSSON

RESUME

Introduction : La proprioception est un élément important à prendre en compte et à rééduquer lors de la prise en charge de pathologies du système musculo-squelettique, et plus particulièrement des membres inférieurs. Le gainage participe au contrôle postural lors de toute activité du corps qu'elles soient statiques ou dynamiques. Dans cette étude, nous nous focaliserons sur la proprioception du membre inférieur et son lien avec le gainage.

Matériel et méthode : L'étude comprend deux tests dont le *Star Excursion Balance Test modifié* (mSEBT), test de proprioception globale du membre inférieur, avec le calcul du score composite permettant de savoir si le joueur possède une bonne proprioception ou non. Le gainage est le second test avec une mesure du temps de maintien maximal en pont latéral. Ces tests ont été réalisés de chaque côté, dominant et non dominant, où le côté dominant correspond à la jambe d'impulsion pour le tir. L'étude inclut 15 joueurs de handball en centre de formation âgés de 15,73 ans ($\pm 2,1$).

Résultats : D'après le traitement statistique des données, il n'y a pas de lien significatif entre le gainage et la proprioception du membre inférieur. En effet, seul 1,5 % de la proprioception s'explique par le gainage. Cela veut donc dire que la proprioception est en grande partie expliquée par d'autres éléments et notamment les mécanorécepteurs. On remarque aussi une absence de dominance chez le handballeur.

Discussion : Même si sa participation est faible, il est malgré tout important d'inclure du gainage en complément de la prise en charge habituelle de pathologies du membre inférieur afin d'avoir un meilleur contrôle postural et une meilleure transmission des forces. Cela permet de limiter la récurrence ou la survenue d'autres pathologies. Ces résultats peuvent être appliqués aussi bien aux sportifs de haut niveau qu'à la population non sportive majoritaire dans les prises en charge en structure ou en cabinet libéral.

Mots clés : proprioception – gainage – contrôle postural – rééducation – mSEBT

ABSTRACT

Background : Proprioception is a key element to be taken account and rehabilitate in the management of musculoskeletal system pathologies, especially the lower limbs. Core stability contributes to postural control during all activities of the body, whether static or dynamic. In this study, we will focus on the proprioception of the lower limb and its link with core stability.

Material and method : This study contains two tests including the *modified Star Excursion Balance Test* (mSEBT), a test of lower limb global proprioception, with the calculation of a composite score to determinate whether or not the player has good proprioception. Core stability is the second test with a measurement of the maximum holding time in lateral bridge. These tests were performed on each side, dominant and non-dominant, where the dominant side corresponds to their pulse leg for the shot. 15 handballs players of training center were recruited for the study, with a middle age of 15,73 years ($\pm 2,1$).

Results : According to the statistical processing of the data, there was no significant relationship between core stability and lower limb proprioception. Indeed, only 1,5 % of the proprioception is explained by the core stability. This means that proprioception is largely explained by other elements, in particular the mechanoreceptors. We notice no side-to-side difference in handball players.

Conclusion : Even if its participation is low, it is nevertheless important to include core stability training in addition to usual management of lower limb pathologies in order to have better postural control and power transmission in movement. This helps to reduce the recurrence or the occurrence of other pathologies. This results can be applied both the high level athletes and to the majority non-athletic population in case of structural or private practice treatments.

Key words : proprioception – core stability – postural control – rehabilitation – mSEBT

REMERCIEMENTS :

Je tenais à remercier :

Monsieur Frédéric Cosson, qui m'a aidée dans l'élaboration de ce mémoire.

Stéphane Lavie, kinésithérapeute libéral, qui m'a soutenue et suivie tout le long de cette étude, qui m'a apportée sa vision de kinésithérapeute du sport et de connaissance du handball.

Arnaud Parisy, entraîneur du site d'Accession d'Amiens, ainsi que **Barthélémy Bonneau**, préparateur physique, pour leur aide lors de la prise de mesure.

Arnaud Calbry et Richard Demaret, entraîneurs du Centre de Formation de l'USDK, pour avoir permis aux joueurs de participer à cette étude.

Les joueurs, pour leur investissement lors des différents tests.

Mes parents et ma sœur, qui ont toujours cru en moi et qui ont tout mis en place pour que je réussisse dans mes études.

Mon entourage, famille et amis, qui est un soutien important depuis le début de mes études.

Mon entraîneur, qui me suit depuis mes années collège, qui a su développer mon mental et qui sait trouver les mots justes pour me motiver.

Sommaire :

1.	Introduction.....	2
1.1.	Thématique de la recherche.....	2
1.2.	État de l'art.....	3
1.2.1.	Star Excursion Balance Test modifié	3
1.2.2.	Le lien entre le gainage et le contrôle postural.....	6
1.2.3.	Le lien entre le bassin et le contrôle postural.....	8
1.2.4.	Les limites.....	10
1.3.	Problématique	12
2.	Anatomie	13
2.1.	Le bassin.....	13
2.2.	Les abdominaux (20).....	16
2.3.	Contrôle pression intra-abdominale.....	17
2.4.	La chaîne latérale	17
3.	Matériel et méthode.....	18
3.1.	Population d'étude.....	18
3.1.1.	Contexte règlementaire de la recherche	19
3.1.2.	Critères d'inclusion et d'exclusion	20
3.2.	Méthode	21
3.2.1.	Le SEBT modifié (mSEBT).....	21
3.2.2.	Le gainage latéral	24
3.2.3.	Protocole	26
3.2.4.	Traitement(s) statistique(s)	27
4.	Résultats	29
5.	Discussion	36
	Conclusion	42
	Références bibliographiques.....	I
	Sommaire des annexes	III

1. INTRODUCTION

1.1. Thématique de la recherche

La proprioception, aussi appelée kinesthésie, correspond à la perception, consciente ou inconsciente, de la position et des mouvements des parties du corps dans l'espace. Elle fait partie de la sensibilité profonde du corps humain. Ce système, composé de nombreux récepteurs, permet de réguler l'équilibre et de contrôler nos mouvements. Il s'agit d'un élément important à rééduquer dans la prise en charge des entorses notamment.

Ce sujet m'intéresse particulièrement à cause d'antécédents personnels de pathologies du membre inférieur ayant entraîné une rééducation comprenant de la proprioception. Parmi ces pathologies on retrouve les entorses de cheville ainsi qu'un syndrome de la bandelette ilio-tibiale, autrement appelé syndrome de l'essuie-glace.

Le gainage, « core stability » en anglais signifiant stabilité du tronc, correspond à l'ensemble des processus actifs qui permettent le maintien de l'organisation structurelle du corps malgré les énergies mécaniques déformantes issues des mouvements du corps. Ce gainage passe par le renforcement en force, endurance et réactivité des muscles abdominaux et spinaux, dans le but d'avoir un contrôle postural du tronc lors de toute activité qu'elles soient statiques ou dynamiques lors de mouvements des membres inférieurs et supérieurs en symétrique ou asymétrique. Dans cette notion de gainage il ne faut pas oublier les muscles latéraux du tronc, très peu connus de la population et qui peuvent être à l'origine de pathologies aiguës du membre inférieur telles que les entorses de cheville ou de genou par exemple, mais aussi des pathologies chroniques comme les tendinopathies et pubalgies.

Ce thème du gainage m'intéresse par son rapport avec ma pratique sportive, l'athlétisme. En effet, l'entraînement a toujours comporté du gainage, généralement en fin de séance. Selon les disciplines pratiquées, le gainage prend une part plus ou moins importante dans l'entraînement. La formation de masseur-kinésithérapeute m'a permis de comprendre son utilité et ce mémoire me fait prendre conscience de son importance dans la pratique sportive en général.

C'est pour cela que je me suis posée la question de la place du gainage dans la proprioception du membre inférieur. Nous verrons que ces deux sujets sont étroitement liés.

Pour répondre à cette question, nous allons associer deux mesures effectuées chez le même sujet. D'un côté, un test pour objectiver la proprioception globale du membre inférieur : le Star Excursion Balance Test modifié (mSEBT). D'un autre, une mesure du temps de maintien maximal en pont latéral afin d'objectiver le gainage latéral du tronc. Ces tests seront détaillés plus en détail plus tard.

La population participant à l'étude sera constituée d'handballeurs masculins issus du site d'Accession du pôle espoirs des Hauts de France situé à Amiens pour la majorité d'entre eux. Les autres sont dans le centre de formation de l'USDK, club de handball dunkerquois jouant au plus haut niveau national. Ce centre de formation correspond à la continuité de formation des joueurs issus du site d'Amiens. Ces joueurs bénéficient d'entraînements quotidiens, en plus de leur parcours scolaire, ainsi que d'un suivi régulier par un médecin et un kinésithérapeute. S'ajoutent à ces entraînements, les matchs chaque week-end en période scolaire.

J'ai choisi cette population car le handball est un sport asymétrique (jambe d'impulsion opposée au bras de tir) qui pourrait nous amener à détecter des différences intra-individuelles. De plus, il s'agit d'un sport demandant différentes qualités comme la force globale nécessaire pour la puissance de tir ou encore l'impulsion ainsi que la réactivité musculaire pour les nombreux changements de direction. C'est un sport de contact qui nécessite une grande vigilance et qui est donc sujet à de nombreuses blessures des membres inférieurs.

A la suite du diplôme d'état, j'aimerais intégrer le staff d'une équipe de handball, ou autre sport collectif. Je pourrai alors appliquer les résultats de mon mémoire dans ma future pratique que ce soit sur des patients sportifs ou plus sédentaires. En effet, même si mes prises de mesures s'effectuent sur des handballeurs, le but final de ce mémoire est de généraliser les conclusions à la population présente en cabinet libéral ou structure de soins, population comprenant des patients sportifs comme sédentaires, jeunes comme âgés.

1.2. État de l'art

1.2.1. *Star Excursion Balance Test modifié*

Le Star Excursion Balance Test (SEBT) est un test fonctionnel non instrumental permettant de quantifier la performance posturale dynamique du membre inférieur (1). Des études ont montré que ce test comportant huit directions (antérieure, antéro-latérale, latérale, postéro-latérale, postérieure, postéro-médiale, médiale et antéro-médiale) pouvait être simplifié en trois directions uniquement (2). On retrouve alors ce test sous le nom de SEBT modifié (mSEBT), dont les directions sont antérieure (ANT), postéro-latérale (PL) et postéro-médiale (PM) en rapport avec le pied d'appui.

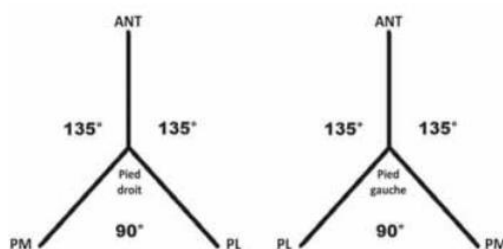


Figure 1 : Organisation du SEBT modifié

Un produit commercial, vendu sous le nom du Y Balance-Test (YBT)[®], est utilisé dans certaines études (*Figure 2*). Il a été démontré que les directions antérieures de ces deux tests ne sont pas comparables, les performances au SEBT étant supérieures à celle du YBT (3). Lors du YBT, les sujets doivent pousser un module se situant au niveau du centre du test ce qui nécessite une flexion de genou et de hanche plus importante dès le début, contrairement au SEBT qui nécessite seulement des bandes collantes au sol, sans module à pousser.



Figure 2 : YBT[®]

D'après Hegedus (4), le SEBT est le seul test capable d'évaluer le risque de blessures chez une population sportive. Plusieurs auteurs utilisent le SEBT pour estimer le risque de survenue de pathologies du membre inférieur telles que les entorses de cheville ou les ruptures de ligaments croisés antérieurs. Les travaux de Plisky ont démontré que les sujets avec une différence droite/gauche supérieure à 4 centimètres dans la direction antérieure étaient 2,5 fois plus à risque de développer des blessures du membre inférieur (5).

Une normalisation des performances est nécessaire et en majorité utilisée dans les études comportant le SEBT. Les performances étant mesurées en centimètres, il est recommandé de standardiser ces mesures par rapport à la longueur du membre inférieur testé (6). Cette distance se mesure de l'Épine Iliaque Antéro-Supérieure (EIAS) jusqu'à la pointe distale de la malléole médiale sur un sujet en décubitus dorsal. Le résultat sera donc en pourcentage de cette longueur, ce qui permettra une comparaison inter-individuelle. On retrouve alors souvent dans la littérature le score normalisé pour une direction, ainsi que le score composite pour la somme des trois directions du test. Grâce à ces scores standardisés, certaines études ont ainsi comparé les performances des hommes à celles des femmes.

Il existe une différence de performance entre ces deux derniers, les femmes étant plus performantes par comparaison des scores normalisés. Ces dernières utilisent de plus grandes amplitudes de flexion des trois articulations du membre inférieur : cheville, genou et hanche, leur permettant d'atteindre des distances plus importantes lors du SEBT, et ce dans chacune des directions (7).

Bien que ce soit un test avec une demande énergétique basse, il a été prouvé que la fatigue, notamment physique, affecte les performances lors du SEBT par une diminution du contrôle postural dynamique (2,7). On retrouve ici encore des différences entre hommes et femmes, les hommes étant plus

soumis à la fatigue. En effet, les femmes présentent une diminution des scores moins importante que les hommes sous l'effet de la fatigue grâce notamment à une plus grande amplitude de flexion de genou. Il sera donc nécessaire de contrôler ce paramètre de la fatigue lors de notre étude portant sur le sexe masculin uniquement.

De plus, ce test crée un conflit d'objectifs : le maintien de l'équilibre et la recherche de la plus grande distance. Sous l'effet de la fatigue, ce conflit sera d'autant plus compliqué à gérer que la réponse musculaire sera diminuée par la fatigue. Par exemple, pour la direction antérieure, l'étude de Gribble et al. (7) affirme que l'activité du quadriceps, et plus particulièrement des vastes médial et latéral de la jambe portante est moins importante dans des conditions de fatigue. Ainsi, son aide pour le maintien du contrôle postural dynamique est déficitaire d'où une diminution des performances sous l'effet de la fatigue.

Concernant la mise en place de ce test, Picot (1) recommande quatre essais d'entraînements avant les trois essais de prise de mesure. On retrouve ces critères dans toutes les études comportant le SEBT ou YBT, avec parfois six essais d'entraînement accordés. Le placement du pied diffère selon les études. Dans sa revue de littérature, Picot place le gros orteil sur le 0 (intersection des trois branches) du SEBT tandis que certaines études place le second orteil ou encore le médio-pied sur le 0. Toujours d'après la même étude, il est préférable d'alterner la jambe testée entre chaque direction afin d'éviter l'apparition de la fatigue qui pourrait influencer sur les performances comme vu précédemment.

Les critères d'échec, au nombre de six, sont communs à toutes les études. Si le sujet présente un de ces critères d'échec lors d'un essai de prise de mesure, il recommencera ce dernier afin de le valider et d'avoir les trois mesures nécessaires au calcul des scores normalisés et composite. Nous les décrirons plus tard lors de la description complète du test utilisé dans cette étude.

Pour finir, la fiabilité de ce test est élevée à tous niveaux, elle est exprimée par le coefficient de corrélation Intra Classe (ICC). Dans son étude, Gribble et al ont calculé la reproductibilité inter-évaluateur avec un ICC de 0.86-0.92 sur des valeurs normalisées (8). Dans une autre étude réalisée sur des joueurs de basket-ball par Plisky et al, on retrouve un ICC de 0.84-0.87 pour la reproductibilité intra-examineur (5). Une revue de littérature récente (9) a calculé les coefficients de corrélation par direction. Concernant la reproductibilité inter-évaluateurs, on retrouve des coefficients de corrélation (ICC) de 0.89, 0.88 et 0.88 pour les directions respectives antérieure, postéro-médiale et postéro-latérale. Il s'agit de la moyenne des ICC de six recherches étudiant la reproductibilité inter-évaluateurs, l'étude de Gribble et al précédemment citée (8) faisant partie des six recherches. De même, pour la reproductibilité intra-évaluateur, les coefficients sont de 0.88, 0.88 et 0.90 pour les mêmes directions respectives (antérieure, postéro-médiale et postéro-latérale). Il s'agit ici de la moyenne des ICC de sept recherches étudiant la

reproductibilité intra-évaluateur. Ces coefficients nous montrent bien qu'il s'agit d'un test fiable et facilement reproductible.

Le SEBT modifié est une simplification du SEBT afin de pouvoir le mettre en place plus facilement. Le choix des trois directions a prouvé son efficacité de nombreuses fois, notamment dans la détection de risques de survenues de pathologies du membre inférieur. Ces valeurs doivent être normalisées afin de pouvoir comparer les données des sujets testés. Ce test présente une bonne reproductibilité inter-évaluateur.

1.2.2. Le lien entre le gainage et le contrôle postural

Le gainage concerne les muscles du tronc, abdominaux et spinaux notamment, qu'il faut renforcer afin d'avoir un meilleur contrôle postural lors de nos activités qu'elles soient statiques ou dynamiques. Cela correspond au contrôle moteur et aux capacités musculaires du complexe rachis lombaire – pelvis – bassin afin de prévenir le flambage de la colonne vertébrale et de revenir à l'équilibre (10,11).

Ce gainage concerne le plan frontal, plan le plus connu de la population, avec les grands droits et le transverse pour les abdominaux ainsi que les muscles spinaux avec les érecteurs du rachis et les multifidus pour la partie dorsale du tronc. Le gainage comporte aussi un plan sagittal, moins connu de la population générale, dans lequel on retrouve le carré des lombes ainsi que les abdominaux obliques internes et externes. Ce mémoire se concentrera plus sur ce plan sagittal.

Le gainage est la base de la stabilité en rendant le tronc comme un cylindre rigide permettant un point d'appui fixe pour les muscles des membres. Il procure une stabilité proximale pour permettre une mobilité distale. Il génère et régule les forces lors des mouvements des membres supérieurs et inférieurs (12). D'après Willson et al., tout mouvement des membres inférieurs serait anticipé par la co-contraction du transverse et du multifidus, muscles profonds du tronc, afin de permettre l'initiation de ce mouvement en fixant le tronc (11). Cette co-contraction sera suivie par la contraction des abdominaux superficiels (grands droits et obliques internes/externes) ainsi que du carré des lombes pour permettre le mouvement dans sa globalité.

Les recherches scientifiques étudiant l'activité des muscles du tronc lors du SEBT s'intéressent à ces derniers par des mesures électromyographiques. Ces mesures sont exprimées en pourcentage de la contraction isométrique volontaire maximale (MVIC) nécessitant des mesures préalables à celles de l'étude sur l'activation des muscles du tronc lors du SEBT (13).

L'activité des muscles est variable selon la direction testée. Les données exposées ci-après sont issues de la récente recherche de Bhanot et al., étudiant l'activité des muscles du tronc et du bassin lors du SEBT chez des adultes sains (13)

Pour la direction antérieure, on ne retrouve pas de différence de contraction entre les parties homolatérales et controlatérales à la jambe d'appui de chaque groupe musculaire. Ainsi, ce sont les obliques externes qui présentent l'activité la plus importante avec une contraction aux alentours de 40% de la MVIC, suivis des érecteurs du rachis avec une contraction autour de 15% de la MVIC, et les grands droits qui se contractent très peu par rapport à leur force maximale volontaire en contraction isométrique (8% de la MVIC).

La direction postéro-latérale présente des différences d'activités entre chaque partie musculaire. Ce sont les érecteurs du rachis homolatéraux à la jambe d'appui qui ont l'activité la plus importante (46% de la MVIC). Suivent ensuite l'oblique externe homolatéral (32% MVIC) puis les parties controlatérales de ces mêmes muscles (environ 25% MVIC), pour finir avec une contraction minime des grands droits à 4% de la MVIC.

Concernant la direction postéro-médiale, il y a aussi des différences entre les parties musculaires. Ce sont les érecteurs du rachis controlatéraux cette fois-ci qui présentent la plus grande contraction (41% MVIC), suivis de l'oblique externe controlatéral (34% MVIC). On retrouve ensuite les érecteurs du rachis homolatéraux et l'oblique externe homolatéral avec des contractions respectives à 23% et 28% de la MVIC. Pour les grands droits, l'activité est faible comme pour la direction postéro-latérale (5% MVIC).

Le contrôle de la pression du caisson abdominal joue aussi un rôle très important dans le contrôle postural. Ce caisson est délimité en haut par le diaphragme, muscle principal de la respiration, en bas par le plancher pelvien, aussi appelé le périnée. En avant, on retrouve le transverse qui joue un rôle important dans le contrôle la pression intra-abdominale. Pour finir, en arrière, on a les érecteurs du rachis et les multifidus qui stabilisent la colonne vertébrale. Un mauvais contrôle de cette pression abdominale entraînera des troubles de la statique rachidienne mais aussi pelvienne.

D'après Leetun et al. (10), les athlètes ayant été blessés lors de la saison présentent généralement de plus faibles mesures de gainage. Dans cette étude, la mesure du gainage se fait par le pont latéral comme nous le ferons dans ce mémoire.

Cette étude est en accord avec celle de Willson et al. (11) qui approuve le fait qu'un déficit de gainage augmente le risque de blessures des membres inférieurs. C'est pourquoi il faudrait développer le gainage dans un but de prévention de ces blessures.

Le gainage joue un rôle important dans le contrôle postural qu'il soit statique ou dynamique. Ce gainage, comprenant plusieurs plans, est à développer par le renforcement des abdominaux et spinaux afin de prévenir le risque de survenues de blessures des membres inférieurs.

1.2.3. Le lien entre le bassin et le contrôle postural

Le bassin, aussi appelé ceinture pelvienne, correspond à la jonction osseuse entre le rachis au-dessus et les membres inférieurs en-dessous. Il est constitué de 4 parties osseuses : 2 os coxaux (droit et gauche), du sacrum et du coccyx. De nombreuses insertions musculaires y sont présentes notamment les muscles permettant sa stabilisation lors de l'appui unipodal qui nous intéresse plus particulièrement. C'est ce que nous allons détailler plus en détail dans cette partie.

On classe les muscles du bassin par groupe avec une fonction commune correspondant à un mouvement. Premièrement, les abducteurs de hanche, groupe musculaire qui nous intéressera le plus ici, comprenant le moyen fessier, le tenseur du fascia lata (TFL), le petit fessier ainsi que le piriforme. Ensuite, on retrouve les rotateurs externes avec l'ensemble des pelvitrochantériens (obturateurs interne et externe, jumeaux, carré fémoral et piriforme) ainsi que les muscles fessiers (petit, moyen et grand). Pour finir, les extenseurs, avec le grand fessier qui est le muscle prédominant de l'extension de hanche en synergie avec les ischios-jambiers. On retrouvera aussi dans ce groupe d'extenseurs une partie des pelvitrochantériens qui vont maintenir le bassin en position neutre d'antéversion / rétroversion. On pourrait aussi citer les fléchisseurs, adducteurs ou encore rotateurs internes de hanche. Ces derniers verront leur action contrée par les groupes antagonistes afin de maintenir le bassin stable lors de l'appui unipodal.

Les abducteurs de hanche ainsi que les rotateurs externes jouent un rôle important dans l'alignement du membre inférieur. En effet, ils permettent de garder un bassin stable lors de l'appui unipodal et de contrer les mouvements d'adduction et de rotation interne présents. Ce sont ces mouvements qui vont amener à une perte du contrôle postural, de l'équilibre ou encore à un risque de blessures. Dans l'étude de Leetun et al. (10), il est noté que les athlètes ayant été blessés lors de cette étude présentaient des déficits de force des abducteurs et rotateurs externes de hanche, par rapport aux athlètes non blessés.

Concernant le moyen fessier, principal muscle de la stabilisation du bassin dans le plan frontal et du contrôle postural, son activité dépendra de la position du tronc. Bhanot et al., dans leur étude sur l'activité des muscles du tronc et du bassin lors du SEBT, comparent leurs résultats à ceux d'une autre étude similaire qui a autorisé la flexion de tronc lors du SEBT (13,14). Ils ont remarqué que l'activité du moyen fessier était deux fois plus importante dans leur étude que dans l'étude comparative pour la direction postéro-médiale. Une explication possible est que les sujets compensent la perte d'équilibre par une inclinaison du tronc du côté de l'appui unipodal, et non par une activité du moyen fessier pour garder le bassin en position neutre lorsque la flexion du tronc est autorisée. De son côté, l'étude de Wilson et al. (15) conclut que la force des abducteurs de hanche permet de prédire les performances au YBT.

Toujours d'après cette étude de Bhanot et al., le moyen fessier présente des contractions différentes selon les directions. Ainsi, c'est dans la direction postéro-médiale que l'on observe la contraction la plus importante (44% MVIC), suivie de près par la direction antérieure (43% MVIC) et pour finir en postéro-latéral avec une contraction à 37% de la MVIC. Bhanot et al. se servent de ces résultats pour évoquer un possible réentraînement du muscle moyen fessier par le SEBT en commençant par les directions les moins exigeantes, postéro-latérale et latérale, pour progresser vers les directions antérieure, postéro-médiale et médiale.

Norris et Trudelle-Jackson conseillent de leur côté un réentraînement du moyen fessier par le SEBT en commençant par la direction postéro-médiale pour progresser vers la direction antérieure (14). Cette différence doit venir de l'utilisation des compensations du tronc autorisées dans leur étude contrairement à celle de Bhanot et al.

Une autre étude portant sur le contrôle postural dynamique et le moyen fessier va dans le même sens. En effet, Leavey et al. comparent l'effet des programmes de proprioception, de renforcement du moyen fessier ou d'une combinaison des deux sur six semaines sur les performances au SEBT (16). Les résultats évoquent une meilleure amélioration pour le groupe ayant combiné proprioception et renforcement, suivi du groupe renforcement du moyen fessier et enfin le groupe proprioception sans différence significative malgré tout. A noter, qu'il existe une différence significative entre les résultats de ces trois groupes par rapport au groupe contrôle n'ayant reçu aucune intervention. Ils en concluent donc qu'un renforcement du moyen fessier en supplément de la rééducation du membre inférieur améliorerait le contrôle postural dynamique de manière plus importante qu'une rééducation proprioceptive isolée.

Les études de Jaber et al. ainsi que de McCann et al. aboutissent à la même conclusion de la nécessité de renforcer les muscles du bassin chez les personnes avec une cheville instable chronique afin d'améliorer le contrôle postural dynamique (17,18).

La stratégie du bassin s'oppose à la stratégie de cheville lors du maintien du contrôle postural dynamique. La stratégie de bassin serait d'avantage adoptée chez les personnes âgées ainsi que chez les personnes ayant déjà subi une entorse de cheville par compensation de la faiblesse des muscles de la cheville (15,18). Dans cette stratégie, c'est le moyen fessier ainsi que les autres abducteurs de hanche qui corrigent la posture et permettent à l'individu de garder son équilibre (16). Or, il a été prouvé dans plusieurs études, que le moyen fessier est affaibli après une entorse de cheville (10,18).

Concernant le muscle grand fessier, principal extenseur de hanche, il joue un rôle important dans la stabilisation du bassin pour les directions postéro-médiale et postéro-latérale. C'est la direction postéro-latérale qui lui demande l'action la plus spécifique de par le contrôle excentrique de l'extension de hanche mais aussi de la rotation médiale du fémur (17). Cette direction s'avère être la plus difficile pour les participants au SEBT ou YBT® car il y a un plus grand déplacement du centre de gravité lors de son exécution. Or le mouvement de rotation médiale du membre inférieur que l'on retrouve lors de cette

direction postéro-latérale est un mouvement important dans toutes les activités athlétiques et représente un mécanisme fréquent lors des blessures du membre inférieur. Il est donc important de le prendre en compte et de l'évaluer lors de blessures du membre inférieur, notamment les entorses, tout comme le moyen fessier. Il s'agirait d'ailleurs d'un muscle fréquemment déficitaire chez les personnes avec une cheville instable chronique.

De nombreuses études ayant analysé l'activité des muscles du bassin lors de l'appui unipodal, et notamment lors du SEBT ou YBT, s'accordent donc pour dire qu'il est nécessaire de renforcer les muscles du bassin afin d'avoir un meilleur maintien de ce dernier lors des activités, ainsi qu'un meilleur contrôle postural dynamique (14,16-18).

L'étude de Filipa et al. va dans le même sens puisque qu'elle conclut qu'un entraînement neuro-musculaire améliore les performances au SEBT (19). En effet, on retrouve dans cet entraînement, basé sur un programme de prévention, la combinaison de renforcement des membres inférieurs ainsi qu'un entraînement à la stabilisation du tronc, autrement dit un renforcement des muscles du tronc. Au fur et à mesure, la difficulté des exercices augmentait en incluant des inclinaisons de tronc notamment. Le but de cette intervention étant de diminuer le délai de réaction et d'activation des muscles du tronc et des membres inférieurs lors d'un mouvement à risque pouvant amener à une blessure. A la fin de ce programme de 8 semaines, les performances au SEBT pour le groupe ayant effectué cet entraînement neuro-musculaire étaient meilleures de 7 à 8 % par rapport au test pré-entraînement. Ils notent même une amélioration dans les directions postéro-latérale et postéro-médiale sans amélioration pour la direction antérieure. Ils en concluent donc qu'un entraînement neuro-musculaire de ce type améliore les performances au SEBT, donc le contrôle postural dynamique.

Les muscles du bassin jouent un rôle important dans le contrôle postural dynamique. Il est important de les intégrer dans le processus de rééducation de blessures du membre inférieur par un renforcement analytique. Le SEBT est ici utilisé en tant que traitement avec des effets recherchés différents selon les directions choisies.

1.2.4. Les limites

Nous allons ici développer les limites de cet état de l'art.

Premièrement, nous allons parler des recommandations de la Haute Autorité de Santé (HAS) qui publie les recommandations de pratiques pour de nombreuses pathologies. Dans celles concernant la rééducation de l'entorse externe de cheville et celles des critères de suivi en rééducation après ligamentoplastie du croisé antérieur du genou, on ne retrouve pas les notions précédemment développées. En effet, le gainage ou encore le renforcement du tronc ne sont pas cités dans aucun de ces

deux documents. Le renforcement des membres inférieurs est cité sans développement, on peut donc se demander si le renforcement des muscles du bassin y est inclus. Seule la notion de reprogrammation neuromusculaire, aussi appelée proprioception, est retrouvée dans le but de solliciter les mécanismes de défense de l'articulation, élément très important dans les prises en charge rééducatives d'entorse. Il est tout de même important de noter que ces recommandations ne sont pas très récentes, Janvier 2000 et 2008 respectivement, et qu'une mise à jour de ces recommandations pourrait inclure la notion de contrôle postural dynamique notamment (20,21).

Concernant le test du contrôle postural dynamique, de nombreuses études analysent toutes les directions du Star Excursion Balance Test (SEBT), soit un total de 8 directions. Cela implique forcément une fatigue plus importante lors du test donc un impact sur les résultats comme vu précédemment. De plus, dans cet état de l'art nous comparons des études utilisant le SEBT avec d'autres utilisant le YBT ou encore le SEBT modifié ce qui peut amener, dans certains cas, à des différences de résultats qu'elles soient significatives ou non.

Nous retrouvons aussi des différences d'utilisation de ce test par rapport aux compensations du tronc. En effet, certaines recherches demandent aux sujets réalisant le test de garder le tronc droit empêchant toutes inclinaisons ou toute flexion du tronc. Cela a des conséquences sur les stratégies utilisées par le sujet pour maintenir son équilibre et donc sur l'activité musculaire du bassin et notamment du moyen fessier comme vu précédemment. Sachant que le sujet ne contrôle pas que son tronc soit droit lorsqu'il est soumis à un mécanisme lésionnel, les compensations du tronc seront autorisées dans cette étude dans une certaine limite.

Il est aussi important de préciser que très peu d'articles français ont été trouvés, seuls deux articles récents du même auteur (B. Picot) sont utilisés dans ce mémoire (1,22). Cela nous montre bien que le SEBT est un test peu connu et reconnu en France malgré ses nombreuses utilisations.

Les études portant sur les muscles du tronc sont peu fréquentes avec peu ou pas de corrélation avec le SEBT modifié. Ce test s'effectuant en appui unipodal, il me semblerait intéressant de se concentrer sur l'activité du carré des lombes lors de chaque direction. Or, aucune étude ne s'intéresse à cela. Le carré des lombes fait partie de la chaîne latérale du corps, essentielle lors de l'appui unipodal. Nous développerons cette chaîne latérale plus tard dans ce mémoire.

Il a été aussi difficile de trouver un test pour évaluer le gainage latéral du tronc. La majorité des études testent les abdominaux dans le plan frontal avec le test de Shirado-Ito et non dans le plan sagittal comme nous souhaitons le faire dans ce mémoire. Le pont latéral a été choisi en reprenant la notion de temps de maintien maximal comme dans le test de Shirado-Ito. Cela nous permet d'évaluer cette chaîne latérale.

Pour finir, la majorité des études citées dans ce mémoire ont effectué leurs mesures sur des sujets sains ou atteints d'entorse de cheville ou de cheville instable chronique. Très peu d'études sont réalisées

sur les entorses de genou qui est pourtant une pathologie fréquente dans les sports de contact comme le handball, le football, le rugby mais aussi lors de la période hivernale avec le ski alpin. Il serait intéressant d'analyser les performances au SEBT modifié, les stratégies de rééquilibration utilisées ainsi que les activations musculaires pour cette pathologie comme on peut le retrouver sur les entorses de cheville.

1.3. Problématique

Cet état de l'art nous amène à la problématique de ce mémoire :

« Quelle est la place du gainage dans la proprioception du membre inférieur ? »

Je me suis posée cette question à la suite d'un stage en libéral où j'ai pu suivre la rééducation d'entorses de cheville, de genou ou d'autres pathologies du membre inférieur. Le kinésithérapeute incluait systématiquement du gainage dans le programme de rééducation, je me suis donc intéressée à ce sujet en me documentant. J'ai ainsi pu remarquer que peu d'études font le lien entre le gainage et la proprioception d'où cette envie de recherche sur ce thème. La réponse à cette problématique sera utile dans ma future pratique pour la prise en charge de pathologies du membre inférieur comme les entorses de genou ou de cheville et les pubalgies par exemple, que ce soit sur les personnes sportives ou sédentaires.

Une des hypothèses consiste à dire que le gainage joue un rôle important dans la proprioception du membre inférieur de par le lien anatomique entre les abdominaux et le bassin. Il participerait à la stabilisation du bassin lors de l'appui unipodal ce qui favoriserait ainsi un meilleur contrôle postural dynamique. Une autre hypothèse concerne l'importance de la chaîne latérale du tronc et du membre inférieur lors de l'appui unipodal. Cette chaîne latérale, qui commence au niveau du pied pour se terminer à la partie supérieure du tronc, comporte de nombreux muscles qui ont chacun leur rôle à jouer dans la stabilisation des articulations lors de l'appui unipodal.

Cette étude permettra de valider ou non ces hypothèses et de répondre à la problématique.

2. ANATOMIE

2.1. Le bassin

L'ensemble musculaire du bassin se divise en 6 groupes, dont chacun possède son propre antagoniste.

Dans le plan frontal, ces muscles permettent le maintien de l'horizontalité du bassin. Cela passe par l'action des abducteurs de hanche du côté de l'appui.

Le muscle principal de l'abduction est le moyen fessier. Ce muscle s'insère dans la fosse iliaque de l'os coxal pour se diriger vers le grand trochanter du fémur (*Figure 3*). Il correspond à la couche intermédiaire des trois muscles fessiers recouvrant l'articulation coxo-fémorale. C'est un muscle très puissant surtout en chaîne fermée, c'est-à-dire lorsque l'extrémité distale est fixe. Il joue le rôle d'un hauban actif qui permet la stabilisation latérale du bassin lors de l'appui unipodal afin d'éviter la chute du bassin côté non portant.

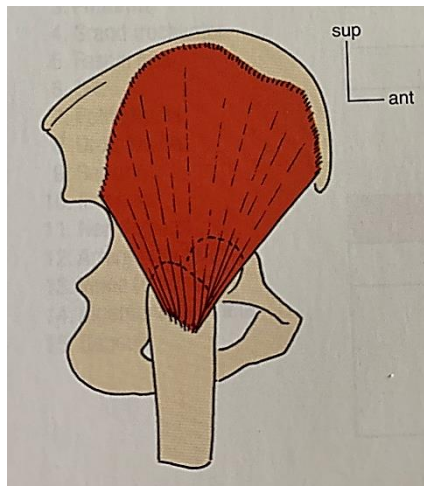


Figure 3 : Insertions du Moyen Fessier

Son action d'abduction de hanche est complétée par le petit fessier, possédant un plus petit bras de levier, et par le piriforme, avec un rôle assimilé à un ressort développé dans le paragraphe suivant. On y ajoute aussi le Tenseur du Fascia Lata (TFL), hauban latéral passif de la hanche et du genou permettant une économie musculaire lors de l'appui unipodal (*Figure 4*). L'action de ces muscles va aussi dépendre de la position du bassin. Si le bassin est en bascule postérieure, c'est le deltoïde fessier qui s'associe plus fortement au moyen fessier afin d'assurer la stabilisation latérale du bassin (*Figure 5*). Le deltoïde fessier étant composé du TFL ainsi que du faisceau superficiel du grand fessier. En revanche, si le bassin est en bascule antérieure, c'est le petit fessier qui aura une action plus importante.

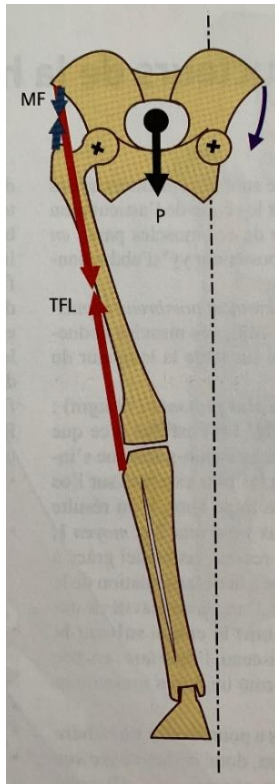


Figure 5 : Action du TFL

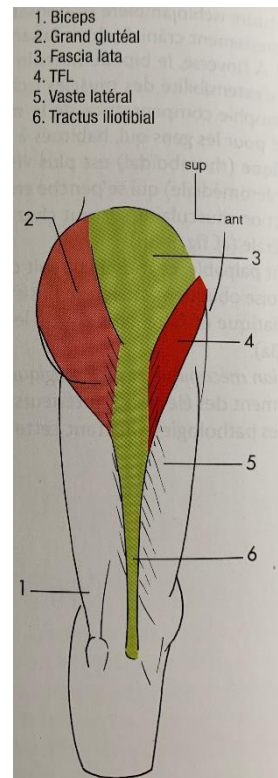


Figure 4 : Trajet du TFL

Dans le plan sagittal, l'action des muscles consistent à contrôler les mouvements d'antéversion – rétroversion pour maintenir au maximum la position neutre du bassin. Ce sont les pelvitrochantériens, ensemble de 6 muscles courts se situant au niveau de l'articulation coxo-fémorale, qui assurent cette action.

Le piriforme est le seul muscle à ne pas avoir d'action d'antéversion ou de rétroversion à proprement dit. En effet, de par sa position en regard de l'axe de flexion – extension de la coxo-fémorale, ce muscle tend à ramener le bassin en position neutre. Il est assimilé à un ressort de rappel qui ramène en position intermédiaire (23).

L'obturateur externe est le seul pelvitrochantérien à être antéverseur. Il possède un rôle de premier plan dans le concept de Boris Dolto du hamac gémello-obturateur. Ce concept consiste à dire que les muscles obturateurs interne et externe ainsi que les jumeaux sont mobilisateurs du bassin en chaîne fermée. Ils soulèvent le bassin comme dans un hamac en prenant appui sur les grands trochanters et soulagent donc les têtes fémorales d'une partie de l'appui (24). On peut assimiler ce phénomène à une décompression de la coxo-fémorale.

L'antéversion est aussi assurée par le faisceau iliaque du psoas-iliaque, puissant fléchisseur de hanche en chaîne ouverte.

Pour ce qui est de la rétroversion, c'est l'obturateur interne associé aux jumeaux supérieur et inférieur qui contrôle ce mouvement. Comme expliqué précédemment, ces muscles entrent dans le hamac

gémello-obturateur pour la sustentation du bassin sur fémur fixe. Ils sont aussi liés à la cybernétique du bassin, c'est-à-dire sa stabilité automatique (23).

Dans le plan horizontal, nous nous intéresserons aux mouvements de rotations longitudinales de hanche afin de garder l'ensemble du membre inférieur dans l'axe. Cet axe se confond avec l'axe vertical lorsque la hanche est en position de rectitude.

La rotation externe, qui amène la face antérieure de cuisse vers l'extérieur, est contrôlée par les pelvitrochantériens dont c'est la fonction principale (*Figure 6 : 5-8*). S'y ajoutent les muscles glutéaux avec les fibres postérieures des petit (*Figure 6 : 4*) et moyen fessiers ainsi que le grand fessier (*Figure 6 : 3*).

La rotation interne, qui amène la face antérieure de cuisse vers l'intérieur, est elle gérée par les fibres antérieures du moyen fessier, le petit fessier ainsi que le TFL.

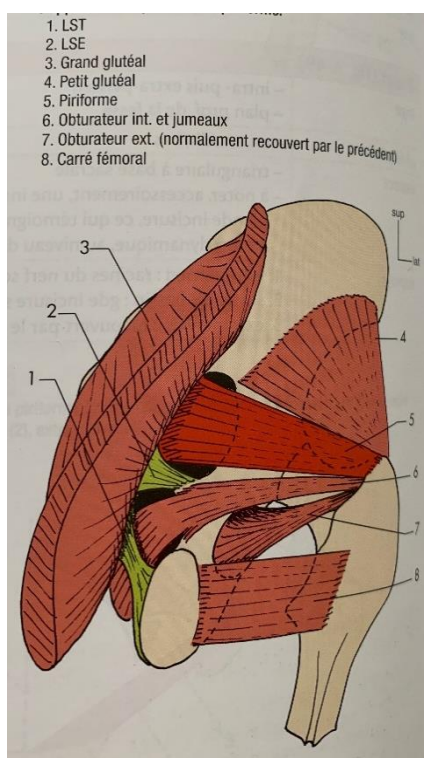


Figure 6 : Les pelvitrochantériens

L'action agoniste – antagoniste de ces groupes musculaires joue un rôle important pour le maintien de la statique du bassin lors de l'appui unipodal.

On peut ajouter à cet ensemble musculaire le plancher pelvien, avec les muscles du périnée, qui joue un rôle important dans la statique du bassin. Au regard de l'anatomie du plancher pelvien et son lien étroit avec le transverse, on comprend qu'un trouble au niveau du périnée impacte d'une certaine manière la statique du bassin.

2.2. Les abdominaux (23)

Les abdominaux, répartis en 3 couches, relient le bassin au thorax. Ils contribuent à former le caisson abdominal pour la contention des viscères notamment. Leur principal rôle est statique pour le maintien du tronc en rectitude. Ils contribuent aussi au contrôle de la pression intra-abdominale lors des mouvements respiratoires, ce que nous allons développer plus tard.

Dans ces abdominaux, on retrouve les droits, anciennement appelés grands droits. Au nombre de deux, situés verticalement de part et d'autre de la ligne blanche, ce sont les plus superficiels. Ils sont les muscles les plus dynamiques de par leur division en plusieurs petits corps musculaires séparés de stries tendineuses. Activement, ils permettent la flexion de tronc sur un bassin fixe.

Le transverse est quant à lui le plus profond. Il forme une ceinture transversale avec les corps musculaires situés latéralement et la gaine des droits en avant. Cette gaine est assimilée à une poche de kangourou permettant le recouvrement des droits. Son action active permet de rentrer le ventre lors des expirations forcées.

Entre ces deux muscles, on retrouve de chaque côté de la ligne blanche, un oblique externe (OE) et un oblique interne (OI). Ils se différencient par la direction de leurs fibres et donc par leur action en actif. L'oblique externe a ses fibres dirigées vers le bas, l'avant et le dedans permettant la rotation contralatérale du tronc par rapport aux membres inférieurs. L'oblique interne a lui ses fibres dirigées vers le haut, l'avant et le dedans permettant la rotation homolatérale. Ainsi, pour une rotation du tronc à droite, c'est l'OI droit et l'OE gauche qui vont se contracter et inversement pour la rotation gauche.

Dans cette étude, l'ensemble des abdominaux sera important à prendre en compte dans chacun des tests. Pour le test de gainage, ce sont les obliques qui nous intéresseront plus particulièrement pour leur contrôle des rotations du tronc dans la position de test décrite plus tard. Pour le mSEBT, d'une manière globale, les abdominaux entrent en jeu pour maintenir le tronc droit lors de l'appui unipodal. Les droits jouent un rôle dans le contrôle de la flexion de tronc pour les directions postéro-médiale et postéro-latérale. Les obliques entreront en action pour la direction postéro-médiale uniquement car le membre inférieur libre vient croiser la ligne médiane ce qui entraîne une rotation du tronc que les sujets doivent contrôler afin de réussir le test.

On peut ajouter à ces muscles le carré des lombes, présent symétriquement de chaque côté du rachis lombaire. Ce muscle présente 3 faisceaux : costo-transversaire, ilio-costal et ilio-transversaire qui permettent de relier le bassin à la 12^{ème} côte ainsi qu'aux apophyses transverses des cinq vertèbres lombaires. De part ces nombreuses insertions, il effectue un haubanage frontal du rachis lombaire en statique. C'est dans cette fonction, ainsi que dans son rôle d'inclinaison homolatérale en dynamique, que ce muscle va nous intéresser dans cette étude. Effectivement, sa fonction statique sera largement utilisée

dans le maintien de la position de gainage. De plus, on retrouve une inclinaison homolatérale lors de la direction postéro-médiale du mSEBT.

2.3. Contrôle pression intra-abdominale

Le contrôle de la pression intra-abdominale permet un meilleur contrôle postural par l'action synergique du diaphragme, des abdominaux et du plancher pelvien.

Chaque mouvement respiratoire demande une synchronisation d'action des différents éléments du caisson abdominal. Ce dernier est délimité par le diaphragme en haut, le plancher pelvien en bas, les abdominaux en avant et les spinaux en arrière. Le diaphragme, en forme de coupole inversée, est le muscle respiratoire principal. Il permet d'ailleurs la séparation entre le caisson thoracique avec les poumons et le caisson abdominal avec les viscères.

Lors de l'inspiration, le diaphragme descend donc les abdominaux doivent se détendre pour conserver un espace suffisant pour les viscères. Lors de l'expiration, c'est le mécanisme inverse qui se produit, les abdominaux revenant à leur position initiale. C'est lors des efforts de toux, d'éternuement, de défécation que les abdominaux ainsi que le plancher pelvien vont se contracter pour garder une pression intra-abdominale nécessaire à ces efforts et éviter des problèmes au niveau du plancher pelvien (fuites urinaires par exemple).

Les spinaux quant à eux forment une paroi postérieure rigide.

Un bon contrôle de ces mouvements respiratoires avec une synchronisation de ces différents éléments permet de garder une bonne statique du tronc sans compensation lorsque nous sommes debout.

Pour les tests de cette étude, en plus des mouvements respiratoires involontaires et nécessaires au bon fonctionnement musculaire, une action sélective supplémentaire des abdominaux sera indispensable afin d'assurer le mouvement demandé.

2.4. La chaîne latérale

Dans ce mémoire nous nous intéressons plus particulièrement à la chaîne latérale du membre inférieur et du tronc. En commençant par la cheville, cela passe par les muscles court et long fibulaire principalement. Puis par le TFL qui fait le lien entre le genou et la hanche avec un rôle de hauban latéral passif. Au niveau du tronc, c'est le carré des lombes ainsi que les obliques qui vont participer à cette chaîne latérale. L'ensemble de ces muscles va participer à la stabilisation en appui unipodal lors du mSEBT ainsi qu'au maintien de la position de gainage latéral. Les muscles périphériques à cette chaîne se contractent aussi dans ces différents tests, participant de manière globale à l'appui unipodal et à la position de pont latéral.

3. MATERIEL ET METHODE

3.1. Population d'étude

Cette étude a été réalisée sur des joueurs de handball issus du site d'Accession du pôle espoirs de la région Hauts de France situé à Amiens, ainsi que des joueurs du centre de formation de l'USDK à Dunkerque. Ces joueurs sont âgés de 15,7 ans ($\pm 2,1$) suivent tous un planning hebdomadaire comprenant études et handball.

Les garçons intègrent le pôle lors de l'entrée en 3^{ème}. Ils ont un emploi du temps aménagé pour permettre de concilier sport et études. Ce dernier contient un entraînement par jour du lundi au jeudi ainsi que trois créneaux de renforcement les mardi, mercredi et jeudi. Ils sont encadrés par le responsable de cette section du pôle, et par leur préparateur physique. En dehors de ces entraînements, les joueurs sont suivis par un médecin, un kinésithérapeute, une psychologue et un diététicien. Les joueurs sont en internat, ils rentrent le week-end dans leur famille et jouent les matchs avec leur club local.

A la suite de ces deux années au sein du site d'Accession d'Amiens, les meilleurs d'entre eux intégreront le site Excellence de ce pôle, situé à Dunkerque pour effectuer leur Première et Terminale.

C'est le centre de formation de l'USDK qui sélectionne les meilleurs du site d'Excellence pour poursuivre leur parcours, leur permettant de concilier sport de haut niveau et poursuite des études universitaires. A noter que tous les joueurs n'ont pas suivi le parcours décrit ci-dessus, d'Amiens à Dunkerque, certains ayant intégré le parcours à partir du lycée notamment. De par leur âge, ils possèdent un temps d'entraînement légèrement supérieur, 14 heures contre en moyenne 11 heures en pôle. Le contenu de l'entraînement restant le même, une partie dédiée à la musculation et une autre pour le handball. Chacun des joueurs de cette étude affirme avoir un temps consacré au gainage et à la proprioception lors des entraînements.

Les joueurs sélectionnés mesurent en moyenne 182,27 centimètres ($\pm 5,6$) pour un poids de 73,13 kilogrammes ($\pm 11,4$). Ils pratiquent le handball depuis 7,5 ans en moyenne ($\pm 1,7$). (*Tableau I*)

Tableau 1 : Caractéristiques des joueurs

Joueur	Age	Taille (cm)	Poids (kg)	Nombre d'années de pratique	Nombre heures entraînement / semaine
1	14	180	70	8	10
2	15	175	62	7	11
3	14	175	63	8	8
4	14	191	85	6	14
5	14	181	56	9	10
6	14	177	70	10	11
7	15	187	74	4	11
8	14	184	78	8	8
9	14	174	57	5	13
10	16	180	66	10	10
11	19	182	78	8	14
12	18	185	80	7	14
13	18	183	74	8	14
14	19	190	90	6	14
15	18	190	94	8	14

Moyenne	15,73	182,27	73,13	7,47	11,73
Ecart type	2,1	5,6	11,4	1,7	2,3

3.1.1. Contexte règlementaire de la recherche

Des fiches d'informations ont été distribuées à l'ensemble des joueurs sélectionnés afin de prendre connaissance des informations nécessaires à ce mémoire. Dans cette fiche d'information, il leur était demandé leur(s) antécédent(s) de blessure(s) afin de me permettre de faire la sélection des joueurs. C'est cette partie qui me permettait de connaître si le joueur présentait un ou plusieurs critères d'exclusion à l'étude. Il leur était aussi demandé si leur entraînement comportait des temps liés au gainage et à la proprioception, les deux thèmes évalués dans cette étude. De plus, leur pied et leur bras dominants étaient renseignés sur cette fiche d'informations ce qui m'a permis de réaliser une randomisation pour le pied de départ au mSEBT (*Annexe 1*).

En plus de cette feuille d'information, un formulaire de consentement éclairé à l'étude a été distribué. Ce formulaire permet de poser le contexte de l'étude afin que les sujets y participant soient en connaissance des informations importantes à savoir (*Annexe 2*).

Pour compléter le tout, une autorisation parentale de participation à l'étude était distribuée car les joueurs du pôle sont tous mineurs. Les parents des joueurs sont donc informés de la participation de leur fils à cette recherche (*Annexe 3*).

3.1.2.Critères d'inclusion et d'exclusion

Les joueurs ont été sélectionnés selon des critères précis afin que les résultats obtenus soient les plus fiables et comparables possibles. Il est important de fixer ces critères afin d'avoir une population reproductible pour d'autres études similaires.

Le critère d'inclusion principal était d'être un joueur de handball de sexe masculin. De plus, comme dit précédemment, les joueurs sont issus du même pôle et suivent les mêmes entraînements ce qui est un critère supplémentaire de comparaison. En effet, sachant que les joueurs suivent le même programme d'entraînement, les tests effectués décèleront les faiblesses personnelles de chaque joueur. Ainsi, l'entraîneur et le préparateur physique pourront accentuer sur ce point lors des entraînements. Cela permettra au joueur d'avoir une personnalisation de sa préparation, donc un risque de blessures moindre qu'une préparation globale sans exercice spécifique à ses déficits.

Les critères d'exclusion sont plus nombreux. Ils permettent d'éviter toute pathologie qui pourraient influencer les tests et interférer d'une manière ou d'une autre avec les résultats.

Premièrement, l'entorse de cheville ou de genou récente, c'est-à-dire de moins de 3 mois, car nous savons que ces pathologies surviennent à cause d'un retard d'activation des mécanismes de protection et de stabilisation de l'articulation au moment du traumatisme. Ceci est directement lié à la proprioception qui correspond, rappelons-le, à la perception consciente ou inconsciente de la position des articulations et membres de notre corps. C'est ce système qui est défaillant lors des entorses, d'où la nécessité d'intégrer de la proprioception dans le programme de rééducation de ces pathologies. De plus, lors des entorses, les ligaments sont distendus voire arrachés et mettent 6 semaines à cicatriser. On ajoute à ce délai de 6 semaines le temps de rééducation d'environ 6 semaines selon la gravité de l'entorse, ce qui nous fait un total de 12 semaines, soit 3 mois.

Les pathologies de hanche telles que les fractures de bassin ou de la tête fémorale, les luxations récentes sont aussi des critères d'exclusion. Mais aussi, le conflit fémoro-acétabulaire (contact précoce du col du fémur avec l'acétabulum de l'os coxal) ou l'ostéonécrose de hanche touchant majoritairement la tête fémorale. Lors de l'appui unipodal, la tête fémorale est en impaction dans l'acétabulum et supporte la totalité du poids du corps. Une pathologie au niveau de cette articulation impacterait de manière importante les résultats.

Les tendinopathies et lésions musculaires des membres inférieurs de moins de 3 mois constituent des pathologies d'exclusion à cette étude. De même que pour les entorses, ce délai comprend le temps de cicatrisation de la ou des structures concernées (tendons, aponévrose ou fibres musculaires) ainsi que le temps de la rééducation. Ce délai correspond au retour aux capacités antérieures à la blessure. Une

atteinte de ces structures entraîne une altération de leurs rôles et capacités physiologiques, donc aurait une influence sur les mesures réalisées.

Les pathologies de l'épaule comme les tendinopathies ou lésions musculaires de la coiffe des rotateurs ou encore le biceps brachial par exemple. On peut aussi retrouver les luxations traumatiques ou récidivantes, les fractures de la clavicule récentes ou encore les conflits sous-acromiaux (frottement mécanique anormal et douloureux entre la tête humérale et l'acromion). Il ne faut pas oublier que ces pathologies peuvent provoquer des douleurs réelles ou potentielles qui peuvent aussi être un frein au bon déroulement du test de gainage qui sera expliqué plus en détails par la suite. En effet, lors de ce test, le sujet est en appui sur son avant-bras et son humérus vient s'impacter au niveau de la glène de la scapula (surface articulaire entre l'humérus et la scapula). L'épaule travaille donc en statique et nécessite d'être bien fixée par les structures adjacentes que sont les nombreux tendons et ligaments ainsi que la capsule articulaire. Une atteinte de ces structures empêcherait le bon déroulement du test.

Les rachialgies ou pathologies discales récentes pourraient influencer la statique du sujet. Ces pathologies entraînent des douleurs qui ne sont pas compatibles avec les tests de cette étude. Ces dernières influenceraient les résultats des deux tests d'où leur exclusion.

Pour finir, les pathologies d'oreille interne car le système vestibulaire joue un rôle important dans le maintien de l'équilibre, habilité nécessaire pour pouvoir effectuer le mSEBT dans de bonnes conditions. Toute pathologie de l'oreille interne influenceraient négativement les performances de ce test.

Ce sont donc ces critères qui ont permis de sélectionner les joueurs pouvant entrer dans le cadre de cette étude parmi l'ensemble des joueurs du pôle.

3.2. Méthode

3.2.1. Le SEBT modifié (mSEBT)

Le Star Excursion Balance Test modifié (mSEBT) est le premier test de cette étude que nous allons décrire. Pour rappel, le SEBT est un test fonctionnel non instrumental permettant de quantifier le contrôle postural dynamique et la proprioception globale du membre inférieur testé. Il se présente sous la forme d'un Y inversé avec trois directions : antérieure (ANT), postéro-latérale (PL) et postéro-médiale (PM) (*Figure 1*). Ce Y inversé est matérialisé au sol par des bandes d'un mètre de long, graduées en millimètres, collées au sol. Pour les directions postéro-latérale et postéro-médiale, un enchaînement de deux bandes est nécessaire pour assurer les mesures au-delà de 100 centimètres.

Nous allons maintenant présenter la position de départ. Ce test s'effectue en appui unipodal, c'est-à-dire en appui sur un seul membre inférieur, l'autre membre étant libre. C'est le membre inférieur en appui qui est testé et dont les performances proprioceptives sont quantifiées. Le sujet, pieds nus ou en chaussettes, place l'extrémité de son gros orteil sur le 0 correspondant à l'intersection des trois branches. Cette position du pied restera identique tout au long du test. Les mains sont situées sur les hanches afin que les membres supérieurs ne participent pas au phénomène d'équilibration et donc d'isoler les capacités proprioceptives du membre inférieur testé. Le sujet ne peut pas regarder son pied libre pour les directions PL et PM. Il est demandé aux sujets de garder le tronc le plus droit possible.

Le but du test est d'atteindre la plus grande distance possible avec le membre libre dans chacune des trois directions. La distance est mesurée entre le 0 et la pointe du pied libre qui touche légèrement le sol. Chaque distance est mesurée trois fois. (*Figure 7, Figure 9, Figure 8*)

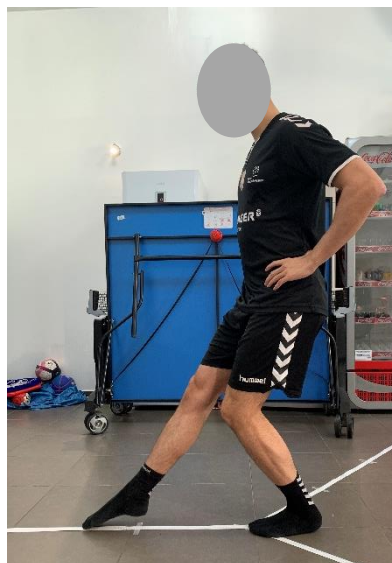


Figure 7 : Direction Ant mSEBT



Figure 8 : Direction PL mSEBT



Figure 9 : Direction PM mSEBT

Un essai est considéré comme valide lorsque le sujet va chercher le maximum de distance et revient à la position initiale sans perdre l'équilibre. De plus, on ne doit pas retrouver les critères d'échec suivants :

- Le sujet touche le sol avec son pied libre pour retrouver son équilibre.
- Le sujet chute.
- Le sujet prend appui sur son pied libre au moment d'atteindre la distance maximale.
- Le gros orteil se déplace du point 0.
- Le talon du pied d'appui décolle du sol.
- Les mains s'écartent des hanches.

Lorsque le sujet présente un de ces critères d'échec lors d'un essai, il se remet en position de départ et recommence l'essai pour avoir trois essais validés par distance. Si un sujet éprouve des difficultés à réaliser ce test, il sera important de le noter à côté des prises de mesures.

Les distances mesurées seront exprimées en pourcentage de la longueur du membre inférieur testé. Cette dernière se mesure en centimètres de l'Epine Iliaque Antéro-Supérieure (EIAS) à la malléole médiale sur un sujet en position allongée et détendue (Figure 10).



Figure 10 : Prise de longueur du membre inférieur

Cela nous permettra de calculer le score normalisé par direction. Ce score correspond à la moyenne des trois essais dans la direction, divisé par la longueur du membre inférieur testé.

$$\text{Score normalisé ANT (en \%)} = \frac{\text{moyennes des trois essais ANT (en cm)}}{\text{longueur du membre inférieur testé (en cm)}} \times 100$$

Un deuxième score nous donne la performance globale du membre inférieur en prenant en compte les trois directions du mSEBT. Il correspond à la somme des scores normalisés des trois directions (antérieure, postéro-latérale et postéro-médiale).

$$\text{Score composite (en \%)} = \frac{\text{ANT (en \%)} + \text{PL (en \%)} + \text{PM (en \%)}}{3}$$

Ce sont ces scores qui nous permettront d'évaluer le contrôle postural dynamique du sujet. Dans cette étude, chaque joueur effectuera ce test sur son membre inférieur dominant et non dominant. Le membre dominant correspondant au pied d'impulsion lors du tir au but, soit le membre inférieur opposé au bras de tir.

3.2.2. Le gainage latéral

Le deuxième test de cette étude consiste en une mesure du gainage latéral.

La position de départ du test correspond à celle qui doit être maintenue tout le long de la prise de mesure. Le sujet testé est placé en décubitus latéral face à un mur sur un tapis. Il aligne dans un premier temps ses pieds, son bassin ainsi que ses épaules sur le même axe. Il repose sur son avant-bras, le coude se situant à l'aplomb de l'épaule de soutien. Les doigts du membre supérieur portant pointent le mur situé en face du sujet. Les membres inférieurs sont tendus, le tronc ainsi que la tête sont dans le prolongement de ces derniers.

La main libre, c'est-à-dire la main supérieure, repose sur la face externe de la cuisse de manière à ce que le membre supérieur soit tendu le long du tronc. Le membre inférieur libre repose sur le membre opposé qui sert de maintien de la position, les pieds se superposant. Ainsi, si le sujet écarte ses membres inférieur et supérieur libres, il tient la position. Dans cette étude, les membres reposeront pour ne pas compliquer le test.

Une fois le sujet bien installé, il lève le bassin vers le haut afin d'effectuer le test. Les deux ceintures, pelvienne et scapulaire, doivent être alignées dans le plan frontal. Il ne doit pas y avoir de rotation de ces ceintures, ni de translation antérieure ou postérieure afin d'avoir un alignement dans le plan sagittal (Figure 11).



Figure 11 : Position de gainage latéral

Une projection laser partant de derrière le sujet et se projetant sur le mur permettra d'évaluer l'alignement dans le plan frontal de la ceinture pelvienne par rapport à la ceinture scapulaire. Ce niveau sera placé de manière individuelle pour chaque joueur lors de l'essai d'entraînement. La projection se situant juste en dessous du bassin.

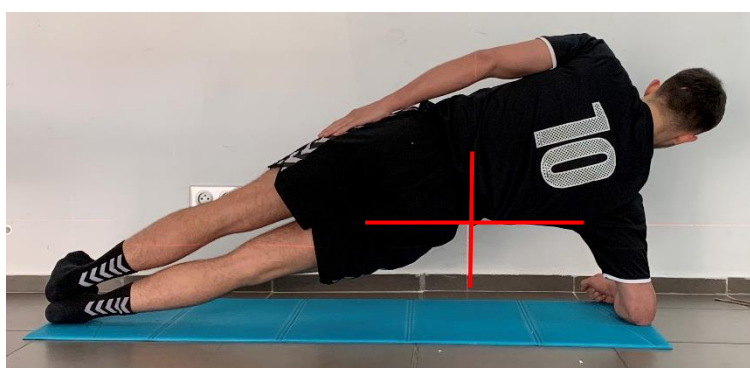


Figure 12 : Repère laser

La prise de mesure correspond à un chronométrage du temps de maintien maximal dans la position décrite ci-dessus. Le chronométrage s'arrête lorsque le sujet échoue pour l'un des critères suivants :

- Le bassin passe sous le niveau laser.
- L'alignement des ceintures dans le plan frontal est cassé par une élévation bien au-dessus du niveau laser.
- Une rotation d'une ou des deux ceintures, scapulaire ou pelvienne.
- Une perte de l'alignement des ceintures par translation antérieure ou postérieure du bassin.
- Le pied libre vient prendre appui sur le tapis.
- Le membre supérieur libre s'écarte du tronc pour prendre appui au sol ou non.
- L'avant-bras situé contre le tapis change de position.

La mesure est exprimée en secondes. Aucun encouragement n'a été donné lors du test afin de ne pas influencer la mesure et introduire une éventuelle concurrence ou compétition entre les joueurs. De même que pour le premier test, le sujet effectuera cette mesure de chaque côté avec un recalibrage du niveau laser si nécessaire.

3.2.3. Protocole

Le protocole de cette étude commence par la sélection des joueurs répondant aux critères d'inclusion et d'exclusion expliqués ci-dessus. Cette sélection a été effectuée grâce aux fiches d'informations remplies par les joueurs, ainsi qu'avec les informations de leur entraîneur. Au sein des handballeurs choisis, 15 joueurs rentraient dans ces critères et ont ainsi été sélectionnés.

Les prises de mesures entrant dans ce protocole se passent en quatre temps.

Premièrement, une démonstration commune des deux tests que les joueurs devront reproduire. J'ai effectué cette démonstration face aux joueurs afin de leur présenter l'objectif de chacun des tests, ainsi que les critères de validation et d'échec. Les participants ont donc reçu les mêmes informations pour ne pas influencer les mesures. Pour m'assurer de la bonne compréhension, les consignes étaient répétées individuellement à chaque joueur lorsqu'il effectuait l'entraînement du test. C'est à ce moment que les participants ont pu poser leurs questions en rapport avec le test.

La suite du protocole correspond à une prise de mesure individuelle, un joueur à la fois par test. Chaque participant effectuait les tests des deux côtés, dominant et non dominant, avec une randomisation du premier côté testé.

Le premier test correspond au mSEBT. Il se déroulait en trois temps successifs :

- L'échauffement, période comportant 4 essais par direction et par côté afin de se familiariser avec le test. Cela permettait d'introduire le rythme alternatif du test. Ainsi, si le premier membre inférieur testé était le gauche, le rythme était le suivant : ANT gauche – ANT droit – PL gauche – PL droit – PM gauche – PM droit. Ce rythme permet de diminuer l'incidence de la fatigue sur les mesures.
- La récupération, période de 2 minutes imposée avant de commencer la prise de mesure afin de permettre une récupération musculaire et de diminuer l'effet de la fatigue. Lors de cette récupération, le sujet testé était incité à marcher calmement dans la salle, ce que chaque participant a fait.
- Le test en lui-même avec 3 essais par direction et par côté suivant le même rythme que celui de l'échauffement. Si un essai présentait un des critères d'échec, l'essai était annulé et le joueur recommençait ce dernier. Il nous faut 3 essais validés pour chaque direction et chaque membre inférieur pour pouvoir calculer les scores et traiter les données.

Suite à ce premier test, le sujet avait une période de repos de 5 minutes avant d'enchaîner avec le second test. Ce temps me permettait de prendre la mesure de la longueur du membre inférieur (LMI) nécessaire au calcul des scores du mSEBT. Cette mesure s'effectue sur un sujet détendu, allongé sur une table, bras le long du corps. Pour rappel, cette longueur se mesure de l'Épine Iliaque Antéro-Supérieure (EIAS) jusqu'à la pointe distale de la malléole médiale. Les deux membres inférieurs étaient mesurés car il existe une différence de longueur minime entre les membres inférieurs droit et gauche.

Pour finir, la mesure du gainage latéral qui suivait un rythme similaire au mSEBT.

- L'échauffement du premier côté testé. Ce côté correspondait au pied de départ du mSEBT. Ainsi, si le sujet commençait le premier test avec son pied gauche, la mesure de gainage latéral débutait à gauche aussi c'est-à-dire en appui sur l'avant-bras gauche. Cet échauffement permettait de régler le niveau laser placé derrière le sujet (*Figure 12*). Ce laser se situait juste sous le bassin comme expliqué auparavant. Sachant que chacun des participants ne faisait pas la même taille, le laser était calibré individuellement à chaque prise de mesure. Une fois le laser bien placé, le sujet reposait son bassin au sol. C'est aussi lors de cet échauffement que le sujet était placé correctement avec l'alignement des ceintures pour qu'il puisse prendre conscience de la position souhaitée.
- Un repos d'une minute était imposé après l'échauffement pour permettre une récupération avant la prise de mesure et donc diminuer l'effet de la fatigue musculaire sur la mesure.
- Le chronométrage du temps de maintien maximal en gainage latéral s'arrête à l'apparition d'un des critères d'échec expliqués précédemment. Le sujet avait un visuel sur le niveau laser se projetant au mur face à lui. Les autres critères d'échec étaient soumis à l'analyse de l'expérimentateur.
- Le sujet reproduisait ensuite les trois temps ci-dessus mais du côté opposé avec un recalibrage du niveau laser si nécessaire.

Chaque donnée était reportée à l'écrit avant d'être informatisée à la fin de l'ensemble des prises de mesures et permettre le traitement statistique de ces données.

3.2.4. *Traitement(s) statistique(s)*

Le traitement statistique des données a été réalisé par le calcul de régression par intervalle de confiance ainsi que le calcul du coefficient de corrélation.

X représente le temps de maintien en gainage latéral et Y le score composite au mSEBT, de manière à ce que X ait des effets sur Y.

Pour le calcul de régression, il a été choisi une intervalle de confiance à 95% soit $p = 0,05$ avec un degré de liberté à $n - 2$ au student test, où n représente la taille de l'échantillon évalué. Les hypothèses étant :

- H_0 : il n'y a pas de lien entre X et Y : β est compris dans un intervalle comprenant 0
- H_1 : il existe un lien entre X et Y : β est compris dans un intervalle ne comprenant pas 0

Pour le coefficient de corrélation r , il nous permet d'évaluer l'étroitesse de la relation entre X et Y. Plus r est proche de 1 ou -1, plus la relation est étroite. On aura aussi le calcul de r^2 qui représente la part de la variance de Y expliqué par X. C'est-à-dire, à quel pourcentage le gainage joue un rôle dans la proprioception du membre inférieur.

4. RESULTATS

Les résultats de cette étude nous amènent à réfuter nos hypothèses. En effet, le traitement statistique ne nous permet pas d'avérer un réel lien entre le gainage et la proprioception.

De manière globale, nous avons corrélé le score au mSEBT d'un joueur à son temps de maintien en gainage latéral du même côté. Ainsi, le score mSEBT du membre inférieur droit était corrélé avec le temps de gainage droit pour conserver la logique de chaîne latérale du corps, et donc ne pas croiser les données.

Nous avons dans un premier temps effectué notre traitement statistique sur l'ensemble des données récoltées, c'est-à-dire côté dominant et non-dominant, ce qui nous amène à un ensemble de 30 valeurs.

Les résultats de corrélation nous amène à un coefficient $r = 0,123$, coefficient mis au carré pour trouver l'étroitesse de la relation entre X et Y, ce qui nous donne un résultat de 1,5 % (R^2), qui veut dire que 1,5 % de la proprioception est expliquée par le gainage. Cette proportion est faible mais non négligeable quand on sait l'importance des différents systèmes de régulation de l'équilibre dans le corps humain (mécanorécepteurs, système vestibulaire...). On remarque sur le graphique de la *Figure 13* que les points sont regroupés autour de la droite d'équation y sans être tous alignés, ce qui veut dire que la proprioception n'est pas uniquement expliquée par le gainage. Le calcul de régression nous donne un intervalle comprenant 0, ce qui nous amène à dire qu'il n'y a pas de lien entre les deux valeurs (H_0).

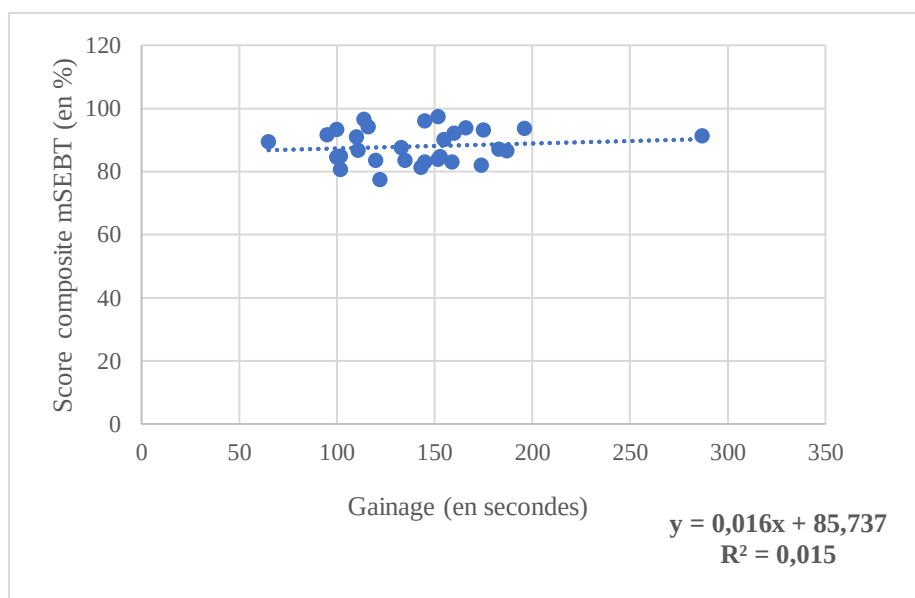


Figure 13 : Scores composites au mSEBT en fonction du gainage.
 $n = 30$: ND & D

Nous avons ensuite comparé les données côté dominant (D) et non-dominant (ND) où, rappelons-le, le côté dominant correspond au pied d'impulsion lors du tir au but. Pour le côté dominant on remarque une grande dispersion des données qui met en avant de grandes différences entre les joueurs testés pour leur côté fort (*Figure 15*). Cela peut s'expliquer par leur différence de poste sur le terrain mais aussi par une différence au niveau musculaire (force, endurance...), paramètre non évalué dans cette étude. Cette dispersion est beaucoup moins présente pour le côté non-dominant (*Figure 14*). Cependant, leur régression (R^2) reste proche entre elle et avec la régression de l'ensemble de l'échantillon, avec respectivement 1,2 % et 1,3 % pour les côtés D et ND.

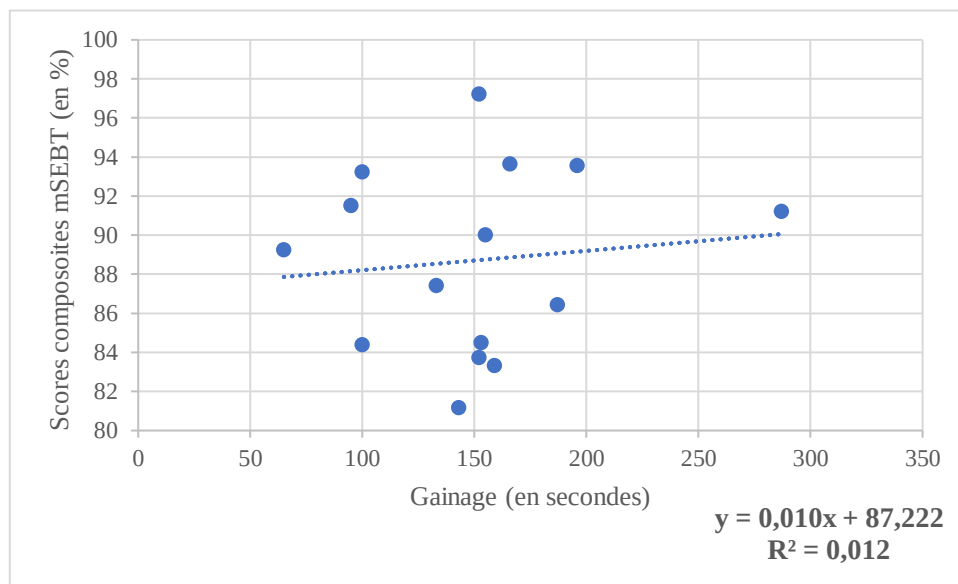


Figure 15 : Scores composites mSEBT en fonction du gainage.
n = 15 : Dominant

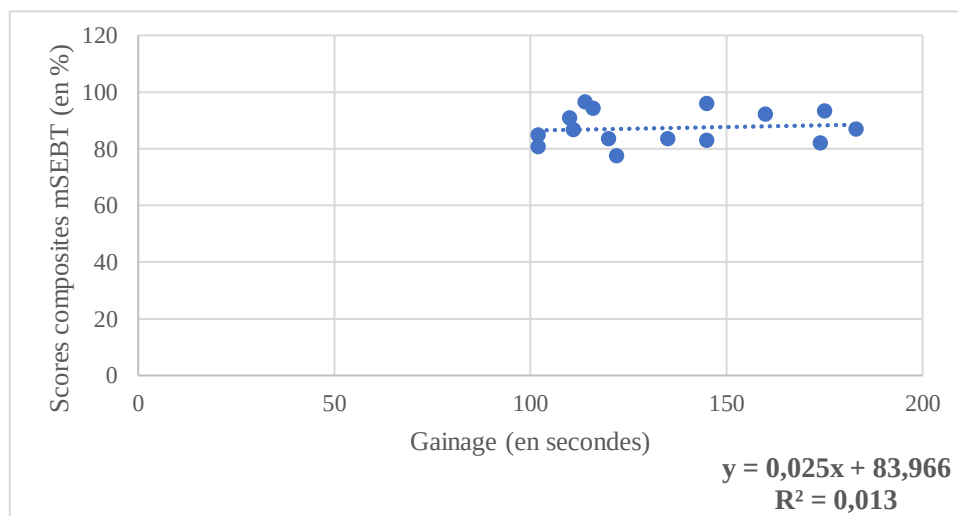


Figure 14 : Scores composites mSEBT en fonction du gainage.
n = 15 : Non dominant.

Nous avons aussi cherché à savoir si cette corrélation entre les deux mesures était plus élevée pour une direction en particulier. Les résultats nous montrent une plus grande corrélation entre les valeurs comparées pour la direction PM avec une régression de 7,5 % , les autres directions (ANT et PL) possédant des régressions proches et faibles : 0,3 % et 0,5 % respectivement. Cependant, c'est pour la direction ANT que les valeurs sont les plus linéaires nous amenant à dire qu'il existe une certaine homogénéité entre les joueurs et entre les deux membres de chaque individu pour cette direction.

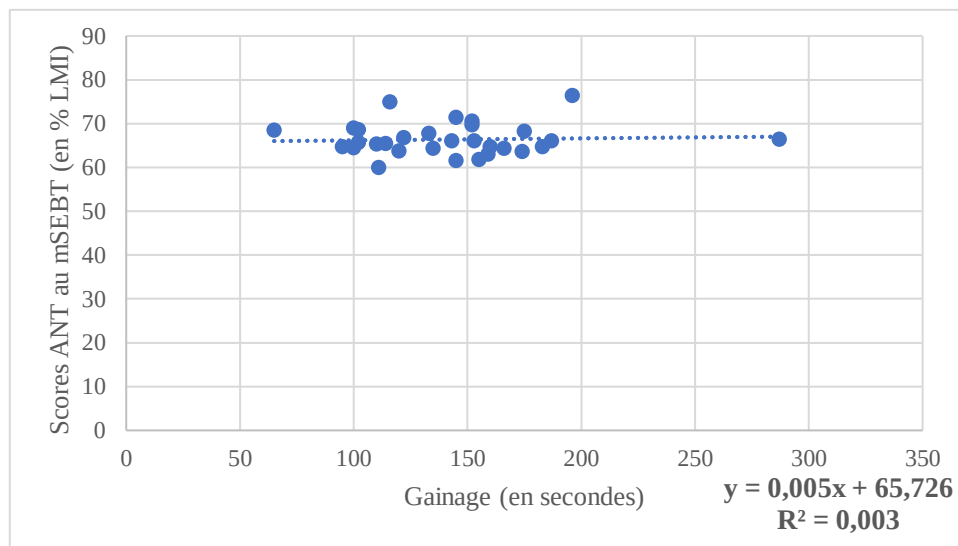


Figure 17 : Scores mSEBT en fonction du gainage.
Direction ANT : n = 30.

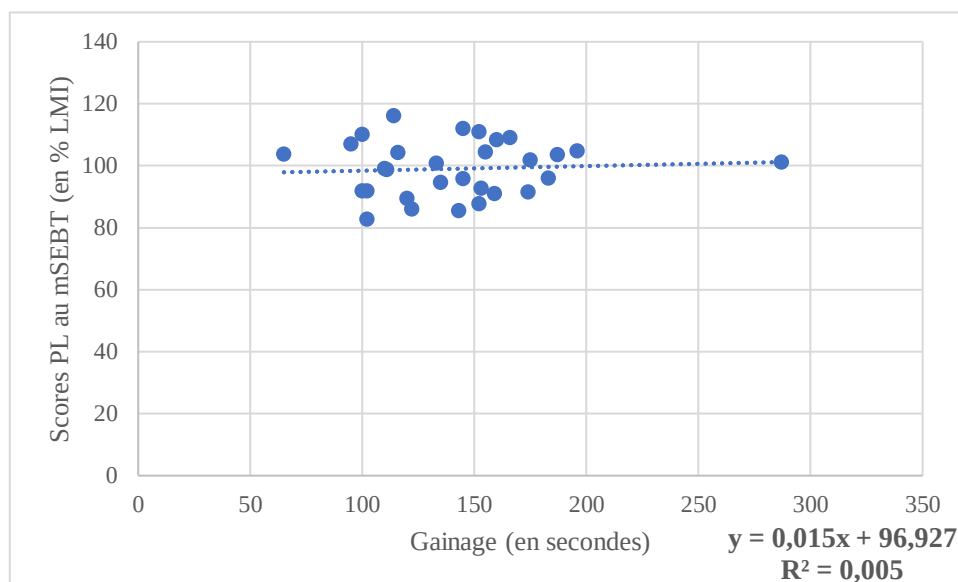


Figure 16 : Scores mSEBT en fonction du gainage.
Direction PL : n = 30.

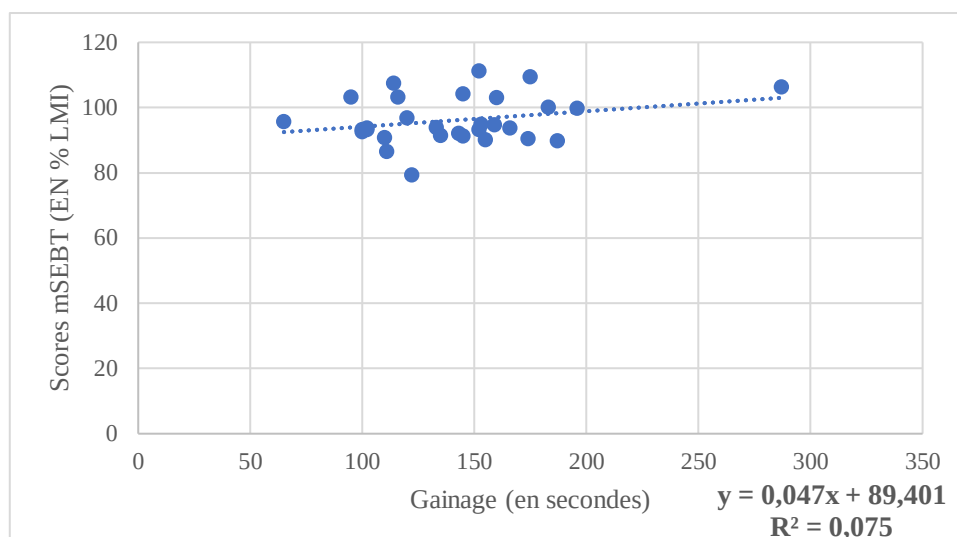


Figure 18 : Scores mSEBT en fonction du gainage.
Direction PM : n = 30.

C'est cette direction antérieure qui permet de savoir si un individu possède un risque de blessures plus élevé. En effet, les joueurs possédant une différence droite / gauche supérieure à 4 centimètres, ont 2,5 fois plus de risque de se blesser que les autres (5). Dans cette étude, sur les 15 sujets testés, 3 joueurs sont à risque auxquels on peut ajouter 2 joueurs possédant une différence de 4 centimètres exactement. Un seul joueur présente une différence nulle, le reste de la population se situant entre -0,33 et -1,67cm (*Tableau II*). Cela signifie donc qu'un tiers de notre population d'étude est à risque de blessures traumatologiques du membre inférieur pendant la saison.

Tableau II : Différence D/G pour la direction ANT

Joueur	Différence D/G (en cm)
1	-4
2	-4,33
3	-1,67
4	-1
5	-4
6	-0,67
7	-1
8	-1
9	-0,67
10	-1,33
11	-9,00
12	-0,33
13	-1,33
14	0,00
15	-9,33

Nous allons maintenant décrire les résultats du mSEBT en détaillant les scores composites calculés. Ce score nous permet de connaître le niveau de proprioception de chaque joueur en fonction des critères suivants :

- Un score supérieur à 94 % est considéré comme satisfaisant.
- Un score compris entre 90 et 94 % est considéré comme moyen.
- Un score inférieur à 90% est considéré comme faible et « à risque » de blessures.

D'après Plisky et al. (5), le risque de se blesser au membre inférieur est trois fois plus élevé chez les hommes présentant un score composite inférieur à 94%.

Pour leur côté dominant, 7 joueurs présentent un score inférieur à 90% et sont donc à risque, ce qui est important à prendre en compte par l'entraîneur, le préparateur physique et le kinésithérapeute notamment. 8 joueurs ont un score supérieur à 90% et un seul d'entre eux est au-dessus de 94%, ce qui reste peu pour une population issue de pôle ou centre de formation avec un nombre d'heures d'entraînements moyen de 11,7 par semaine.

Pour le côté non dominant, on retrouve : 9 scores sous les 90%, 3 scores entre 90 et 94% et 3 scores au-dessus des 94%. Même si plus de joueurs sont considérés comme à risque pour leur membre inférieur ND, c'est aussi pour ce côté que nous retrouvons la plus grande proportion de joueurs avec une proprioception satisfaisante.

Cela nous fait dire qu'il existe une faible différence intra-individuelle entre le membre dominant et le membre non dominant qui s'explique par le fait que le handball soit un sport multidirectionnel et de contact. Ainsi, les joueurs doivent être réactifs et forts sur leurs deux membres inférieurs pour prévenir tout changement de direction ou contact venant d'un adversaire. L'étude de Picot et al. (22) sur des joueuses de handball n'a d'ailleurs pas trouvé de différence significative entre les scores des deux membres inférieurs. Ils conseillent même d'être vigilant lorsque le déséquilibre est trop important.

On remarque que les scores supérieurs à 94% sont présents chez 4 joueurs différents et associés à un score moyen pour le membre opposé. 2 joueurs présentent des scores moyens pour chaque membre, ce qui nous amène à considérer que ces 6 joueurs possèdent globalement une bonne proprioception et donc diminuent leur risque de blessures. Cependant, on remarque aussi que plus de la moitié des joueurs ont des scores inférieurs à 90% de chaque côté et sont donc à haut risque de blessures (*Tableau III*).

Tableau III : Scores composites du mSEBT

Joueur	Pied dominant	Score composite MI Droit (en %)	Score composite MI Gauche (en %)
1	G	83,39	87,41
2	G	82,81	86,43
3	G	81,79	84,49
4	G	84,66	84,38
5	G	80,50	83,73
6	G	94,09	93,55
7	G	86,83	91,20
9	G	93,07	97,22
10	G	77,30	81,16
12	G	96,30	93,22
13	G	91,97	93,63
15	G	95,81	90,00
8	D	82,83	83,31
11	D	89,23	86,51
14	D	91,52	90,74

Si on associe les deux facteurs de risque de blessures précédemment cités, 3 sur 4 joueurs présentant une différence D/G supérieure à 4 centimètres pour la direction ANT présentent également des scores inférieurs à 90% pour leurs deux membres inférieurs. Cela rend ces joueurs d'autant plus vulnérables face au risque de blessures du membre inférieur. Il serait préférable pour le joueur de suivre un programme complet de proprioception et de renforcement musculaire des membres inférieurs afin de diminuer ce risque de blessures. Cet entraînement peut se faire en reprenant le mSEBT en tant qu'outil de rééducation avec un choix stratégique des directions à effectuer. Nous développerons ce programme dans la partie discussion.

Nous allons finir cette analyse des résultats par le gainage. Nous avons pris comme référence les normes du test de Shirado-Ito, test d'endurance statique des abdominaux. La valeur moyenne de maintien étant de 155 secondes (25), nous nous baserons sur cette même valeur pour évaluer les temps de maintien en pont latéral de nos sujets. Ainsi, 10 valeurs, présentes chez 7 joueurs différents, sont au-dessus de cette norme (*Tableau IV*). Cela veut donc dire que seuls 2 joueurs possèdent un bon gainage symétriquement.

Tableau IV : Temps de gainage en pont latéral

Joueur	Pied dominant	Gainage droit	Gainage gauche
1	G	135	133
2	G	145	187
3	G	174	153
4	G	102	100
5	G	102	152
6	G	116	196
7	G	183	287
8	D	159	120
9	G	175	152
10	G	122	143
11	D	65	111
12	G	114	100
13	G	160	166
14	D	95	110
15	G	145	155

Ces différents scores nous permettent d'avoir un aperçu global du niveau de proprioception et de gainage de la population choisie. Ainsi, l'analyse des valeurs nous amène à dire que globalement cette population présente un déficit dans ces deux domaines et donc un risque de blessures plus important que pour des joueurs avec un bon niveau de proprioception et de gainage.

5. DISCUSSION

Dans cette partie nous allons chercher à expliquer et à comprendre pourquoi les hypothèses ont été réfutées par les résultats.

Premièrement, nous allons comparer les deux tests afin d'y trouver des différences pouvant expliquer cette non corrélation entre le gainage et la proprioception.

Le test de gainage nécessite un travail statique des abdominaux et du carré des lombes, là où le mSEBT est un travail dynamique. Ce ne sont donc pas le même type de fibres musculaires qui sont recrutées lors de l'effort. En effet, lors d'un travail statique ce sont les fibres de type I (fibres rouges) qui sont majoritairement recrutées car elles ont une contraction lente et sont résistantes à la fatigue. Ce sont ces fibres qui permettent les activités en endurance musculaire comme le demande le test de gainage avec un temps de maintien maximal rappelons-le. A l'inverse, lors d'un travail dynamique ce sont plutôt les fibres de type II (fibres blanches) qui vont permettre d'effectuer des gestes précis comme le demande le mSEBT car elles ont une contraction rapide. L'activité des fibres de type II est complémentaire de celle des fibres de type I, car ces premières ne possèdent pas une grande résistance à la fatigue.

On retrouve aussi une différence dans la réalisation du test dans l'espace. Le mSEBT demande de réaliser des mouvements dans trois directions différentes, ce qui implique donc que les mouvements s'effectuent dans plusieurs plans. Par exemple pour la direction PL, on retrouve une flexion du tronc ainsi qu'une extension de hanche dans le plan sagittal, une abduction de hanche dans le plan frontal et une rotation externe globale du membre inférieur dans le plan horizontal. Il n'y a donc pas un plan privilégié par rapport à un autre. Le test de gainage demande lui un maintien de position dans le plan frontal principalement. En effet, une chute du bassin vers le sol est le critère majeur d'arrêt du test car il est signe d'une fatigue musculaire. Le plan sagittal est aussi concerné de par les rotations des ceintures mais dans une moindre mesure.

Une autre différence concerne la position du genou. Le test de gainage s'effectue avec les genoux tendus, les membres inférieurs devant être en rectitude et dans le prolongement du tronc. A l'inverse, le mSEBT s'effectue avec le genou fléchi pour le membre en appui. C'est d'ailleurs le contrôle de cette flexion de genou qui va permettre au sujet d'atteindre des distances plus ou moins grandes selon ses capacités. Ainsi, l'activité musculaire autour du genou n'est pas la même. Pour la position de gainage, le quadriceps contrôle l'extension de genou qui doit être stricte, par une contraction isométrique, tout comme les ischio-jambiers et le grand fessier pour maintenir les membres inférieurs dans le prolongement du tronc, bassin en rétroversion. Le TFL s'associe au moyen fessier pour maintenir le bassin dans la position de départ et éviter sa chute vers le sol (adduction de la hanche côté sol). Pour le mSEBT, on retrouve une activité agoniste / antagoniste des muscles quadriceps / ischio-jambiers pour le contrôle du mouvement associant une flexion de genou et de hanche pour le membre en appui unipodal. Le TFL joue son rôle de

hauban latéral passif de ces deux articulations permettant une économie musculaire du moyen fessier notamment dans le maintien de l'horizontalité du bassin. Un contrôle des rotations du genou est aussi nécessaire pour avoir une bonne stabilité lors de cet appui unipodal. La rotation interne est contrôlée par les demi-membraneux et demi-tendineux (ischio-jambiers) ainsi que le sartorius et le poplité. Ces deux derniers muscles présentent d'ailleurs une plus grande proportion de fibres proprioceptives que de fibres motrices, ce qui fait d'eux d'excellents éléments proprioceptifs. La rotation externe est uniquement gérée par le biceps fémoral, dernier chef des ischio-jambiers.

Dans la même logique, les muscles de la loge latérale de la jambe (long et court fibulaire) ont un rôle actif de stabilisation de la cheville dans le mSEBT. Les fléchisseurs commun et court des orteils participent au grasp des orteils visible à l'œil nu lorsqu'un sujet est en recherche d'équilibre sur son pied, ce grasping étant un élément important de la stabilisation en unipodal. Il ne faut pas oublier le tibia postérieur qui évite l'effondrement de la voûte plantaire. L'ensemble de ces muscles joue un rôle important dans la proprioception de la cheville, au même titre que les muscles intrinsèques du pied qui ont un rôle majoritairement proprioceptif. L'action des fibulaires est statique dans le test de gainage afin d'éviter une pronation du pied.

Comme déjà abordé ci-dessus, on retrouve aussi une différence d'appel à la coordination entre les deux tests. Un test, celui du gainage, correspond à un maintien de position statique donc une contraction isométrique des muscles nécessaires à ce maintien (abdominaux, carré des lombes, fessiers, quadriceps, ischio-jambiers, fibulaires). La coordination musculaire agoniste / antagoniste est donc présente au début pour l'installation dans la position demandée avant de s'estomper pour le maintien de cette position. Le mSEBT étant un test dynamique avec mouvement des membres inférieurs, ce test fait donc plus appel à cette coordination musculaire. Ainsi, pour le membre inférieur en appui unipodal, une importante coordination entre le quadriceps et les ischio-jambiers est nécessaire pour avoir un mouvement harmonieux en flexion ou extension de hanche et de genou. Ce geste harmonieux et fluide permet au sujet réalisant le test de contrôler les flexions sur la descente (moment où le sujet recherche la plus grande distance possible avec son membre inférieur libre) et de pouvoir revenir à la position initiale sans être déséquilibré (contrôle des mouvements d'extension). C'est cette coordination qui éloigne le sujet des critères d'échec d'un essai comme la perte d'équilibre par exemple.

Un dernier élément de comparaison concerne les membres supérieurs. D'un côté, ces derniers sont neutralisés en fixant les mains sur les hanches pour éviter qu'ils ne participent au phénomène d'équilibration (mSEBT), d'un autre, il s'agit d'un élément porteur et de soutien. En effet, pour le test de gainage, le sujet est en appui sur son membre supérieur avec l'avant-bras posé au sol et le bras positionné dans l'alignement de la ceinture scapulaire pour limiter les contraintes au niveau de l'articulation scapulo-humérale (épaule). C'est d'ailleurs pour cela qu'un des critères d'exclusion à l'étude était la présence de pathologies de l'épaule dans les 3 mois précédents les tests.

Après évaluation des différences entre les tests, se pose la question du choix du test de gainage. On aurait pu le tester en chaîne cinétique ouverte en adaptant le test de Sorensen en latéral par exemple, mais cela aurait amené d'autres biais à cette étude. Une chaîne cinétique ouverte se confronterait à la chaîne cinétique fermée du mEBT. Il serait nécessaire de faire intervenir une personne pour tenir les pieds du sujet, cette force serait-elle toujours identique ? On aurait aussi pu le tester en dynamique en ajoutant des mouvements de bassin dans le plan frontal (abduction-adduction) et ainsi calculer l'endurance musculaire avec le nombre de répétitions effectuées. Dans cette situation, il aurait fallu trouver les critères de validité d'un mouvement et les critères d'arrêt du test. On se demande aussi si le plan sagittal avec la rotation des ceintures aurait été autant respecté que dans la position statique.

Pour être plus spécifique, nous allons maintenant nous focaliser sur le test de proprioception. La mise en place de ce test n'a pas été facile car il nécessite plusieurs évaluateurs pour contrôler les différents paramètres. Concernant mon rôle, je présentais le test devant l'ensemble des joueurs avec des consignes claires et précises dans un premier temps. Cela permet d'installer une certaine équité entre les sujets, tous ayant reçus les mêmes consignes sur les critères de réussite et d'échec du test. Lors de la prise de mesure sur le mSEBT il m'était impossible de contrôler l'ensemble des paramètres expliqués plus haut dans ce mémoire (3.2.1). J'ai donc choisi de me concentrer sur la prise des valeurs en centimètres de chaque essai, valeurs prépondérantes pour cette étude. J'orientais aussi les joueurs quant à l'ordre de la prise de mesure (ANT gauche – ANT droite – PL gauche ... par exemple) afin qu'il n'y ai pas de confusion et de biais de la part des sujets testés. Par manque d'évaluateur pouvant m'accompagner, j'ai donc dû demander à un des joueurs présents de surveiller et de m'informer immédiatement si le joueur testé ne décollait pas le talon du sol ou encore enlevait les mains des hanches, critères d'échec d'un essai. C'est ainsi que je validais ou non l'essai réalisé. Il serait donc préférable d'effectuer ce test avec minimum deux examinateurs connaissant le test afin d'évaluer l'ensemble des paramètres.

Dans ces conditions, les compensations du tronc ont donc été peu contrôlées. Malgré la consigne de départ de garder le tronc le plus droit possible, dans les directions PM et PL les compensations du tronc, en flexion notamment, ont été peu régulées ce qui diminue l'activité musculaire des abdominaux, élément de comparaison de cette étude. Cela pourrait être une des explications de la non corrélation entre le gainage et la proprioception trouvée dans cette étude. En effet, la flexion du tronc isole la proprioception du membre inférieur en diminuant l'activité des abdominaux. Or, ce que nous cherchions à savoir dans cette étude, était la place du gainage dans la proprioception. J'ai tout de même pris en note les joueurs ayant respecté le mieux cette consigne et ceux compensant le plus. Il y a alors un lien visible sur les résultats, les sujets qui ont suivi la consigne sont ceux qui possèdent le meilleur gainage parmi notre population, avec une petite différence droite / gauche. A l'opposé, les joueurs ayant un temps de gainage faible sont les joueurs qui ont le plus compensé lors de ce test. Ainsi, si ces compensations du tronc

avaient été contrôlées et régulées par un second examinateur, la corrélation entre le gainage et la proprioception aurait pu être supérieure à celle trouvée dans cette étude.

Nous allons d'ailleurs éclaircir les compensations du tronc possibles pour pouvoir mieux comprendre le rôle des muscles du caisson abdominal dans la proprioception et dans le mSEBT.

Dans la direction ANT, la mesure dépend beaucoup des amplitudes de flexion dorsale (cheville), de flexion de hanche et de genou, la flexion du tronc ne permettant pas forcément d'aller plus loin. Au contraire, une trop grande flexion amène le sujet à décoller le talon du sol, critère d'échec d'un essai. L'activité des abdominaux (grands droits, obliques internes et externes) est donc symétrique avec des grands droits qui se contractent peu par rapport à leur force maximale isométrique volontaire (13). Les obliques se contractent en symétrie pour empêcher les rotations du tronc car une activité prédominante d'un côté entraînerait une rotation.

Dans la direction PL, la flexion du tronc est plus ou moins importante selon les joueurs comme expliqué précédemment, ce qui nous donne une contraction des grands droits inversement proportionnelle à la flexion du tronc. On ajoute à cette flexion une inclinaison homolatérale au pied d'appui de manière à ce que le tronc soit dans l'alignement du membre inférieur libre. On retrouve une rotation du bassin sans rotation du tronc dans cette direction car le pied libre ne vient pas croiser l'axe médian. Ce mouvement qui nécessite un contrôle de la rotation du tronc est réalisé par l'action de l'oblique externe (OE) homolatéral et de l'oblique interne (OI) controlatéral. Ces derniers contrôlent aussi l'inclinaison du tronc en co-contraction avec le carré des lombes controlatéral.

Pour la direction PM, la flexion du tronc suit le même principe que les deux directions précédentes. L'inclinaison est controlatérale pour garder cet alignement avec le membre inférieur libre avec une contraction du carré des lombes homolatéral. On retrouve dans cette direction une légère rotation controlatérale au pied d'appui qui est contrôlée par l'OE controlatéral et l'OI homolatéral.

Il faut tout de même noter que pour les directions PL et PM, les deux OE ainsi que les deux OI travaillent, l'un ayant une contraction supérieure à l'autre.

On ajoute à ces 4 muscles précédemment cités, le transverse (couche profonde des abdominaux), les multifidus, le diaphragme et le plancher pelvien qui constituent les parois du caisson abdominal. Ce caisson dont il faut réguler les pressions intra-abdominales afin que ces dernières n'interfèrent pas dans l'action des abdominaux superficiels. L'ensemble de ces muscles travaillent en symbiose pour créer un mouvement harmonieux et le moins délétère possible pour le corps.

Pour l'ensemble des tests, et plus spécifiquement pour le mSEBT, il serait intéressant d'avoir des normes (cut-off scores) par âge et par sport pratiqué afin de connaître la valeur à partir de laquelle le sportif est à risque de blessures du membre inférieur selon certaines caractéristiques. Une norme pour le pont latéral impliquerait de rendre ce test universel et critère d'évaluation d'une compétence physique

ou d'une pathologie. Comme dit précédemment, une norme proche de celle du test de Shirado-Ito semble être une bonne valeur de base pour la comparaison des sujets.

Deuxièmement, nous allons parler de la population de cette étude.

Les joueurs de handball sélectionnés sont issus de centre de formation, moyen pour accéder au haut niveau chez les adultes. Ces jeunes joueurs ont donc un corps en évolution et qui se forme progressivement autour de la pratique du handball. De manière générale, les sportifs professionnels adultes présentent de légers déficits dans des domaines propres à leur pratique. On comprend alors que des joueurs en formation présentent eux aussi des déficits, et ce de manière plus importante, car ces derniers ont eu moins de temps pour travailler sur ces déficits. Cela pourrait être une explication des faibles scores en proprioception.

Dans notre sélection de 15 joueurs, on remarque clairement deux tendances. Les joueurs issus du pôle d'Accession d'Amiens, plus jeunes, ont de bons scores de gainage pour la majorité d'entre eux associés à des scores de proprioception inférieurs à 90%. Il y a deux exceptions dans ce pôle que nous décrirons un peu plus tard. Les joueurs du centre de formation de Dunkerque présentent quant à eux de bons scores de proprioception avec des temps de gainage moyens. Une exception est à noter dans ces joueurs. Ces deux sites ne possédant pas un grand nombre de joueurs, il était nécessaire de mélanger les joueurs pour avoir un nombre minimal de joueurs acceptable pour un mémoire de fin d'études. Cela a donc pu amener un biais dans cette étude.

Les cas particuliers de ces structures se différencient des autres de part de meilleurs scores ou bien des scores plus faibles. Pour le site d'Amiens, deux joueurs présentent des scores composites au mSEBT proches de 94% pour leurs deux membres inférieurs avec des temps de gainage moyen allant de 116 à 196 secondes (Joueur 6 et 9 : *Annexe 4*). Les scores du cas particulier de Dunkerque sont très faibles que ce soit en gainage (65 et 11 secondes) ou en proprioception (89,23 et 86,51) avec des scores inversement proportionnels : le meilleur temps de gainage est associé au plus bas score composite (Joueur 11).

Dans la population globale, un joueur se dénote par des scores qui sont proches entre eux et de valeurs qui l'éloignent d'un risque de blessures du membre inférieur (Joueur 13). Le joueur présentant une différence droite / gauche de 0 centimètre dans la direction ANT possède des temps de gainage inférieurs à la norme (155 secondes) mais des scores composites supérieurs à 90% (Joueur 14). Le joueur présentant la plus grande différence droite / gauche (- 9 centimètres) correspond au cas particulier de Dunkerque avec de faibles scores dans chaque test. Ces cas particuliers sont à prendre en compte dans le traitement de nos données car ils influencent d'une manière ou d'une autre les résultats de corrélation trouvés plus haut.

Pour finir avec la population, les joueurs m'ont fait part de leur ressenti après les différents tests, données qui peuvent être intéressantes pour la compréhension des résultats. Certains d'entre eux m'ont

dit ressentir une différence entre la position de gainage sur leur membre supérieur dominant ou non. Cette différence n'est pas visible sur les résultats, les scores de gainage droite / gauche étant relativement proche entre eux. Certains présentant même des scores plus faibles du côté de leur bras de tir.

Dans un dernier temps, nous allons développer le programme de proprioception et de renforcement musculaire évoqué ci-dessus. Ce programme est à visée des joueurs présentant de faibles scores composites au mSEBT, même si les autres joueurs ont tout intérêt à suivre ce programme pour conserver leurs acquis.

La proprioception du membre inférieur se travaille avec plusieurs paramètres afin de pouvoir faire face à toutes les situations possibles. Elle peut ainsi se travailler en progression de la manière suivante :

- En charge (sujet debout) ou en décharge (Ex : sujet allongé avec un ballon entre le pied et le mur)
- En bipodal ou unipodal
- Sur plan stable ou plan instable (Ex : plateau de Freeman)
- Avec afférences visuels ou non (yeux ouverts / yeux fermés)
- Avec ou sans déstabilisation externe (Ex : Lancer de ballon)

On ajoute à ces différents paramètres, le travail de changement d'appui et une mise en condition sur terrain de handball afin d'habituer le corps à ces demandes. Nous prenons ici l'exemple du handball afin d'être dans la continuité de l'étude, mais il semble évident que ces critères peuvent être appliqués à tous sports ou toute personne nécessitant une rééducation proprioceptive suite à une entorse de genou ou de cheville par exemple.

Le renforcement musculaire des membres inférieurs n'est pas à négliger non plus avec un renforcement des fibulaires et du tibial postérieur pour le contrôle de la cheville. Le travail des ischio-jambiers pour le contrôle des rotations de genoux est lui aussi important. S'ajoute à cela le renforcement du quadriceps pour protéger le genou, ainsi que les adducteurs pour ne pas créer une trop grande différence de force entre ces derniers et les abducteurs de hanche. Il ne faut pas oublier dans ce programme de renforcement musculaire le moyen fessier, principal stabilisateur du bassin dans le plan frontal, qui constitue la base de la chaîne latérale du membre inférieur déjà évoquée. Le grand fessier est aussi important à renforcer en tant qu'extenseur de hanche.

Tous les éléments développés ci-dessus nous permettent de comprendre les résultats et d'envisager une amélioration de l'étude afin de rendre ces résultats plus fiables.

CONCLUSION

Ce mémoire m'a permis de découvrir de nouvelles méthodes de tests grâce à la lecture d'articles scientifiques sur les thèmes abordés dans cette étude. Je tenais à présenter et approfondir mes connaissances concernant le Star Excursion Balance Test modifié (mSEBT), test de proprioception global du membre inférieur. Ce test est beaucoup utilisé par la Fédération Française de Handball pour le haut niveau. Brice Picot, dont deux de ces articles sont cités dans ce mémoire (1,22), est d'ailleurs kinésithérapeute de l'équipe de France féminine U20. Il s'agit d'un test facile à mettre en place, reproductible et fiable dont les scores sont intéressants à prendre en compte dans la prévention des blessures du membre inférieur. De plus, ce test peut aussi être utilisé en tant qu'outil de rééducation avec un choix réfléchi des directions à travailler selon les déficits du patient.

Grâce à ce mémoire, j'ai tout d'abord appris et démontré qu'il n'y a pas de lien significatif entre le gainage et la proprioception du membre inférieur chez le jeune sportif handballeur notamment. Cette étude pourrait être améliorée et reproduite pour d'autres types de population afin de pouvoir comparer les résultats entre eux.

Cela m'a aussi permis d'avoir une approche sur le développement physique et mental du sportif issu de structures dites « sport-étude ». Ces structures aménagent l'emploi du temps des jeunes sportifs afin qu'ils aient un temps de pratique sportive plus volumineux qu'une simple pratique en club. Ces structures amènent les meilleurs d'entre eux vers le haut niveau et les sélections nationales.

Cette étude m'a aussi amenée à réfléchir sur diverses situations, et notamment la mise en place des tests, afin que les prises de mesures soient les plus fiables et reproductibles possible. Il y a aussi eu une importante réflexion lors de l'analyse des résultats afin de comprendre l'absence de lien significatif entre ces deux composantes.

Ce mémoire m'a permis d'approfondir certaines notions d'anatomie de base et d'acquérir de nouvelles connaissances plus spécifiques sur ce sujet, comme la statique du bassin par exemple.

Le résultat trouvé est surprenant mais loin d'être inintéressant à traiter. En effet, il y a de nombreuses explications à ce résultat avec des améliorations possibles afin que ce dernier soit réellement confirmé ou non. Une étude de plus grande ampleur sur une population différente pourrait nous amener vers des résultats différents. La modification du test de gainage est aussi une piste de modification pour augmenter la corrélation entre le gainage et la proprioception. Tout cela mériterait d'être développé dans le futur.

L'ensemble de la population sujette à des pathologies traumatiques des membres inférieurs pourrait aussi effectuer le mSEBT plus particulièrement afin de déceler un éventuel déficit de proprioception à prendre en charge dans les cabinets libéraux. Élément de diagnostic et de rééducation en même temps,

ce test qui peut être installé de manière permanente dans une salle, est un outil intéressant à développer dans la prise en charge des pathologies traumatiques du membre inférieur que ce soit en cabinet libéral ou en structure de soins.

Pour finir, ce mémoire m'a beaucoup apporté sur le plan personnel. En effet, il m'a permis de développer ma vision et pratique kinésithérapique concernant l'approche des sujets sportifs ainsi que sur l'explication des exercices demandés. Cela m'a aussi conforté dans l'idée de travailler avec les sportifs, que ce soit en cabinet ou au sein des clubs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Picot B, Terrier R, Forestier N. Le Star Excursion Balance Test : Mise à jour et recommandations sur son utilisation en pratique. 2018;9.
2. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. J Athl Train. mai 2012;47(3):339-57.
3. Fullam K, Caulfield B, Coughlan GF, Delahunt E. Kinematic Analysis of Selected Reach Directions of the Star Excursion Balance Test Compared With the Y-Balance Test. J Sport Rehabil. févr 2014;23(1):27-35.
4. Hegedus EJ, McDonough SM, Bleakley C, Baxter D, Cook CE. Clinician-friendly lower extremity physical performance tests in athletes: a systematic review of measurement properties and correlation with injury. Part 2—the tests for the hip, thigh, foot and ankle including the star excursion balance test. Br J Sports Med. mai 2015;49(10):649-56.
5. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. J Orthop Sports Phys Ther. déc 2006;36(12):911-9.
6. Gribble PA, Hertel J. Considerations for Normalizing Measures of the Star Excursion Balance Test. Meas Phys Educ Exerc Sci. juin 2003;7(2):89-100.
7. Gribble PA, Robinson RH, Hertel J, Denegar CR. The effects of gender and fatigue on dynamic postural control. J Sport Rehabil. mai 2009;18(2):240-57.
8. Gribble PA, Kelly SE, Refshauge KM, Hiller CE. Interrater Reliability of the Star Excursion Balance Test. J Athl Train. oct 2013;48(5):621-6.
9. Powden CJ, Dodds TK, Gabriel EH. THE RELIABILITY OF THE STAR EXCURSION BALANCE TEST AND LOWER QUARTER Y-BALANCE TEST IN HEALTHY ADULTS: A SYSTEMATIC REVIEW. Int J Sports Phys Ther. sept 2019;14(5):683-94.
10. Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Core Stability Measures as Risk Factors for Lower Extremity Injury in Athletes: Med Sci Sports Exerc. juin 2004;36(6):926-34.
11. Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. J Am Acad Orthop Surg. sept 2005;13(5):316-25.
12. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The Role of Core Stability in Athletic Function: Sports Med. 2006;36(3):189-98.
13. Bhanot K, Kaur N, Brody LT, Bridges J, Berry DC, Ode JJ. Hip and Trunk Muscle Activity During the Star Excursion Balance Test in Healthy Adults. J Sport Rehabil. 1 sept 2019;28(7):682-91.
14. Norris B, Trudelle-Jackson E. Hip- and thigh-muscle activation during the star excursion balance test. J Sport Rehabil. nov 2011;20(4):428-41.
15. Wilson BR, Robertson KE, Burnham JM, Yonz MC, Ireland ML, Noehren B. The Relationship Between Hip Strength and the Y Balance Test. J Sport Rehabil. 1 sept 2018;27(5):445-50.

16. Leavey VJ, Sandrey MA, Dahmer G. Comparative effects of 6-week balance, gluteus medius strength, and combined programs on dynamic postural control. *J Sport Rehabil.* août 2010;19(3):268-87.
17. Jaber H, Lohman E, Daher N, Bains G, Nagaraj A, Mayekar P, et al. Neuromuscular control of ankle and hip during performance of the star excursion balance test in subjects with and without chronic ankle instability. *Jan Y-K, éditeur. PLOS ONE.* 13 août 2018;13(8):e0201479.
18. McCann RS, Crossett ID, Terada M, Kosik KB, Bolding BA, Gribble PA. Hip strength and star excursion balance test deficits of patients with chronic ankle instability. *J Sci Med Sport.* nov 2017;20(11):992-6.
19. Filipa A, Byrnes R, Paterno MV, Myer GD, Hewett TE. Neuromuscular Training Improves Performance on the Star Excursion Balance Test in Young Female Athletes. *J Orthop Sports Phys Ther.* sept 2010;40(9):551-8.
20. HAS. Recommandations Rééducation Entorse Externe de la cheville. 2000.
21. HAS. Recommandations : Critères de suivi en rééducation et d'orientation en ambulatoire ou en SSR Après ligamentoplastie du croisé antérieur du genou. 2008.
22. Picot B, Dury J, Neron G, Forestier N. Player position-and sport-specific Star Excursion Balance Test performance in youth elite handball female players. 2019;Conclusion.
23. Dufour M. Anatomie MI. Vol. 1. Elsevier Masson; 2015.
24. Lamandé F, Prat-Pradal D. Étude physiologique des muscles du hamac gémello-obturateur. :7.
25. Fransoo P, Dassain C, Mattucci P. Mise en pratique du test de Shirado. *Kinésithérapie Rev.* mars 2009;9(87):39-42.

SOMMAIRE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'informations

Annexe 2 : Consentement éclairé

Annexe 3 : Autorisation parentale

Annexe 4 : Tableau récapitulatif des scores au mSEBT

Annexe 1 : Fiche d'informations

Fiche d'informations

Nom :

Prénom :

Age :

Taille :

Poids :

Nombre d'heures d'entraînement par semaine :

Nombre d'années de pratique de handball :

L'entraînement comporte-t-il un temps consacré au gainage / abdominaux :

OUI / NON

L'entraînement comporte-t-il un temps consacré à la proprioception du membre inférieur :

OUI / NON

Pied dominant (jambe d'impulsion) :

DROIT / GAUCHE

Bras dominant (bras de tir) :

DROIT / GAUCHE

Antécédents de blessure :

Annexe 2 : Consentement éclairé

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ECLAIRE :

Pour les patients participant au mémoire de fin d'étude en masso-kinésithérapie de Mme Flavie DAMBRY

NOM :

Prénom :

En lien avec l'école de Masso-kinésithérapie d'Amiens, je participe à l'étude intitulée :

INFLUENCE DU GAINAGE LATERAL DU TRONC DANS LA PROPRIOCEPTION DU MEMBRE INFERIEUR

J'ai reçu les explications nécessaires, précisant le but et les modalités du déroulement de cette étude.
Ma participation est totalement volontaire.

En participant à cette étude,

- J'accepte que les informations personnelles et /ou médicales puissent être partagées avec d'autres interlocuteurs en lien avec l'étude.
- J'accepte que les données recueillies par l'évaluateur du protocole puissent être utilisées de façon anonyme pour des études de recherche.
- J'autorise la diffusion d'éventuelles photos ou vidéos prises lors des ateliers qui respecteront l'anonymat.
- Je bénéficie à tout moment, d'un droit d'accès et de rectification des données me concernant dans le cadre de ce programme.
- Je peux à tout moment demander des informations complémentaires.
- Je peux, si je le désire, interrompre ma participation au programme, à tout moment, sans avoir à en préciser les raisons.
- Je m'engage, dans la mesure du possible, à réaliser sérieusement les exercices demandés, et à mener à terme le protocole expérimental.

Fait à :

Le :

Signature du patient :

Signature de l'intervenant :

Annexe 3 : Autorisation parentale

AUTORISATION PARENTALE POUR LES PARTICIPANTS MINEURS :

Je soussigné(e) , agissant en qualité de père / mère, autorise mon enfant à participer à l'étude proposer par Mme Flavie DAMBRY dans le cadre de son mémoire de fin d'étude en masso-kinésithérapie.

Je certifie avoir pris connaissance de la fiche de consentement éclairé de participation à cette étude.

Fait à :

Le :

Signature du/des parents :

Annexe 4 : Tableau récapitulatif des scores au mSEBT

Joueur	Pied dominant	Longueur MI (en cm)	Direction antérieure				Direction postéro-latérale				Direction postéro-médiale				Score composite (en %)
			Essai 1 (en cm)	Essai 2 (en cm)	Essai 3 (en cm)	Score ANT (en %)	Essai 1 (en cm)	Essai 2 (en cm)	Essai 3 (en cm)	Score PL (en %)	Essai 1 (en cm)	Essai 2 (en cm)	Essai 3 (en cm)	Score PM (en %)	
1	G	97	62	62	63	64,26	93	93	89	94,50	85	88	93	91,41	83,39
2	G	95	59	58	58	61,40	88	92	93	95,79	82	88	90	91,23	82,81
3	G	97	61	62	62	63,57	90	89	87	91,41	89	87	87	90,38	81,79
4	G	105	71	72	73	68,57	88	101	100	91,75	91	104	100	93,65	84,66
5	G	98	66	63	64	65,65	80	82	81	82,65	88	91	95	93,20	80,50
6	G	94	69	73	69	74,82	100	98	96	104,26	94	98	99	103,19	94,09
7	G	97	60	63	65	64,60	90	95	94	95,88	94	99	98	100,00	86,83
8	D	99	62	62	63	62,96	83	90	97	90,91	92	95	94	94,61	82,83
9	G	93	63	63	64	68,10	97	93	94	101,79	100	101	104	109,32	93,07
10	G	93	61	62	63	66,67	79	78	83	86,02	73	75	73	79,21	77,30
11	D	99	68	69	66	68,35	102	102	104	103,70	90	96	98	95,62	89,23
12	G	99	62	66	66	65,32	113	116	116	116,16	101	106	112	107,41	96,30
13	G	97,5	62	62	65	64,62	103	107	107	108,38	99	100	102	102,91	91,97
14	D	97	62	63	63	64,60	101	105	105	106,87	99	100	101	103,09	91,52
15	G	99,5	73	70	70	71,36	112	112	110	111,89	100	105	106	104,19	95,81

Joueur	Longueur MI (en cm)	Direction antérieure				Direction postéro-latérale				Direction postéro-médiale				Score composite (en %)
		Essai 1 (en cm)	Essai 2 (en cm)	Essai 3 (en cm)	Score ANT (en %)	Essai 1 (en cm)	Essai 2 (en cm)	Essai 3 (en cm)	Score PL (en %)	Essai 1 (en cm)	Essai 2 (en cm)	Essai 3 (en cm)	Score PM (en %)	
1	98	65	66	68	67,69	99	101	96	100,68	90	94	92	93,88	87,41
2	95	60	67	61	65,96	97	100	98	103,51	85	84	87	89,82	86,43
3	96	63	64	63	65,97	84	90	93	92,71	89	93	91	94,79	84,49
4	106	73	74	72	68,87	90	100	102	91,82	93	100	101	92,45	84,38
5	97	68	68	69	70,45	78	91	86	87,63	88	92	91	93,13	83,73
6	93	70	71	72	76,34	94	99	99	104,66	90	94	94	99,64	93,55
7	96	63	64	64	66,32	92	98	101	101,04	102	102	102	106,25	91,20
8	99,5	63	63	64	63,65	88	88	91	89,45	97	96	96	96,82	83,31
9	92	65	63	64	69,57	101	102	103	110,87	102	102	103	111,23	97,22
10	92	61	62	59	65,94	76	79	81	85,51	83	86	85	92,03	81,16
11	98	61	57	58	59,86	90	100	100	98,64	99	97	101	101,02	86,51
12	100	64	64	65	64,33	106	111	113	110,00	102	106	108	105,33	93,22
13	96	63	61	61	64,24	102	106	106	109,03	100	105	105	107,64	93,63
14	96	63	63	62	65,28	92	98	95	98,96	103	102	106	107,99	90,74
15	100	62	61	62	61,67	104	105	104	104,33	102	104	106	104,00	90,00