

MASTER STAPS

ENTRAINEMENT ET OPTIMISATION DE LA PERFORMANCE SPORTIVE

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2021-2022

MEMOIRE

TITRE : L'INFLUENCE D'UN CYCLE DE RENFORCEMENT
ABDOMINAUX-LOMBAIRES SUR PLUSIEURS
CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCONOMIE DE COURSE CHEZ
LES DEMI-FONDEURS ET FONDEURS

PRÉSENTE PAR : LAURA HANON

SOUS LA DIRECTION DE : JÉRÉMY COQUART

SOUTENU LE 23 / 05 / 2022

DEVANT LE JURY : J. COQUART ET F-X. GAMELIN

Remerciements

Je souhaiterais remercier l'ensemble des personnes qui ont participé à l'élaboration de mémoire.

Dans un premier temps, merci au Lille Métropole Athlétisme et au Lille Université Club (LUC) qui m'ont accueilli bras ouverts pour mon stage. Merci à leurs membres, M. Baudoin, M. Linier, qui se sont rendus disponibles pour répondre à mes questions.

Un grand merci à Etienne, coach du groupe de demi-fond au LUC, et à l'ensemble de son groupe d'athlètes sans qui je n'aurai pas pu réaliser mon protocole. Merci pour leur aide, leur sérieux, leur investissement mais aussi leur bonne humeur.

Ensuite, je souhaiterais remercier l'ensemble des professeurs de la faculté pour les connaissances qu'ils m'ont transmis au cours de l'année. Un remerciement particulier à M. Daussin, pour son aide dans la réalisation de mes statistiques.

Enfin, merci à M. Coquart, mon directeur de mémoire, pour ses corrections, ses conseils précieux et son investissement dans la réalisation de ce mémoire.

Sommaire

Remerciements	2
Sommaire	3
Glossaire	4
Introduction	5
1. Revue de littérature	6
1.1 Le renforcement musculaire	6
1.1.1 Le renforcement des abdominaux	7
1.1.2 Le renforcement des lombaires	8
1.1.3 L'équilibre abdominaux-lombaires	10
1.2 L'entraînement	11
2. Problématique, objectifs et hypothèses	14
2.1 Problématique	14
2.2 Objectifs	14
2.3 Hypothèses	14
3. Le stage	15
3.1 Milieu professionnel	15
3.2 Sujets	15
3.3 Matériel, méthodes et protocole	16
3.3.1 Matériel et méthodes	16
3.3.2 Protocole envisagé	17
3.4 Analyses statistiques	19
4. Résultats	20
5. Discussion	26
6. Conclusion	31
7. Bibliographie	32
8. Annexes	35
9. Résumés	39
10. Compétences	41

Glossaire

GC	Groupe contrôle
GT	Groupe test
FFA	Fédération Française d'Athlétisme
FSSEP	Faculté des Sciences du Sport et de l'Éducation Physique
LMA	Lille Métropole Athlétisme
LUC	Lille Université Club
SNC	Système Nerveux Central
SNP	Système Nerveux Périphérique
VO2 max	Débit Maximal d'Oxygène

Introduction

L'athlétisme peut être défini comme un sport multidisciplinaire comprenant 5 grandes familles de disciplines dans lesquelles le sportif vient se confronter aux autres et à ses propres limites. Dans ce sport, l'organisation de l'entraînement est complexe. La planification est primordiale pour assurer la progression des athlètes. Mais une question se pose dans Réflexion Sport (2014) : en demi-fond et fond, « *Comment rendre mes athlètes à la fois plus forts et plus endurants ?* ». Cette question traduit toute la difficulté des entraîneurs à prendre en compte tous les paramètres nécessaires à la performance dans des disciplines où des efforts antinomiques doivent parfois être réalisés.

En demi-fond et fond, la place de la préparation physique a toujours été questionnée. En 1997, Volmer, ancien coordonnateur national du demi-fond à la Fédération Française d'Athlétisme (FFA), disait déjà : « *Pour finir vite une course, il faut être fort. Mais il est difficile de faire évoluer les mentalités, car on se heurte à une histoire, à des conceptions d'entraînement bien ancrées* ». En effet, dans les disciplines de courses longues, les athlètes doivent « consolider » leur corps sans pour autant prendre excessivement en volume musculaire, ce qui serait néfaste à leur performance. Volmer (1997) ajoute que les entraîneurs sont souvent obligés de faire des choix dans leurs stratégies d'entraînement. Il est impossible de faire travailler l'ensemble des facteurs nécessaires à la performance à des athlètes qui ne s'entraînent que quelques fois par semaine. Dans ce cadre, j'ai souhaité m'intéresser à la place que donnent les entraîneurs au renforcement musculaire des abdominaux et des lombaires, appelé couramment renforcement du tronc. En effet, on entend souvent dire que les athlètes doivent être « placés » ou « gainés » en course et que cela est primordial à leur performance. Je me suis alors demandée : où peut-on réellement placer l'importance de ce renforcement musculaire du tronc dans un contexte si compliqué d'entraînement ? La réponse à cette question composera donc le fil conducteur de ce mémoire de première année de Master.

Pour répondre à cela, nous nous intéresserons à différentes notions. Nous aborderons d'abord le renforcement musculaire dans son ensemble. Puis nous tenterons d'illustrer la notion de renforcement du tronc. À travers la littérature et grâce au protocole mis en place dans le cadre de ce mémoire, nous tenterons de rendre compte de la place que doit occuper aujourd'hui ce renforcement dans le monde de l'athlétisme ainsi que de son importance pour la réalisation d'une performance en demi-fond et fond. Enfin, nous nous attacherons à montrer l'influence que peut avoir ce paramètre sur certaines caractéristiques de l'économie de course. Cette étude aura pour but de mettre en application sur le terrain les informations recueillies ici afin de faire avancer le monde de l'entraînement en athlétisme.

1. Revue de littérature

Aujourd'hui, la recherche sur la performance sportive est de plus en plus pointue. Comme le stipule Belaid et al. (2018), « *l'objectif principal de l'entraînement sportif est d'optimiser les différents systèmes du corps en vue d'améliorer la performance sportive* ». Dans ce but, les chercheurs, tous comme les entraîneurs, s'attachent à trouver de nouveaux axes de travail. L'objectif est d'amener l'athlète au maximum de son potentiel. Belaid et al. (2018) expliquent qu'en demi-fond, les déterminants physiologiques nécessaires à la performance sont largement développés. Que ce soit l'endurance fondamentale, le débit maximal d'oxygène (VO2 max), l'économie de course : tout est travaillé à l'entraînement. Pourtant, un champ important de l'athlétisme est peu pris en compte chez ces sportifs : le renforcement musculaire du tronc.

Le travail que je propose ici a pour but de questionner la place du renforcement musculaire du tronc en demi-fond et fond. Il a pour but de répondre aux exigences d'une telle activité et de travailler sur un aspect qui représente souvent un point faible chez les athlètes.

1.1 Le renforcement musculaire

« *Beaucoup [de coureurs] ne se rendent pas compte que leurs limites, dans la course à pied, seront toujours liées aux faiblesses de leur corps* » (Puleo et Milroy, 2020). Cette phrase symbolise à elle seule l'importance du renforcement musculaire pour la progression d'un individu en athlétisme. Le corps, et plus précisément la musculature, joue un rôle primordial dans le geste sportif. La tension musculaire de base n'est pas suffisante pour subvenir aux besoins du geste sportif, plus coûteux que les gestes du quotidien : selon Belaid et al. (2018) « *les athlètes d'élites requièrent des niveaux de gainage plus élevés pour la performance sportive que pour les activités de la vie quotidienne* ». Ce niveau de tension de base permettant la stabilité du tronc dans la vie de tous les jours doit donc être renforcé afin de permettre la réalisation d'un geste « *plus économique et plus efficace* » (Belaid et al., 2018). C'est la raison pour laquelle le renforcement musculaire de l'ensemble des muscles du corps est primordial chez les athlètes. Aujourd'hui, des séances entières lui sont dédiées, et ce pour tous les niveaux de pratique. Le renforcement musculaire est une méthode, une « *boîte à outils permettant de répondre à différents objectifs de l'entraînement moderne* » (Guilhem, 2014). C'est une « *brique de la préparation physique* » (Guilhem, 2014) qui sert à développer le potentiel musculaire de l'athlète. Il a pour but principal d'augmenter la force et l'endurance musculaire, mais aussi de prévenir les blessures (Guilhem, 2014). Enfin, le renforcement sert à ce que les muscles puissent produire une force suffisante pour effectuer un geste efficient, avec un coût énergétique le plus faible possible. En demi-fond, le renforcement musculaire est omniprésent. Dans Réflexion Sport (2014), Bruno Gager, entraîneur national du sprint long et du demi-fond à la Fédération Française d'Athlétisme (FFA), estime que le renforcement

musculaire doit représenter 20% du volume d'entraînement total chez un coureur de demi-fond. Mais ce pourcentage diminue avec l'augmentation de la distance de course : « *plus la distance est courte, plus la force est importante* » (Volmer, 1997) et inversement. Il reste tout de même nécessaire de travailler le renforcement musculaire jusqu'aux courses de 10 000 mètres au moins selon Volmer (1997).

1.1.1 Le renforcement des abdominaux

La ceinture abdominale est composée de quatre grands muscles : le transverse de l'abdomen, le droit de l'abdomen et les obliques internes et externes. Leur position centrale au niveau du corps leur délivre un rôle primordial. Selon Zatta (1999), cela fait d'eux le principal « *centre de transmission de la force dans le corps* ». Leur bon fonctionnement permet donc une transmission de force efficace du tronc vers les membres inférieurs mais aussi des membres inférieurs vers le tronc. À l'inverse, s'ils sont peu renforcés, cela produit une déperdition d'énergie, qui semble accentuée lors des mouvements sportifs (Zatta, 1999). C'est la raison pour laquelle le renforcement des abdominaux est très prisé à l'heure actuelle. L'ensemble des exercices proposés sont réunis sous le nom de gainage abdominal. Selon Pauly (2016), « *gainer, c'est tonifier les chaînes musculaires autour des structures osseuses, articulaires et viscérales* ». Le gainage a donc pour objectif d'accroître la force des abdominaux afin qu'ils puissent fonctionner correctement au sein du corps.

Ces muscles possèdent trois fonctions principales : d'abord, ils favorisent la protection de la colonne vertébrale avec l'aide des muscles du dos (Pauly, 2016). Ils permettent la flexion et la rotation du tronc (Zatta, 1999). Enfin, ils maintiennent le bassin en position neutre et favorisent sa rétroversion (Fig.1) lorsque celle-ci est nécessaire (Zatta, 1999).

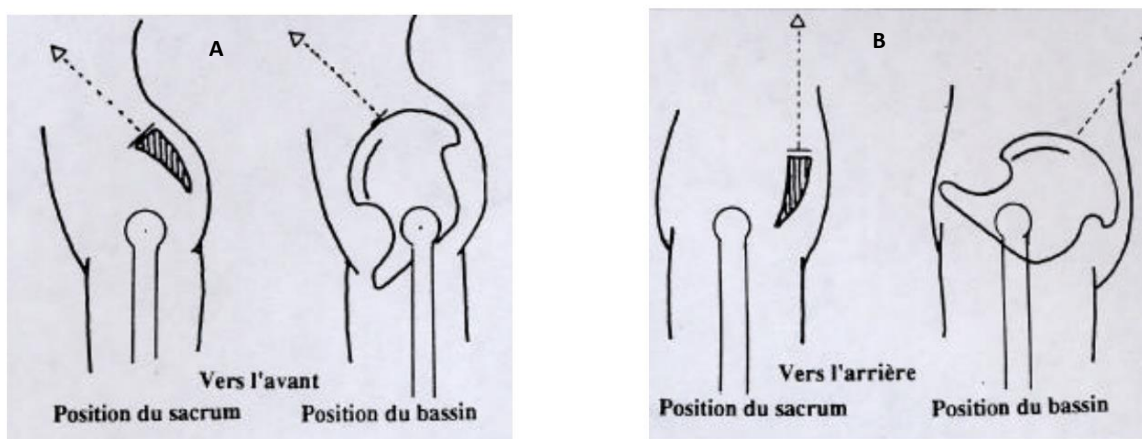


Figure 1 : antéversion (A) et rétroversion (B) du bassin.

In : Zatta, S, (1999). « Renforcer les abdominaux correctement et sans en oublier! » *Revue de l'Education Physique* 39, n° 2, 51-66.

Or la rétroversion du bassin est primordiale. C'est la position privilégiée en course à pied puisqu'elle permet l'utilisation adéquate de différents muscles. D'abord, la rétroversion du bassin permet d'utiliser au maximum la force des muscles abdominaux, par rapport à une antéversion. Cortell-Tormo et al. (2017) ont déterminé qu'une rétroversion, qu'ils appellent « *basculement postérieur du bassin* » entraînait une activation plus importante des muscles abdominaux. Cette position permettrait alors une meilleure stabilisation du tronc. D'un autre côté, la rétroversion du bassin permet la mobilisation du tenseur du fascia latta qui joue un rôle dans la flexion de la hanche. Il permet donc la fixation du genou qui est primordiale dans le mouvement de griffé au sol du pied. Si le psoas est bien plus souvent sollicité, « *il a tendance à « tirer » sur la colonne et provoquer la cambrure du dos* » (Zatta, 1999), ce qui est néfaste pour la bonne fixation du genou. Il est donc important de favoriser l'utilisation du tenseur du fascia latta, plutôt que du psoas, car il permet le même mouvement mais sans augmentation de la lordose lombaire.

1.1.2 Le renforcement des lombaires

Il est moins courant d'observer des exercices de renforcement du dos, et notamment des muscles lombaires lors des entraînements. Pourtant, leur importance ne peut pas être niée. Les lombaires, également appelés muscles spinaux, sont composés de trois muscles : l'épineux du thorax, le longissimus et l'ilio-costal. La plupart de ces muscles ont un rôle de stabilisation et de protection du rachis (Da Silva Rubens, 2003). Mais, ils sont également connus pour être en partie responsables de l'auto-grandissement de l'individu, très souvent recherché en athlétisme. L'auto-grandissement correspond au fait de « *se grandir comme si [on] voulait repousser le plafond avec le sommet de sa tête* » (Graf, 1998). Celui-ci sert à mobiliser les muscles du dos pendant l'exercice et à lutter contre la gravité. Cela permet l'alignement du tronc et évite que l'athlète ne se recroqueville sur lui-même ce qui provoquerait des déséquilibres et des compensations. L'utilisation des muscles du dos assure donc l'alignement du corps mais aussi une certaine tension, nécessaire au transfert d'énergie. Brigaud (2013) caractérise le corps comme un ensemble de segments formant un « *ressort* » qui doit être raide afin que « *l'énergie mécanique issue de l'ensemble des mouvements de ces différentes parties se transmette efficacement* ». Cette raideur musculaire évite ce que l'on appelle la « *déformation* » qui produit chez les coureurs une dissipation d'énergie. Mais selon Brigaud (2013), la contraction des muscles du dos doit aussi être synergique avec le reste du corps. En effet, « *Si la raideur des ressorts n'est pas homogène et si leur activation n'est pas synchrone, un ou plusieurs secteurs ne sont plus maintenus et la force se dissipera à ces niveaux tout en produisant des mouvements parasites qui devront être compensés* ». L'alignement du dos est ainsi primordial pour emmagasiner, transférer et restituer efficacement la force (Brigaud, 2013). Il l'est aussi pour éviter « *l'instabilité du tronc et du thorax* » (Puleo et Milroy, 2020) qui accentuerait la déperdition d'énergie.

Ainsi, le travail des lombaires est nécessaire pour assurer ces deux fonctions : selon Da Silva Rubens (2003) « *la capacité d'endurance des muscles extenseurs du dos est un attribut important de la fonction de la musculature basse du dos (lombaire)* ». Pour autant, il est possible d'observer des déséquilibres musculaires à ce niveau : selon Grand et Maillard (2014), « *la préparation physique doit respecter le bon équilibre des chaînes musculaires péri-rachidiennes. Ces principes ne sont pas toujours respectés et les programmes de musculation sont parfois responsables de déséquilibres si le renforcement privilégie une chaîne musculaire au détriment de son antagoniste* ». Ces déséquilibres peuvent alors provoquer des tensions au niveau lombaire. Demoulin et al. (2006) expliquent que cela amène parfois « *des douleurs* » voire une « *lombalgie* ». Ces déséquilibres sont néfastes : ils peuvent provoquer « *une diminution de la force et de l'endurance musculaire* » (Demoulin et al., 2006) des muscles du dos. Ils peuvent également mener à la blessure et donc à l'arrêt de la pratique. D'un autre côté, ils peuvent aboutir à une hyperlordose, c'est-à-dire à une accentuation de la lordose lombaire, qui correspond à la courbure naturelle de la colonne vertébrale tournée vers l'intérieur du bas du dos. Cette hyperlordose favorise alors le basculement du bassin en antéversion. Cela provoque une accentuation du cycle postérieur (Fig.2) : l'athlète a plus de mal à monter les genoux. Au lieu d'effectuer un mouvement du pied du haut vers le bas et de l'avant vers l'arrière, l'athlète va effectuer un mouvement du haut vers le bas et de l'arrière vers l'avant. Il va donc « planter » son appui au lieu de le griffer. Il ne pourra alors pas développer correctement sa force en un minimum de temps. Cela provoque une augmentation du temps de contact au sol. Or, selon Santos-Concejero et al. (2013) cela est corrélé à une faible efficacité de la foulée et une faible économie de course.

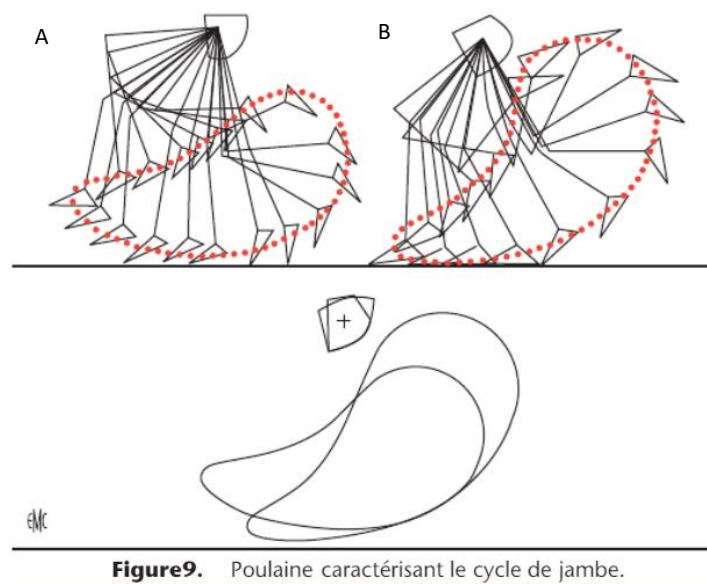


Figure9. Poulaine caractérisant le cycle de jambe.

Figure 2 : comparaison des cycles de jambe : A cycle antérieur ; B : cycle postérieur.

In : Lacouture, P, Colloud, F, Monnet, T, et Decatoire, A, (2013). « Etude biomécanique de la course à pied ». *EMC - Podologie* 9, n° 2, 22.

1.1.3 L'équilibre abdominaux-lombaires

Aujourd'hui, le renforcement musculaire des abdominaux et des muscles du bas du dos est essentiel. Un travail sérieux et surtout équilibré est nécessaire, notamment chez les coureurs de demi-fond et fond.

De manière générale, le gainage, qui est aussi nommé « stabilité du tronc » est défini comme « *la capacité à contrôler la position et le mouvement du tronc sur le bassin pour permettre une production, un transfert et un contrôle optimal de la force et du mouvement vers le segment terminal dans les activités sportives* » (Kibler et al. cités dans Belaid, et al., 2018). Selon Duchêne (2021) la stabilité du tronc revêt un aspect très dynamique. Elle produit constamment des ajustements dans le but de « *s'adapter tout au long du mouvement* » (Duchêne, 2021). Elle agit sous l'influence du système nerveux central (SNC) et du système nerveux périphérique (SNP). Ceux-ci sollicitent les muscles posturaux dans le but de répondre aux contraintes internes et externes de manière efficiente (Duchêne, 2021). On parle alors de « *Core Stability* » (Duchêne, 2021). En anglais, le bas du tronc est appelé *Core* (Grand et Maillard, 2014). Il correspond aux muscles du bassin et du tronc qui relie ce dernier aux membres inférieurs. En athlétisme, l'activité du *core* est un élément central de la performance. Le Core stability « *s'active d'abord lors de la phase d'appui puis aurait une deuxième activation lors de la fin l'appui et enfin une activation durant la phase de vol* » (Duchêne, 2021). Cela lui garantit une place importante dans la performance en athlétisme qui est aujourd'hui bien définie. Selon Tse et al. (2005), l'augmentation de la force du *core* permettrait une « *amélioration de la performance en vitesse, l'amélioration de la capacité à changer de direction, l'amélioration de la posture et enfin la diminution du risque de blessure* ». Plus particulièrement en demi-fond, le renforcement du tronc est utilisé dans un but de transfert maximum de force et d'énergie mais aussi dans un but d'économie de course. En effet, l'équilibre entre la région abdominale et la région lombaire permet dans un premier temps le maintien de l'alignement du corps (chevilles – genoux – bassin – épaules). Or pour Puleo et Milroy (2020) cet alignement est essentiel pour garantir un transfert de force maximal vers les muscles inférieurs lors de la phase d'appui ainsi que pour préserver son énergie. Un déséquilibre au niveau abdominaux-lombaires peut donc avoir des effets néfastes importants sur la performance du coureur. Grand et Maillard (2014) définissent le gainage comme un « *moyen de renforcement global* » mais également un moyen qui « *vise à identifier et à corriger les déséquilibres musculaires et les troubles posturaux pathogènes* ». Un déséquilibre abdominaux-lombaires est caractérisé par un déficit de force des abdominaux par rapport aux lombaires ou un déficit de force des lombaires par rapport aux abdominaux. Ce déséquilibre a alors une influence sur le reste du corps. Selon Brigaud (2013), « *le moindre mouvement du tronc se répercute jusque dans les pieds. [Il peut], tout comme les bras, faciliter ou limiter la locomotion, voire la déséquilibrer* ». Et cela n'est pas sans conséquence sur la performance. Puleo et Milroy (2020) expliquent qu'un « *bassin mal aligné provoque une réaction en chaîne de désalignements qui se traduit*

par de mauvaises performances de course et un gaspillage d'énergie ». Ces propos sont entre autres appuyés par Tse et al. (2005), qui stipulent que *« si les muscles des extrémités sont forts et que le noyau est faible, une somme suffisante de forces ne peut être créée pour effectuer des mouvements efficaces »*. Finalement, Rivera (2015) résume parfaitement la situation : *« les déséquilibres ou les déficiences des muscles du tronc peuvent entraîner une fatigue accrue, une diminution de l'endurance et des blessures chez les coureurs »*.

Les conclusions de l'ensemble de ces études sur le rôle du tronc dans la performance en endurance sont sans appel. L'équilibre abdominaux-lombaires est primordial pour progresser. Pour autant, il semblerait que sa place dans l'athlétisme ne soit pas aussi importante que ce qu'elle devrait être.

1.2 L'entraînement

Selon Hibbs et al. (2008), le renforcement des chaînes abdominale et lombaire a quatre grands intérêts : il permet *« d'augmenter l'amplitude des articulations et l'extensibilité des muscles ; d'améliorer la stabilité des articulations ; d'améliorer les performances musculaires ; d'optimiser la fonction de mouvement »*. Le gainage n'a donc pas pour unique but d'améliorer l'endurance et la force des muscles abdominaux et lombaires. Il revêt deux autres aspects : la souplesse et la stabilité qui sont nécessaires dans l'optimisation du mouvement et le transfert des forces (Brigaud, 2013). Mais selon Duchêne (2021), le renforcement du *core* doit également se faire dans un but de prévention des blessures. En effet, il rappelle qu'un manque d'endurance musculaire au niveau du tronc favorise *« les blessures d'usures [...] du membre inférieur »* et augmente *« le risque de rupture du ligament croisé antérieur (LCA) chez les jeunes »*. Ses propos sont appuyés par Willardson (2007), pour qui le renforcement musculaire du *core* doit également se faire dans un but de diminution des blessures au niveau des lombaires et des membres inférieurs.

L'entraînement des chaînes abdominale et lombaire doit respecter certains principes afin d'être efficace. Il doit prendre en compte un panel de muscles large : Hibbs et al. (2008) considèrent que le renforcement du *core* est efficace s'il regroupe *« la souplesse des muscles de l'abdomen et du bas du dos, des extenseurs et des fléchisseurs de la hanche »*. En effet, l'ensemble des muscles du corps sont liés et doivent agir en synergie pour être performants (Brigaud, 2013). Il ne s'agit donc pas de se centrer uniquement sur les muscles abdominaux et les muscles lombaires, mais de travailler l'ensemble des muscles qui sont liés à leurs chaînes respectives afin de favoriser leur cohésion. Par exemple, Puleo et Milroy (2020) expliquent que *« les muscles du dos, les abdominaux et les fessiers doivent non seulement travailler ensemble, mais aussi travailler à s'équilibrer les uns les autres tout en générant suffisamment*

de force pour l'exercice » afin d'optimiser au maximum la performance sportive. Ils ajoutent par ailleurs que le renforcement du corps doit être équilibré entre les groupes musculaires. Ainsi, ils estiment que « *si les muscles du bas du dos sont trop faibles, les ischios-jambiers peuvent être incapables de générer une puissance musculaire suffisante même s'ils ont été correctement renforcés* ».

Hibbs et al. (2008) considèrent également que ce renforcement doit être varié. Il doit comprendre des « *exercices dans un environnement instable, ainsi que des exercices isométriques et dynamiques* » (Hibbs et al., 2008). Les exercices d'instabilité sont très prisés car ils améliorent davantage « *l'activité neuromusculaire des muscles du Core* » (Duchêne, 2021). Ils nécessitent également du matériel peu coûteux comme « *des planches d'équilibre, des planches à roulettes, des disques et des Swiss balls* » (Hibbs et al., 2008). Mais Duchêne (2021) stipule que l'instabilité provoquée par l'utilisation de Swiss balls « *engendre une baisse de la production de force au niveau des membres inférieurs* ». Le renforcement des muscles abdominaux et lombaires doit donc être équilibré entre les exercices sur surface stable et instable. Duchêne (2021) ajoute, sur la base des écrits de Hibbs et al. (2008), qu'il est intéressant de proposer à la fois des exercices de stabilité mais aussi des exercices d'endurance musculaire.

Outre les exercices d'instabilité, les exercices isométriques et dynamiques sont très utilisés. De nombreux auteurs, comme Zatta (1999) ou Belaid et al. (2018) proposent des exercices isométriques associés à des exercices dynamiques, que ce soit pour le travail des abdominaux ou des lombaires. Sur ces exercices, un principe de progression est mis en place dans le but d'accroître les capacités de l'athlète. Grand et Maillard (2014) proposent par exemple plusieurs axes de progression : selon eux, il est possible d'aller d'exercices « *statiques vers des exercices dynamiques* ». Il est aussi courant d'aller « *des yeux ouverts vers les yeux fermés* » (Grand et Maillard, 2014) sur un même exercice.

Willardson (2007) quant à lui s'accorde sur le fait que les exercices doivent être variés, d'autant plus pour les sportifs qu'il dit en bonne santé, c'est-à-dire sans déséquilibre excessif au niveau du tronc. Il rajoute la possibilité d'effectuer des exercices unilatéraux plutôt que bilatéraux afin de majorer leur efficacité. Il propose également de s'appuyer sur des exercices de résistance connus, tels que le squat et le soulevé de terre, et de les modifier légèrement pour stimuler davantage le tronc : « *le squat et le soulevé de terre peuvent être effectués avec des haltères en appui sur une seule jambe* » (Willardson, 2007). Selon lui, cela mettrait « *davantage l'accent sur la stabilité du tronc* » (Willardson, 2007). Enfin, la réalisation des exercices de renforcement peut se faire à l'aide de matériel léger : Willardson (2007) explique que les muscles lombaires étant composés majoritairement de fibres lentes (type I), des charges légères sont suffisantes pour les développer. Il serait par ailleurs préférable selon lui d'utiliser des poids libres plutôt que des machines : « *les exercices de poids libres effectués en position debout sur une*

surface stable devraient être la principale modalité d'entraînement pour développer la stabilité du tronc et améliorer les performances sportives chez les athlètes en bonne santé » (Willardson, 2007).

D'un point de vue de la programmation intra-séance, Hibbs et al. (2008) avancent que le renforcement musculaire du tronc doit commencer par une « *activation isolée des muscles* » pour aller au fur et à mesure vers des exercices instables qui sollicitent les abdominaux mais aussi la « *stabilité centrale totale* » (Hibbs et al., 2008). Il est possible d'intégrer des exercices de force dans l'entraînement abdominaux-lombaires. Cela nécessiterait selon eux une contraction supérieure à 60% de la contraction maximale volontaire. Mais ils stipulent que l'endurance musculaire du tronc reste tout de même plus importante. Elle doit donc être travaillée en première. Dans ce cadre, Hibbs et al. (2008) estiment que la contraction volontaire des muscles sollicités doit être inférieure à 25% de la contraction maximale volontaire.

De même, Puleo et Milroy (2020) ajoutent qu'il faut réaliser « *les exercices abdominaux après avoir réalisé les exercices de renforcement du bas du dos* » afin de favoriser un meilleur équilibre musculaire.

2. Problématique, objectifs et hypothèses

2.1 Problématique

La recherche en athlétisme est aujourd'hui très développée. Les grands facteurs de performance de demi-fond et fond ont été investigués sous toutes leurs formes. Les recherches sur l'influence du VO2 max, de l'endurance fondamentale, de l'entraînement intermittent sont récurrentes. Ici, nous souhaitons mettre en avant qu'un autre aspect de l'entraînement est fondamental : le renforcement musculaire du tronc. Nous voulons démontrer que son importance dans l'entraînement est primordiale pour que les athlètes puissent progresser dans leurs disciplines. Il s'agira donc dans ce mémoire d'évaluer l'influence d'un entraînement ciblé sur les abdominaux et les lombaires sur la pratique du demi-fond et du fond. Nous évaluerons ici **l'influence d'un renforcement musculaire des muscles abdominaux et lombaires sur la qualité d'économie de course caractérisée par le temps de contact au sol et le rapport amplitude / fréquence chez les coureurs de demi-fond et fond en athlétisme.**

2.2 Objectifs

L'intérêt de ce travail est d'évaluer l'efficacité d'un renforcement musculaire abdominaux-lombaires de 6 semaines sur certaines caractéristiques de l'économie de course chez des athlètes de demi-fond et fond. Pour évaluer l'évolution de ce que l'on nommera « l'économie de course », nous nous concentrerons sur l'influence du renforcement proposé sur le temps de contact au sol et le rapport amplitude / fréquence de l'athlète.

2.3 Hypothèses

Différentes hypothèses peuvent être posées :

- **H0** : il n'y a aucune amélioration significative de l'endurance abdominale et lombaire donc aucune amélioration des qualités analysées chez les individus déséquilibrés qui ont suivis le renforcement musculaire
- **H1** : il y a une amélioration de l'endurance abdominale et lombaire provoquant une amélioration des qualités analysées chez les individus déséquilibrés qui ont suivis le renforcement musculaire
- **H2** : il y a une amélioration de l'endurance abdominale et lombaire sans amélioration des qualités analysées chez les individus déséquilibrés qui ont suivis le renforcement musculaire

3. Le stage

3.1 Milieu professionnel

La structure qui m'a accueilli pour ce stage est le Lille Métropole Athlétisme (LMA). Il s'agit du club d'athlétisme de la ville de Lille. Il est classé deuxième club de France au classement FFA. Aujourd'hui, plus de 1200 sportifs y sont licenciés. Parmi eux, 28 athlètes sont des sportifs de Haut Niveau, inscrits sur les listes ministérielles. Le LMA est dirigé par Alain Lignier, président général. Le club est divisé en trois sections. J'effectuerai mon stage à la section du Lille Université Club (LUC) dont les entraînements ont lieu au stade Luc Léger, à Lille. Mon tuteur professionnel est Etienne Mowat. Il est l'entraîneur des demi-fondeurs et des fondeurs. Il est aussi trésorier de cette section et membre du conseil d'administration du LMA.

Cette année, le LMA a pour objectif de devenir champion de France des clubs lors des interclubs. Le Président souhaiterait également développer la filière Haut Niveau et continuer à fédérer les sections par l'organisation de stages communs. La section LUC quant à elle aimerait fidéliser davantage ses jeunes athlètes aux entraînements et compétitions. L'objectif est de qualifier un plus grand nombre d'athlètes aux Championnats de France de cross.

Concernant mon rôle dans la structure, je suis entraîneur stagiaire auprès des demi-fondeurs et fondeurs adultes. Je suis présente sur l'ensemble des entraînements. Sur deux d'entre eux, j'interviens dans le cadre de mon stage. Le lundi et le mercredi, je prends en charge 10 athlètes en fin de séances, c'est-à-dire 20 athlètes au total. Je suis chargée de leur proposer un entraînement axé sur le renforcement musculaire des abdominaux et des lombaires. Mon intervention dure entre 20 et 30 minutes. Elle se compose d'un ensemble d'exercices que je planifie moi-même à l'avance puis que je mets en place avec l'accord de l'entraîneur.

En plus des interventions auprès du groupe, je suis chargée de quelques entraînements des benjamins et minimes le samedi matin. L'entraînement se fait en collaboration avec Etienne Mowat. Je suis chargée de mettre en place des séances, souvent de sprint ou de demi-fond, et d'évaluer les capacités physiques des jeunes à l'aide de tests. A la suite de mon stage, j'ai également continué à mettre en place des séances de renforcement auprès du groupe de demi-fond et fond le mercredi soir notamment.

3.2 Sujets

Dans le cadre de ce mémoire, je travaillerai avec l'ensemble du groupe des demi-fondeurs et fondeurs du LUC. Ce groupe est composé d'une trentaine d'athlètes. Les entraînements ont lieu le lundi, mardi, mercredi, jeudi et dimanche matin. Tous n'étant pas régulier à l'entraînement, j'effectuerai mon

protocole avec 18 athlètes. L'âge moyen du groupe est de 24 ans (± 9 ans), la masse moyenne de 60,4 kg ($\pm 20,4$ kg) et la taille moyenne de 172 cm (± 18 cm).

3.3 Matériel, méthodes et protocole

3.3.1 Matériel et méthodes

Pour ce stage, un ensemble de tests seront utilisés. Pour les pré-tests et post-tests, un OptoJump Next d'un mètre prêté par la Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique (FSSEP) sera utilisé. Il servira à obtenir les qualités élastiques des athlètes via le Rebound Jump, aussi appelé Test Scandinave. Il permettra également d'obtenir les temps de contact au sol moyens. Voici un tableau récapitulatif des tests effectués sur OptoJump :

Test	Objectifs	But	Intérêt	Consignes	Types de résultats
Rebound Jump	Analyser les caractéristiques élastiques de l'athlète	Aller le plus haut possible en ayant le temps de contact au sol le plus faible	Comparer les temps de contact au sol entre les pré-tests et post-tests	Jambes tendues, réaliser 7 rebonds sans temps d'arrêt. S'aider des bras. Garder une bonne flexion dorsale de cheville	Hauteur d'envol (cm) Temps de contact au sol (ms) Puissance (w)

Afin d'obtenir la fréquence de foulée, des montres GARMIN (Forerunner) ou APPLE Watch seront utilisées. Elles intègrent un podomètre permettant de relever des données sur l'amplitude et la fréquence de foulée. Le choix de l'utilisation de montres connectées s'est basé sur plusieurs critères. N'ayant pas accès à du matériel plus sophistiqué, je me suis orientée vers les montres, plus accessibles et moins coûteuses (Boudet et al., 2019). Ce type d'outils technologique est très utilisé à l'heure actuelle. Dans une étude menée par Bodart et al. en 2020 sur 464 sujets, 63% d'entre eux disent utiliser une montre connectée. Et ce pourcentage semble augmenter chez les jeunes, ce qui est en corrélation avec le groupe avec lequel je travaille dans le cadre de mon stage, où la quasi-totalité des athlètes possèdent une montre connectée. Ces montres sont intéressantes car elles sont faciles à utiliser et permettent l'autonomie des sujets. Chacun sait utiliser sa montre et peut donc prendre en charge son effort. Selon Boudet et al. (2019), elles permettent également de maintenir un certain confort : elles sont moins conséquentes que d'autres appareils qui pourraient gêner les athlètes lors de leur course. Enfin, Bodart et al. (2020) stipulent que les « systèmes de feedbacks disponibles dans les applications auraient un effet

encourageant durant l'effort ». En effet, les montres rendent compte en temps réel des performances ce qui rend la course plus attrayante. Les informations sont directement disponibles pour les athlètes. Cela apporte une certaine motivation à se donner comme s'il s'agissait d'un réel entraînement. Ceci est donc bénéfique dans le cadre de mes tests puisque que cela m'assure une bonne implication des athlètes dans la course que je propose. Enfin, si ces montres connectées sont dites moins précises que des appareils plus sophistiqués, de plus en plus d'études attestent de leur validité et de leur fiabilité. C'est le cas dans la revue systématique du Dr Fuller et al. (2020) dans laquelle 158 publications ont permis l'analyse de 9 marques de montres. Parmi les plus connues, on retrouve Apple, Garmin, Fitbit ou encore Polar. Leur validité et leur fiabilité a été mesurée pour 3 critères : le comptage des pas, la mesure de la fréquence cardiaque et la dépense énergétique. Ici, c'est le comptage des pas qui nous intéresse plus particulièrement. Or, dans cette revue, Fuller et al. (2020) stipulent que les marques les plus fiables en condition de vie libre c'est-à-dire en extérieur et non en laboratoire sont Apple et Garmin, avec des marges d'erreurs faibles en termes de mesure par rapport à un comptage manuel ou par accéléromètre. L'ensemble de ces données m'a donc dirigé vers l'utilisation des montres GARMIN et APPLE pour la mise en place de mon protocole.

Finalement, dans le cadre de cette course, les montres seront déclenchées par les athlètes eux-mêmes au début de l'épreuve puis stoppées lorsque le temps de course sera écoulé. La cadence de pas (en pas par minute, ou ppm) ainsi que la distance parcourue (en mètres) seront relevés pour chaque athlète. Pour appuyer ces données, les athlètes seront filmés pendant leur course. En cas de problème, cela permettra de vérifier la cadence de pas et ainsi éviter les erreurs de mesure.

3.3.2 Protocole envisagé

Le protocole s'étendra sur 6 semaines d'entraînement entre les pré-tests et les post-tests. Les athlètes auront une séance de 20 à 30 minutes de renforcement musculaire pendant 6 semaines. Une partie du groupe sera prise en charge le lundi, l'autre partie le mercredi. Dans une même semaine, les deux séances seront identiques afin que tous les athlètes bénéficient du même entraînement. Le déroulement complet du stage est à retrouver en annexe n°2. Un exemple de séance est donné en annexe n°3.

Les tests effectués en amont et en aval des séances se composeront des exercices présentés ci-après. Ils se feront dans l'ordre énoncé :

Les Tests de McGill que l'on retrouve entre autres dans l'étude menée par Belaid et al. en 2018. McGill a regroupé trois tests très utilisés dans la littérature : le test de Sorensen pour l'évaluation de l'endurance

des extenseurs du tronc ; le test de Shirado pour l'évaluation de l'endurance abdominale ; le test du pont latéral pour l'évaluation de l'endurance abdominale latérale.

Illustrations :



Test Sorensen



Test Shirado

Le Test Rebound Jump sur OptoJump. L'optojump est considéré comme un « *système de mesure optique* » (Bjelica et al., 2021). Les données qu'il fournit ont été validées par la littérature : selon la méta-analyse de Bjelica et al. (2021), elles sont fiables et reproductibles. Grâce à cet outil, nous relèverons le temps de contact au sol des athlètes. Ce temps de contact est défini comme « *le temps entre le moment où le pied touche le sol et le moment où le pied quitte le sol* » (Santos-Concejero et al., 2013).

Illustration :



Une course d'une minute à VMA : la cadence de pas ainsi que la distance parcourue sur la minute seront relevées sur ce test. Elles permettront de mettre en avant une fréquence et une amplitude moyenne de course, qui seront comparées avec les résultats des post-tests. Pour obtenir un rapport amplitude / fréquence optimal il faut limiter l'influence de la fatigue qui vient modifier d'un côté la posture et de l'autre la foulée, notamment en la raccourcissant (Brigaud, 2013). Le choix d'une minute de course à

VMA est inspiré de ce qui s'est déjà fait dans la littérature, notamment chez Billat (2001). Selon elle, l'utilisation de la VMA sur un temps inférieur à trois minutes limite l'apparition des facteurs de fatigue. De plus, il s'agit ici de se rapprocher des conditions réelles de performance en compétition c'est-à-dire des « *allures de course réellement utilisées par les athlètes* » (Billat, 2001) afin que les mesures soient les plus pertinentes possibles. La VMA m'a paru être la vitesse la plus adéquate puisqu'elle est corrélée à la performance du 800m au marathon selon Billat (2001) et très corrélée à la performance du 1500m au 5000m selon Lacour (1990). Cela permet donc d'englober l'ensemble de mon groupe qui pratique majoritairement le 800m au 5000m.

Sur la base des résultats des pré-tests, deux groupes seront formés afin de pouvoir comparer l'efficacité des 6 semaines de renforcement musculaire : nous distinguerons le groupe « équilibré », regroupant les athlètes avec un bon équilibre abdominaux-lombaires (norme située entre 0,7 et 0,8 pour le ratio fléchisseurs / extenseurs du rachis), et le groupe « déséquilibré », avec les athlètes qui ne présentent pas un bon équilibre. Des fiches récapitulatives (cf annexe n°4) seront données aux athlètes afin de leur faire un retour sur leurs performances.

3.4 Analyses statistiques

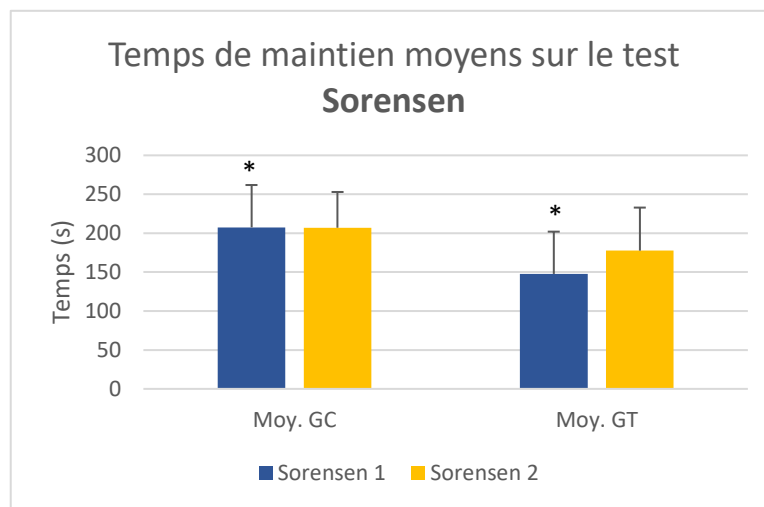
Nous avons établi l'ensemble de nos analyses statistiques à l'aide du logiciel « Microsoft Excel ». Nos statistiques se sont appuyées sur les moyennes et écart-types des deux groupes pour chaque test. Le test de Shapiro-Wilk a été utilisé pour évaluer la normalité des données. Nous avons aussi vérifié l'homogénéité des variances avec le test de Levene. Des tests paramétriques et non paramétriques ont été choisis en fonction des résultats à ces deux tests. Pour les données provenant d'un même groupe et pour lesquelles les deux conditions précédentes ont été remplies, nous avons utilisé le test Student pour échantillons appariés. Pour celles où au moins l'une des deux conditions n'est pas remplie, nous avons utilisé le test de Wilcoxon. Pour les données provenant de deux groupes différents et pour lesquelles la normalité et l'homogénéité ont été vérifiées, nous avons utilisé le test Student pour échantillons indépendants. Si l'une des deux conditions n'est pas remplie, nous avons utilisé le test de Mann-Whitney.

Enfin, nous avons calculé la taille de l'effet à partir du d de Cohen afin de déterminer la force de la relation. Les interprétations sont les suivantes : seuil à 0,2 « Faible » ; seuil à 0,5 « Moyen » ; seuil à 0,8 « Élevé » ; seuil à 1,2 « Très élevé » ; seuil à 2 « Immense ».

Pour l'ensemble des tests statistiques, nous avons estimé notre seuil de significativité à 5% ($p < 0,05$).

4. Résultats

Nous avons exprimé nos résultats statistiques sous forme de diagramme, que l'on peut retrouver ci-dessous. Chaque graphique représente les moyennes et écart-types pour chaque groupe. Ces graphiques ont été réalisés pour la totalité des tests effectués. Pour l'ensemble des graphiques le nombre « 1 » des diagrammes correspond aux résultats des **pré-tests**. Le nombre « 2 » quant à lui correspond aux résultats des **post-tests**. De même, le groupe noté « GC » correspond au groupe contrôle, que j'ai également nommé groupe des « équilibrés ». Le groupe « GT », correspond au groupe test, c'est-à-dire au groupe des « déséquilibrés ». Les résultats statistiques significatifs ($p < 0,05$) sont notés « # » sur les graphiques lorsqu'il y a une différence entre les pré-tests et les post-tests d'un groupe (facteur temps) et « * » lorsqu'il y a une différence entre les groupes (facteur groupe).



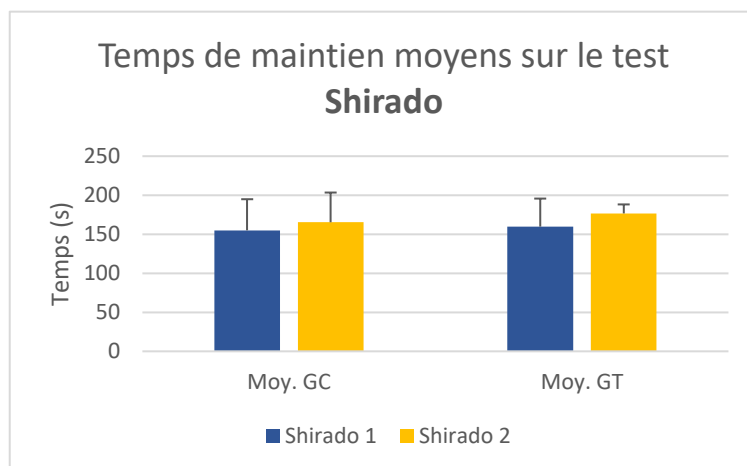
Graphique n°1 : résultats obtenus sur le test Sorensen par les deux groupes lors des pré-tests et des post-tests

(* = différence significative entre les groupes)

Pour le test Sorensen, on constate un temps de maintien de 208 ± 54 secondes pour les pré-tests et un temps de maintien de 207 ± 54 secondes lors des post-tests pour le groupe contrôle. Le groupe test possède un temps de maintien moyen de 148 ± 46 secondes lors des pré-tests contre 178 ± 55 secondes lors des post-tests.

Les statistiques mettent en avant une différence significative ($p < 0,05$) entre les résultats des deux groupes sur le test Sorensen lors des pré-tests. Le temps de maintien est significativement plus faible pour le groupe test. La taille de l'effet est quant à elle mesurée à 1,1 (seuil très élevé). Cependant, aucune différence significative n'est révélée pour les post-tests.

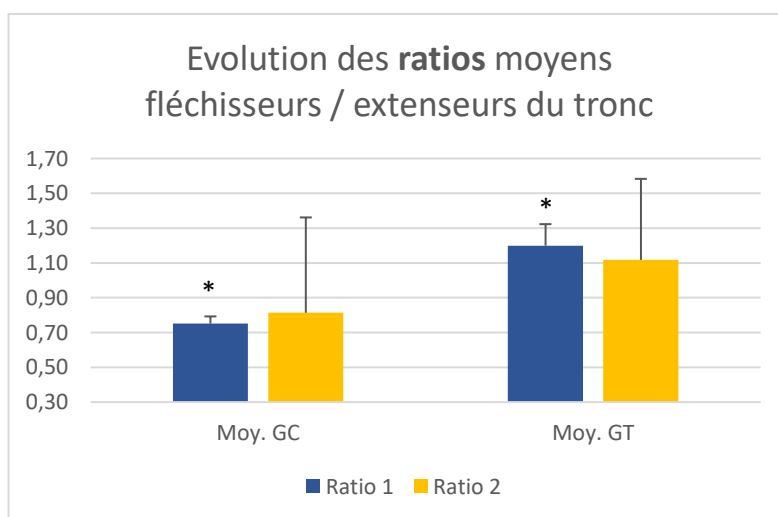
Aucun facteur temps ne s'est révélé significatif sur le test Sorensen, malgré une augmentation du temps de maintien moyen pour le groupe test ($p = 0,53$).



Graphique n°2 : résultats obtenus sur le test Shirado par les deux groupes lors des pré-tests et des post-tests

Pour le test Shirado, on remarque un temps de maintien moyen du groupe contrôle de 155 ± 40 secondes lors de pré-tests et un temps moyen de 165 ± 36 secondes lors des post-tests. Pour le groupe test, les temps de maintien sont de 160 ± 38 secondes contre 177 ± 12 secondes.

Sur le test Shirado, aucune différence significative n'est à noter que ce soit pour le facteur groupe ou le facteur temps.



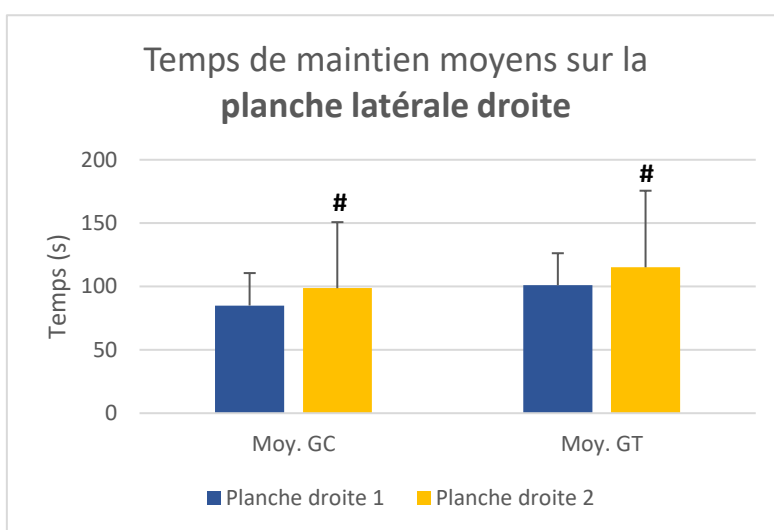
Graphique n°3 : résultats obtenus pour les ratios fléchisseurs / extenseurs du tronc par les deux groupes lors des pré-tests et des post-tests

(* = différence significative entre les groupes)

Ici, le groupe contrôle possède un ratio de $0,75 \pm 0,04$ pour les pré-tests et un ratio de $0,81 \pm 0,12$ pour les post-tests. Le groupe test quant à lui possède un ratio de $1,20 \pm 0,55$ pour les pré-tests contre $1,12 \pm 0,47$ lors des post-tests.

Le ratio fléchisseurs / extenseurs du tronc du groupe test est significativement différent de celui du groupe contrôle lors des pré-tests. On note une différence significative révélée par les résultats statistiques ($p = 0,04$), qui se traduit par un ratio plus important pour le groupe test. La taille de l'effet est de 0,9. Elle traduit donc une différence importante entre les deux groupes (seuil élevé). La différence inter-groupe est également importante pour les post-tests (taille de l'effet de 0,7) malgré une absence de résultat significatif.

En revanche, aucune différence significative n'est notée pour les post-tests de chaque groupe par rapport aux pré-tests.



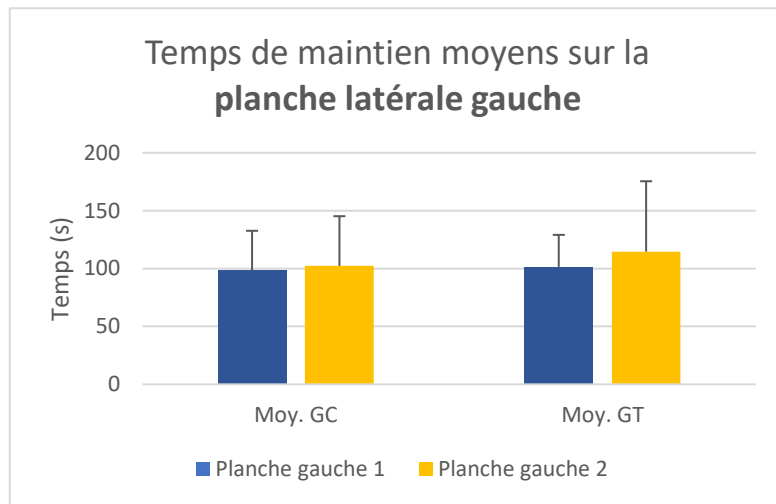
Graphique n°4 : résultats obtenus sur le test de la planche latérale côté droit par les deux groupes lors des pré-tests et des post-tests

(# = différence significative entre les pré-tests et les post-tests)

Le temps de maintien moyen du groupe contrôle est de 85 ± 26 secondes lors des premiers tests contre 99 ± 25 secondes pour les seconds. Le groupe test possède des temps de maintien de 101 ± 52 secondes contre 115 ± 50 secondes.

Pour l'analyse du facteur groupe, on ne remarque aucune différence significative ($p = 0,49$ pour les pré-tests et $p = 0,53$ pour les post-tests).

Pour le facteur temps, on observe une différence significative ($p = 0,03$) du temps de maintien entre les pré-tests et les post-tests chez le groupe contrôle. Le temps moyen a augmenté de 14 secondes. Cela est appuyé par une taille de l'effet de 0,5, qualifiée de « moyenne ». Idem chez le groupe test, pour lequel le temps de maintien sur la planche latérale droite a significativement augmenté ($p = 0,04$). Le temps de maintien est amélioré de 14 secondes en moyenne. La taille de l'effet est quant à elle de 0,3 (seuil faible).

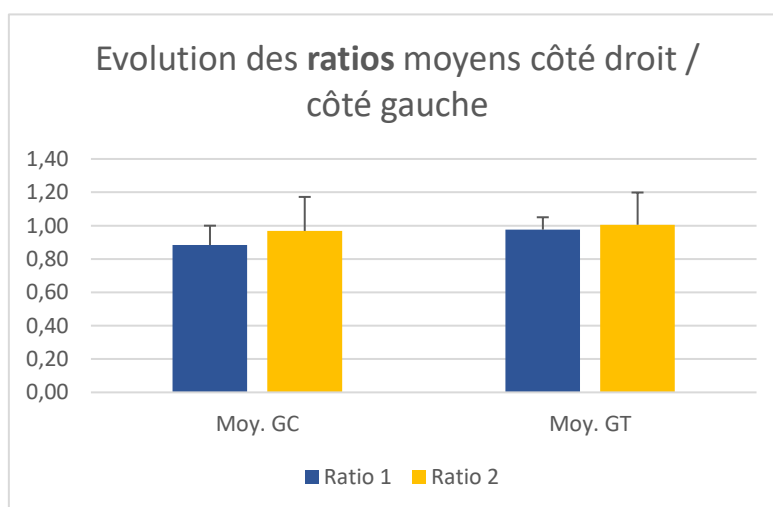


Graphique n°5 : résultats obtenus sur le test de la planche latérale côté gauche par les deux groupes lors des pré-tests et des post-tests

Pour la planche latérale gauche, le groupe contrôle possède un temps de maintien de 98 ± 34 secondes pour les pré-tests et un temps de 102 ± 28 secondes pour les post-tests. Le groupe test quant à lui a des temps similaires à la planche latérale droite : 101 ± 43 secondes pour les pré-tests et 115 ± 61 secondes pour les post-tests.

Les groupes contrôle et test ne présentent pas de différence sur ce test en termes statistiques ($p = 0,88$ pour les pré-tests et $p = 0,64$ pour les post-tests).

De plus, malgré des moyennes similaires au test de la planche latérale droite, il n'y a pas de différence intra-groupe significative entre les pré-tests et les post-tests ($p = 0,68$ pour le groupe contrôle et $p = 0,21$ pour le groupe test).

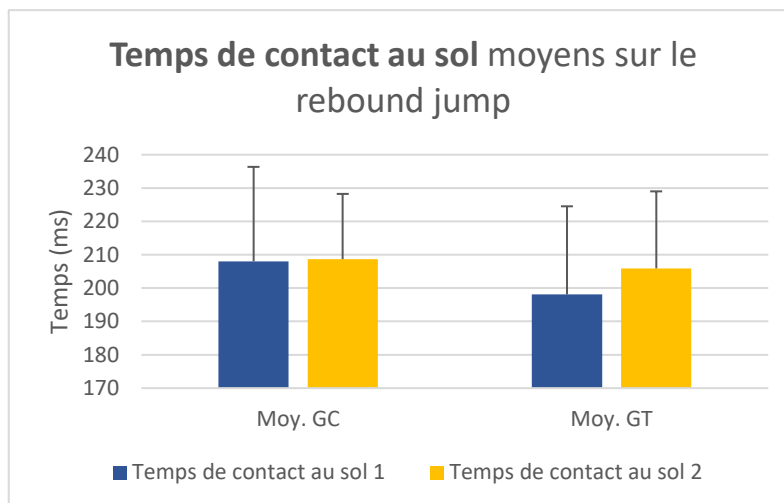


Graphique n°6 : résultats obtenus pour les ratios côté droit / côté gauche par les deux groupes lors des pré-tests et des post-tests

On remarque un ratio de $0,88 \pm 0,12$ pour le groupe contrôle lors des pré-tests et un ratio de $0,97 \pm 0,07$ lors des post-tests. Pour le groupe test, ces ratios sont respectivement de $0,98 \pm 0,20$ et $1,01 \pm 0,19$.

Pour le facteur groupe, on ne distingue pas de différence significative sur ces ratios.

De plus, malgré une légère augmentation des résultats pour les deux groupes, aucune différence significative n'a été révélée pour le facteur temps. Ici, la taille de l'effet est mesurée à 0,8 (seuil élevé) pour le groupe contrôle et 0,2 (seuil faible) pour le groupe test.

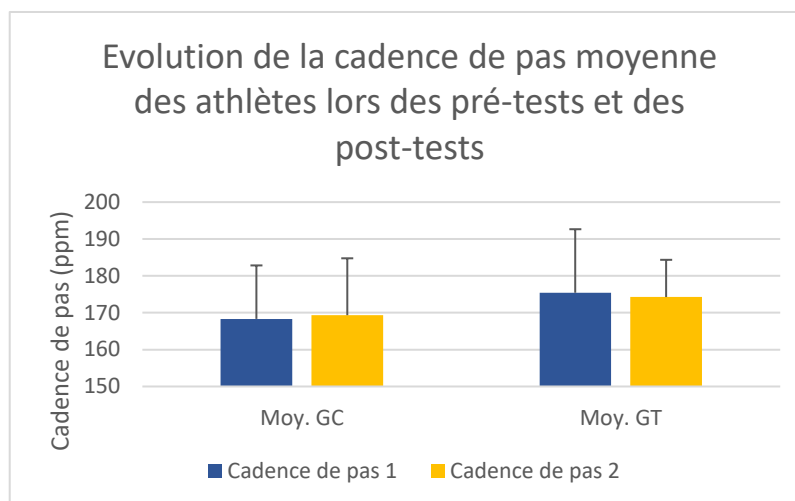


Graphique n°7 : résultats obtenus sur le rebound jump pour les temps de contact au sol par les deux groupes lors des pré-tests et des post-tests

Le groupe contrôle présente un temps de contact au sol moyen de 208 ± 28 millisecondes pour les pré-tests. Ce temps est de 209 ± 26 millisecondes pour les post-tests. Le groupe test quant à lui a un temps moyen de 198 ± 20 millisecondes pour les pré-tests contre un temps de 206 ± 23 millisecondes pour les post-tests.

Aucune différence significative n'est révélée par les tests statistiques pour le facteur groupe ($p = 0,39$ pour les pré-tests et $0,82$ pour les post-tests). Il n'y a pas de différence inter-groupe.

On ne remarque pas non plus de différences majeures pour le facteur temps ($p = 0,3$ pour le groupe test).

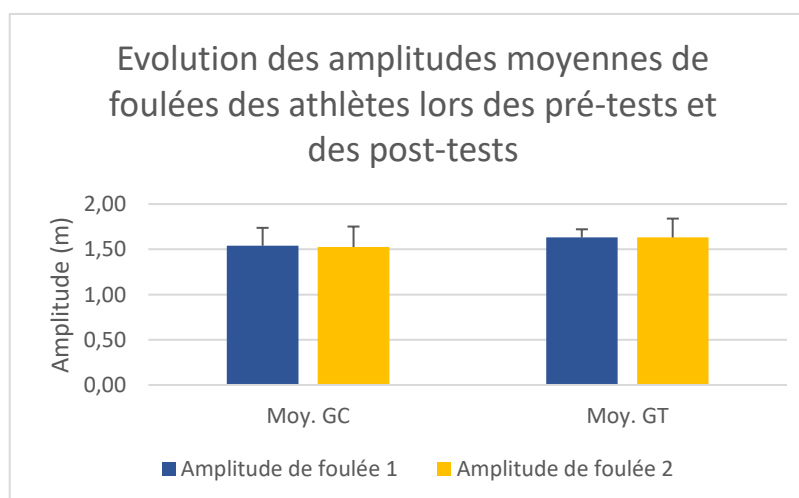


Graphique n°8 : résultats obtenus pour l'analyse de la cadence de pas sur le test de la course par les deux groupes lors des pré-tests et des post-tests

La cadence de pas moyenne du groupe contrôle est de 168 ± 15 pas par minute pour les premiers tests contre 169 ± 17 pour les deuxièmes. Le groupe test présente une cadence moyenne de 175 ± 15 pas par minute pour les premiers tests contre 174 ± 10 pour les seconds.

On observe une différence de cadence entre les deux groupes avec un groupe contrôle qui a une cadence plus faible. Il effectue donc moins de pas par minute. Mais cette différence ne s'avère pas significative ($p = 0,36$ pour les pré-tests et $p = 0,45$ pour les post-tests). La taille de l'effet est de 0,5 pour les pré-tests et 0,4 pour les post-tests.

Pour ce qui est du facteur temps, les cadences de pas n'ont pas évolué : elles restent comparables. Il n'y a donc pas de différence ($p = 0,78$ pour le groupe contrôle et $p = 0,71$ pour le groupe test).



Graphique n°9 : résultats obtenus pour l'analyse de l'amplitude de foulée sur le test de la course par les deux groupes lors des pré-tests et des post-tests

On remarque une amplitude de pas moyenne du groupe contrôle de 154 ± 20 cm pour les pré-tests contre $153 \pm 0,03$ cm pour les post-tests. Cette amplitude moyenne est respectivement de $163 \pm 0,23$ cm et $163 \pm 0,21$ cm pour le groupe test. Cela représente un écart moyen de 10 centimètres entre les deux groupes.

La cadence et l'amplitude étant liées, on observe ici aussi une absence de différence significative en termes d'amplitude de foulée pour le facteur groupe ($p = 0,43$ pour les pré et post-tests).

Pour ce qui est du facteur temps, on ne remarque aucune évolution entre les pré-tests et les post-tests chez les deux groupes ($p = 1,0$ pour le groupe contrôle et $p = 0,84$ pour le groupe test). L'amplitude reste similaire.

5. Discussion

Si l'on s'attarde sur les tests strictement liés aux capacités abdominales et lombaires, on remarque une légère tendance à la progression.

De façon générale, pour le facteur temps, on pourrait penser que les deux groupes se sont améliorés. Pour le test Sorensen, on remarque une progression du groupe test de 28% contre 22% pour le test Shirado. Pour le ratio fléchisseurs / extenseurs du tronc, la quasi-totalité du groupe expérimental avait un ratio inversé, c'est-à-dire bien supérieur à 0,8. Beaucoup étaient même supérieurs à 1. Cela signifie que leur sangle abdominale était plus forte que leur région lombaire. On remarque une progression importante, de 31% en moyenne. Tous se sont rapprochés de la norme située entre 0,7 et 0,8. Parmi eux, cinq athlètes ont atteint cette norme. On observe ces mêmes tendances pour le groupe contrôle sur la planche latérale gauche où l'on remarque une amélioration de 10% et sur le ratio planche latérale droite / planche latérale gauche qui est amélioré de 12%.

Malgré des pourcentages de progression qui semblent importants, d'un point de vue statistique, ces améliorations sont non significatives. La tendance que nous venons d'évoquer ne peut pas être directement appliquée au protocole. Les deux groupes ne présentent donc aucune amélioration significative entre les pré-tests et les post-tests sur les tests suivants : les tests Sorensen, Shirado, ratio fléchisseurs / extenseurs du tronc et la planche latérale gauche. En revanche, une amélioration significative est mise en avant ($p < 0,05$) pour la planche latérale droite : le groupe test et le groupe contrôle ont amélioré leurs temps de maintien de 14 secondes. Cela signifie que les 6 semaines d'entraînement n'ont eu que très peu d'effet sur les tests de gainage.

D'un point de vue du facteur groupe, certaines différences apparaissent. Sur le test Sorensen, on remarque une différence significative entre les deux groupes lors des pré-tests. Cette différence est de

60 secondes. La taille de l'effet mesurée, à 1,1, indique que l'écart entre les deux groupes est important. Or sur le test Shirado, qui évalue l'endurance abdominale, les résultats des deux groupes ne sont pas différents. Cela montre bien que les extenseurs du rachis sont une source de faiblesse chez le groupe test. De même, on observe un écart significatif entre les deux groupes lors des pré-tests pour le ratio fléchisseurs / extenseurs du tronc. Cet écart est de 0,45. Le ratio fléchisseurs / extenseurs du tronc étant notamment dépendant des résultats du test Sorensen, la différence que l'on retrouve ici est directement liée à celle du test Sorensen. Cependant, que ce soit pour le test Sorensen ou le ratio fléchisseurs / extenseurs du tronc, les statistiques ne se révèlent plus significatives sur les post-tests : il n'y a plus de différence entre les deux groupes. Cela signifie donc que leurs résultats se sont rapprochés et qu'ils apparaissent similaires. Ainsi, après 6 semaines d'entraînement, la différence entre les deux groupes est passée de 60 secondes lors des pré-tests à seulement 29 secondes pour les post-tests sur le test Sorensen. Pour le ratio, l'écart est passé de 0,45 à 0,31. Il est à noter que ce rapprochement se situe dans le sens d'une amélioration des résultats du groupe test.

Si l'on regarde maintenant les tests liés aux indicateurs de l'économie de course, on remarque une absence de progression des deux groupes.

Pour le facteur temps, le groupe test présente une absence de résultats sur les temps de contact au sol, la cadence et l'amplitude de pas qui restent proches des pré-tests aux post-tests. Les résultats du groupe contrôle sont similaires : on observe une absence de progression sur l'ensemble des trois tests. Ainsi, aucun facteur temps n'est révélé. L'entraînement de 6 semaines n'a pas permis aux athlètes de s'améliorer sur les indicateurs liés à l'économie de course.

Pour le facteur groupe, aucune différence n'est révélée entre le groupe test et le groupe contrôle. On considère leurs résultats comme similaires.

Ainsi, l'ensemble de ces résultats nous pousse à valider l'hypothèse H0 : la mise en place de ce protocole de 6 semaines n'a permis aucune amélioration significative de l'endurance abdominale et lombaire ni aucune amélioration des indicateurs d'économie de course analysés chez les individus dits déséquilibrés qui ont suivis le renforcement musculaire.

De manière générale, on retrouve des résultats similaires dans la littérature. Peu d'études ont démontré une efficacité d'un renforcement abdominaux-lombaires sur les performances en endurance. Parmi celles-là, on retrouve celle de Sato et al. (2009), qui ont testé l'effet d'un protocole de gainage sur la performance au 5000m. Ils sont les seuls à avoir obtenu une amélioration significative des performances en endurance du groupe expérimental. Mais aucune amélioration de l'économie de course n'a pour autant été démontrée.

Outre cette étude, la plupart des auteurs ayant conduit un protocole de gainage abdominaux-lombaires ont obtenu des résultats similaires aux miens sur l'économie de course (Stanton et al., 2004 ; Tse et al., 2005 ; Belaid et al., 2018). En revanche, les protocoles ont révélé des améliorations plus importantes que les miennes en termes de gainage. Ainsi, les principaux résultats que l'on retrouve dans la littérature sont les suivants : des effets significatifs ont été relevés sur les performances des sujets en gainage (Stanton et al., 2004 ; Tse et al., 2005 ; Belaid et al., 2018). Mais leurs protocoles n'ont pas eu d'effet sur les différents tests physiques qui ont été menés en parallèle. L'effet d'un programme de gainage sur la performance en endurance et l'économie de course a pourtant été évalué dans différents sports. Mais les résultats restent sensiblement les mêmes. Par exemple, Tse et al. (2005) ont réalisé différents tests physiques en aviron, dont un 2000m. Leurs résultats montrent une amélioration des performances sur les tests de gainage de McGill, sans aucune amélioration pour les performances en endurance. Idem pour Stanton et al. (2004), qui ont évalué l'impact de la stabilité du tronc sur l'économie de course chez de jeunes basketteurs et footballeurs. Une amélioration de la stabilité du tronc a été révélée, mais sans impact sur l'économie de course. Des études ont également été menées en athlétisme. Belaid et al. (2018) ont mis en place un protocole auprès de marcheurs, effectuant eux-aussi des performances d'endurance. Comme Stanton et al. (2004) et Tse et al. (2005), ils ont obtenu une amélioration des performances sur les tests de gainage de McGill sans amélioration des performances en endurance ni amélioration de l'économie de course. Ainsi, à l'heure actuelle, aucune étude n'a pu mettre en avant une relation avérée entre un renforcement abdominaux-lombaires et une amélioration de l'économie de course.

Hibbs et al. (2008) tentent d'expliquer le manque de résultats à la suite de la mise en place de ces protocoles. Ils relèvent deux points importants. Tout d'abord, ils mettent en avant des protocoles éloignés de la réalité de l'entraînement. Les exercices amenant une amélioration en termes de performance semblent être ceux se rapprochant au plus près de la discipline. Tous les exercices statiques ne semblent pas les plus adaptés dans le cadre de ce type de protocole. Ainsi, ils considèrent qu'avec ce type d'exercices, la progression réalisée au niveau des abdominaux ne peut pas se transférer à la performance. D'un autre côté, Hibbs et al. (2008) expliquent que les charges utilisées pour les exercices de renforcement sont probablement trop faibles. La plupart des exercices sont effectués à poids de corps, ou avec poids libres. De manière générale, c'est ce qui est recommandé dans la littérature. Toutefois, selon eux, il serait intéressant de tester un protocole utilisant des exercices polyarticulaires mettant en jeu le *core* mais permettant d'utiliser des charges (par exemple le squat). L'utilisation de charges lourdes permettrait un travail global sollicitant plus arduement le tronc. Des charges de 60 à 100% d'1RM permettraient un réel renforcement du tronc. Hibbs et al. (2008) évoquent par ailleurs l'étude de Myer

et al. (2005) qui est la seule étude présentant des résultats en termes de performance et dans laquelle des charges lourdes ont été utilisées.

Par conséquent, les résultats obtenus pour ce mémoire ajoutés à l'ensemble des éléments de la littérature nous fournissent de nouvelles pistes de progression.

Nous pouvons d'abord discuter de l'amélioration du protocole qui a été mis en place ici. La durée de ce protocole (6 semaines) semble trop faible pour apporter des résultats majeurs sur les tests effectués. Il serait intéressant de réaliser un entraînement sur une durée plus longue pour voir si des effets sont alors observés. Un protocole de 8 semaines a par exemple permis à Belaid et al. (2018) comme Tse et al. (2005) d'obtenir des résultats sur les tests de gainage. Si la durée du protocole n'est pas modifiable, il pourrait être pertinent d'ajouter une séance d'entraînement par semaine. Dans la littérature, les auteurs comme Stanton et al. (2014) ayant démontré des résultats ont proposé deux entraînements par semaine au lieu d'un seul. De même, la taille des deux groupes étant différente ($GC = 6$; $GT = 12$), cela n'a pas facilité l'analyse des résultats. Il semble compliqué d'obtenir deux échantillons de même taille en sachant que ces groupes sont formés à la suite des résultats des pré-tests. Ils ne sont pas choisis : leur création est aléatoire. Il serait donc pertinent de réaliser ce protocole sur un nombre d'athlètes plus important, comme Tse et al. (2005) qui ont composé leur étude sur la base de deux groupes de 20 et 25 sportifs. Cela favoriserait peut-être des résultats plus significatifs et limiterait l'influence d'une différence de taille des échantillons. Il faudrait également envisager la mise en place de ces tests sur un groupe de niveau homogène. Ici, nos résultats statistiques pallient de la différence de niveau : les écart-types sont importants sur la plupart des tests. Cela influe notamment sur la significativité des résultats. En choisissant un groupe de niveau homogène, nous pourrions peut-être réduire cet effet. Pour autant, le niveau des athlètes qui ont participé à mes séances semble adéquat. Ils possèdent une marge de progression que n'ont pas les sportifs de meilleur niveau. Cela permet l'observation de possibles améliorations en termes de gainage et de performance. Pour terminer, comme nous l'avons dit plus haut, il serait intéressant de réitérer ce protocole mais avec des exercices à charges lourdes. Cela servirait à confirmer, ou non, les hypothèses de Hibbs et al. (2008) selon lesquelles un entraînement avec exercices polyarticulaires à charges lourdes est le plus pertinent pour améliorer la musculature du tronc tout en permettant un transfert sur la performance et l'économie de course.

Enfin, il est important de se pencher sur la fiabilité et la qualité des tests réalisés. Aucun souci n'a été rencontré sur les tests de McGill. Ils sont très bien décrits dans la littérature, ils sont simples à mettre en place et les consignes sont claires. De même pour le Rebound Jump dont le protocole est détaillé dans le manuel d'utilisation de l'Optojump. Cela m'a assuré une certaine fiabilité de ces tests et a laissé peu de place aux variabilités. Cependant, il faut émettre certaines limites quant au test de la course à VMA.

Les consignes étaient claires : les sujets devaient courir à VMA pendant une minute et respecter une certaine distance de course à réaliser. Mais ce test n'a pas été simple. Les athlètes qui connaissent leurs allures n'ont pas eu de soucis pour respecter les consignes. D'autres ont eu plus de difficultés et n'ont pas toujours respecté les allures que je leur avais indiqué. Le vent, la fatigue accumulée, le manque de connaissance de soi et de ses allures sont des facteurs qui ont influencé ce test. Cela laisse donc place à certaines variabilités dans mes résultats. Si ce protocole était à refaire, je modifierais deux éléments dans la mise en place de cette course. D'abord, je réaliserais ce test sur une piste intérieure afin de limiter l'influence de la météo sur les résultats. Dans un second temps, je placerais des plots tous les 20 mètres environ sur la piste afin de donner plus de repères de course aux athlètes qui ont du mal à respecter leurs allures. Il est possible que les soucis rencontrés ici aient d'ailleurs favorisé l'absence de résultats. Cela démontre la nécessité de travailler à partir d'un protocole et d'un matériel précis et qualitatifs.

Toutefois, il est possible de proposer quelques perspectives quant à la réalisation de ce protocole. Il est à noter que les tests effectués dans le cadre de ce mémoire sont simples à mettre en place sur le terrain. Il est donc facile de réitérer cette étude. Ces tests sont également intéressants pour effectuer un retour rapide au coach : ils mesurent des capacités connues et permettent d'obtenir des données facilement interprétables. Enfin, ces tests étant faciles à mettre en place, il peut être intéressant pour l'entraîneur de les réaliser de nouveau dans l'année afin de comparer les résultats de ses athlètes à cet instant aux résultats obtenus lors de mon protocole. Cela rend le suivi des athlètes simple et tout à fait réalisable pour le coach. Les résultats lui permettent alors d'orienter son entraînement et d'axer ses séances de renforcement sur les faiblesses qu'il remarque chez ses athlètes. Cela favoriserait leur progression. De même, l'entraîneur pourrait se servir de ces résultats pour former des groupes de niveau similaire et ainsi proposer des entraînements davantage individualisés.

6. Conclusion

La littérature scientifique met en avant l'importance capitale du renforcement musculaire du tronc. En théorie, celui-ci devrait améliorer le transfert de force, le temps de contact au sol ainsi que l'économie de course chez les athlètes, et cela grâce à sa position centrale dans le corps. L'équilibre entre la force abdominale et la force lombaire semble alors être une condition à cette amélioration de performance. Un renforcement musculaire du tronc servant à rééquilibrer ces deux régions devrait améliorer les performances en endurance, via une meilleure économie de course.

Pourtant, les résultats obtenus dans cette étude ne permettent pas de conforter ce qu'avance la littérature. Cela concorde avec de nombreuses autres études qui ont démontré une amélioration des performances en gainage sans amélioration de la performance en endurance ni de l'économie de course chez les sujets ayant suivi le protocole. Ainsi, il est aujourd'hui admis que, théoriquement, le gainage devrait être un élément central de la performance. Mais la réalité du terrain semble bien éloignée.

Malgré l'absence de résultats significatifs dans ce mémoire, plusieurs éléments peuvent être relevés. Cette étude apparaît comme un rappel quant aux différences qui existent entre théorie et terrain. L'absence de résultats significatifs que l'on retrouve ici, mais aussi dans les recherches relevées dans la littérature, doit laisser place à une réflexion quant à l'utilisation du gainage à l'entraînement. À l'heure actuelle, nous pouvons retenir que les exercices de renforcement habituellement préconisés ne sont pas les plus adéquats pour l'amélioration de l'économie de course. Les exercices statiques, isométriques et à poids de corps ne sont pas efficaces. Il semble donc nécessaire de changer de stratégie d'entraînement. Des études complémentaires doivent alors être menées sur l'efficacité d'un renforcement musculaire du tronc avec charges lourdes pour guider les entraîneurs dans leurs choix.

7. Bibliographie

- Belaïd, F., Balducci, P., Hautier, C.A., Boufaroua, M. et Nabila, M. (2018). L'effet d'un programme d'entraînement simultané du gainage et de l'endurance sur la performance des marcheurs. 1 – 15.
- Bjelica, B., Borislav, C., Ljubica, M., Mila, Z. et Danijel, B. (2021). Use of Modern methods for Evaluation of Motor Performance. *International Journal of Physical Education, Fitness and Sport* 10, **1**, 10 – 15.
- Bodart, M., Bruyninckx, M. et Cauchie, D. (2020). *Pourquoi utiliser des outils numériques dans le cadre de son entraînement en course à pied ?*. 9^{ème} édition du Festival des Jeunes Chercheurs dans la Cité, Lille.
- Boudet, G., Chausse, P., Thivel, D., Rousset, S., Mermillod, M., Baker, J., Parreira, L., Esquirol, Y., Duclos, M. et Dutheil, F. (2019). How to measure sedentarity at work ?. *Front Public Health* 7, **167**, 1 – 11.
- Brigaud, F. (2013). *La course à pied : posture, biomécanique, performance*. Gap : Désiris Eds.
- Cissik, J. (2011). The Role of Core Training in Athletic Performance, Injury Prevention, and Injury Treatment. *Strenght and Conditioning Journal* 33, **1**, 10 – 15.
- Cortell-Tormo, J., Garcia-Jaén, M., Chulvi-Medrano, I., Hernandez-Sanchez, S., Lucas-Cuevas, A. et Tortosa-Martinez, J. (2017). Influence of Scapular Position on the Core Musculature Activation in the Prone Plank Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research* 31, **8**, 2255 – 2262.
- Da Silva Rubens, A. (2003). *Évaluation de la force et de l'endurance des muscles du dos chez des sujets sains et lombalgiques : étude comparative de différents tests*. Mémoire, Université de Montréal, Montréal.
- Demoulin, C., Vanderthommen, M., Duysens, C. et Crielaard, J.M. (2006). L'évaluation de la musculature rachidienne par le test de Sorensen : revue de la littérature et analyse critique. *Revue du Rhumatisme* 73, **1**, 39 – 46.
- Duchêne, Y. (2021). *Place du Core Stability dans les interactions posture-mouvement chez le sportif : de la régulation de l'équilibre au risque de blessure*. Thèse, Université de Lorraine.

- Fransoo, P., Dassain, C. et Mattucci, P. (2009). Mise en pratique du test de Shirado: Implementation of the Shirado test. *Kinésithérapie la revue* 87, **9**, 39 – 42.
- Fuller, D., Colwell, E., Low, J., Orychock, K., Tobin, M.A., Simango, B., Buote, R., Van Heerden, D., Luan, H., Cullen, K., Slade, L., et Taylor, N. (2020). Reliability and Validity of Commercially Available Wearable Devices for Measuring Steps, Energy Expenditure, and Heart Rate: Systematic Review. *JMIR Mhealth and Uhealth*, 8, **9**, e18694.
- Graf, S. (1998). *L'auto-grandissement rachidien existe-t-il ?*. Mémoire, Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- Grand, J.M. et Maillard, C. (2014). Gainage, Posture et Rugby. In M Julia, A Dupeyron, S Perrey et C Hérisson (Coord.). *La stabilisation lombo-pelvienne : du gainage au concept de core stability* (pp. 182 – 206). Montpellier : Sauramps Medical.
- Guilhem, G. (2014). L'entraînement musculaire à la croisée des chemins. *Réflexion Sport- INSEP*, **9**, 60 – 81.
- Hibbs, A., Thompson, K., French, D., Wrigley, A., et Spears, I. (2008). Optimizing Performance by Improving Core Stability and Core Strength. *Sports Medicine* 38, **12**, 995 – 1008.
- Pauly, O. (2016). *Posture et gainage: santé et performance*. Belgique : De Boeck Supérieur.
- Puleo, J., et Milroy, P. (2020). *Anatomie de la course à pied*. Belgique : De Boeck supérieur. Vol. 1.
- Rivera, C.E. (2016). Core and Lumbopelvic Stabilization in Runners. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* 27, **1**, 319 – 337.
- Santos-Concejero, J., Granados, C., Irazusta, J., Bidaurrezaga-Letona, I., Zabala-Lili, J., Tam, N. et Gil, S.M. (2013). Differences in ground contact time explain the less efficient running economy in north African runners. *Biology of Sport* 30, **3**, 181 – 187.
- Sato, K. et Mokha, M. (2009). Does Core Strength Training Influence Running Kinetics, Lower-Extremity Stability, and 5000-m Performance in Runners? *Journal of Strength and Conditioning Research* 23, **1**, 133 – 140.

Stanton, R., Reaburn, P. et Humphries, B. (2004). The Effect of Short-Term Swiss Ball Training on Core Stability and Running Economy. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18, 3, 522 – 528.

Tse, M.A., McManus, A.M., et Masters, R.S. (2005). Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college-age rowers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19, 3, 547 – 552.

Volmer, J.C. (1997) Témoignage de Jean-Claude Volmer - Coordonnateur national du demi-fond. Fédération Française d'Athlétisme. In C Thépaut-Mathieu, C Miller et J Quièvre (Coord.). Entraînement de la force. Spécificité et planification. Actes du 1er stage international de formation continue pour entraîneurs de sportifs de haut niveau (pp. 305 – 311). Paris : Eurathlon 95.

Willardons, J.M. (2007). Core stability training : applications to sports conditioning programs. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21, 3, 979 – 985.

Zatta, S. (1999). Renforcer les abdominaux correctement et sans en oublier!. *Revue de l'Education Physique* 39, 2, 51 – 66.

8. Annexes

Annexe n°1 : tableau des résultats

Prénom	Sorensen 1	Sorensen 2	Shirado 1	Shirado 2	Ratio 1	Ratio 2	Planche droite	Planche droite	Planche gauche	Planche gauche	Ratio 1	Ratio 2	Nb de contacts	Nb de contacts	Cadence 1	Cadence 2	Amplitude 1	Amplitude 2
Clémence	240	240	180	180	0,8	0,8	123	135	149	145	0,83	0,93	199	236	160	168	1,3	1,5
Nell	138	106	67	180	0,5	1,7	45	52	73	60	0,62	0,87	230	230	168	166	1,5	1,6
Gaspard	150	160	180	180	1,2	1,1	196	190	149	177	1,32	1,07	174	252	174	180	2,0	1,7
Anouk	110	112	90	92	0,8	0,8	60	73	73	82	0,82	0,89	189	201	162	154	1,5	1,6
Corinne	60	80	140	180	2,3	2,3	55	48	60	56	0,92	0,86	232	213	170	174	1,1	1,2
Camille	240	240	180	180	0,8	0,8	70	72	67	75	1,04	0,96	261	239	150	148	1,5	1,5
Enzo	210	240	180	180	0,9	0,8	120	140	113	149	1,06	0,94	199	191	184	184	1,9	2,0
Mathilde	105	129	100	180	1,0	1,4	55	48	55	60	1,00	0,80	195	203	150	157	1,6	1,6
Manon	182	193	180	180	1,0	0,9	50	80	73	83	0,68	0,96	212	200	168	174	1,5	1,4
Laura	175	170	120	180	0,7	1,1	65	100	67	105	0,97	0,95	190	172	174	168	1,5	1,6
Lazare	240	240	180	180	0,8	0,8	109	120	119	124	0,92	0,97	219	215	192	192	1,8	1,7
Houdeyfa	175	161	180	180	1,0	1,1	87	120	92	124	0,95	0,97	192	190	180	174	1,8	1,7
Clémence	170	180	170	140	1,0	0,8	70	60	73	56	0,96	1,07	207	228	150	162	1,6	1,4
Lou	240	240	180	180	0,8	0,8	83	92	115	83	0,72	1,11	190	189	172	186	1,7	1,4
Hamida	182	240	180	180	1,0	0,8	144	202	147	250	0,98	0,81	187	203	193	176	1,6	1,6
Olivier	135	162	180	180	1,3	1,1	130	132	141	136	0,92	0,97	174	181	199	175	1,6	1,8
Maximilien	185	240	180	180	1,0	0,8	180	208	180	150	1,00	1,39	198	212	190	196	1,7	1,7
Stéphanie	80	240	180,0	180	2,3	0,8	80	102	61	75	1,31	1,36	177	168	179	173	1,7	1,8
Moyennes	168	187	158	173	1,05	1,02	96	110	100	111	0,95	0,99	201	207	173	173	1,6	1,6
Ecart-type	55	55	38	22	0,49	0,41	44	51	39	51	0,18	0,16	23	24	15	13	0,2	0,2
Moy. GC	208	207	155	165	0,75	0,81	85	99	98	102	0,88	0,97	208	209	168	169	1,55	1,55
E-T. GC	54	54	40	36	0,04	0,12	26	25	34	28	0,12	0,07	28	26	15	17	0,18	0,10
Moy. GT	148	178	160	177	1,20	1,12	101	115	101	115	0,98	1,01	198	206	175	174	1,63	1,63
E-T. GT	46	55	38	12	0,55	0,47	52	60	43	61	0,20	0,19	20	23	15	10	0,23	0,21

1 : pré-tests

2 : post-tests

Lignes en gras & italique : groupe contrôle

Lignes normales : groupe test

GC : groupe contrôle

GT : groupe test

Déf : déficit

Eq : équilibre

Légende			
Sorensen	Shirado	Ratio	Ratio planche
Faible (<58)	Faible (< ou = 60)	Faiblesse abdo (< 0,7 à 0,8)	Déf. droite (<0,95)
Moyen (58 à 90)	Moyen (60 à 90)	Equilibre (0,7 à 0,8)	Eq. (0,95 à 1,05)
Bon (90 à 150)	Bon (90 à 150)	Faiblesse lombaires	Déf. Gauche
Très bon (150 à 190)	Très bon (>150)	!! lomboalgie	
Excellent (>190)			

Annexe n°2 : déroulement du protocole

Semaines	Date	Thème	Objectif	Séance	Temps d'entraînement
N°1	Lundi 10 janvier	Pré-tests	Test	Echauffement - Tests McGill - OptoJump - Course	1h à 1h30
N°2	Lundi 17 janvier	Chaîne postérieure	End. Muscu	Gainage dorsal	20 à 30 minutes
	Mercredi 19 janvier				
N°3	Lundi 24 janvier	Abdominaux-lombaires	End. Muscu	Circuit training	20 à 30 minutes
	Mercredi 26 janvier				
N°4	Lundi 31 janvier	Abdominaux-lombaires	End. Muscu	Circuit training	20 à 30 minutes
	Mercredi 2 février				
N°5	Lundi 7 février	Chaîne postérieure	End. Muscu	Gainage dorsal	20 à 30 minutes
	Mercredi 9 février				
N°6	Lundi 14 février	Abdominaux-lombaires	End. Muscu	Circuit training type superset agoniste	20 à 30 minutes
	Mercredi 16 février				
N°7	Lundi 21 février	Abdominaux-lombaires	End. Muscu	Circuit training	20 à 30 minutes
	Mercredi 23 février				
N°8	Lundi 28 février	Post-tests	Test	Echauffement - Tests McGill - OptoJump - Course	1h à 1h30

End. Muscu : endurance musculaire

Annexe n°3 : exemple de séance effectuée au cours des 6 semaines

Abdos-lombaires

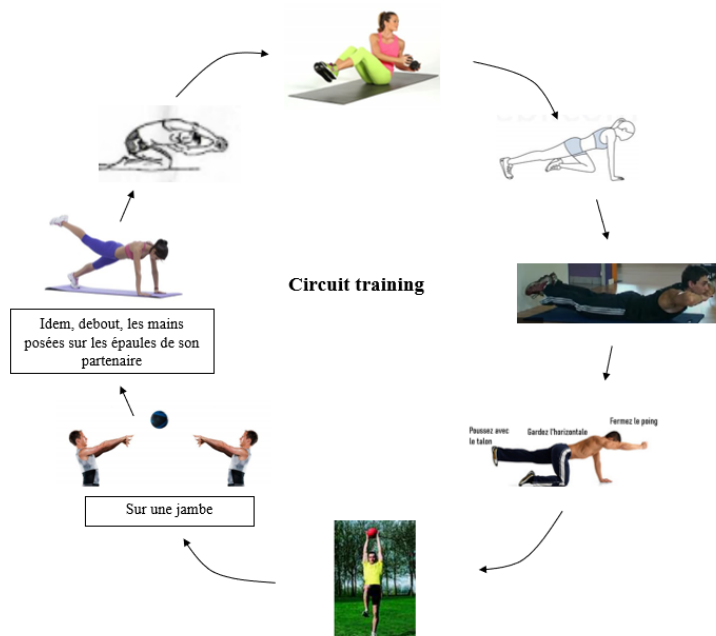
SÉANCE N° 5

30 minutes

Circuit training type superset agoniste - 2 tours - R' = 1'30

Exercice	Tps travail / Tps récup	Matériel	Consignes principales
Russian Twist	40" / 0"	Tapis & Médecine ball	Pieds décollés du sol non croisés - buste à 45° - rotation initiée par les épaules - contraction vol. abdos
Mountain climber	40" / 20"	Tapis	Dos droit - Fesses alignées - Monter les genoux le plus loin possible
Extensions au sol	40" / 0"	Tapis	Sur le ventre - Aligné - Mains décollées du sol - Pieds collés - Soulever jambes et serrer omoplates en même temps - Iso 2"
Bird dog	40" / 20"	Tapis	A 4 pattes - Dos plat - Tête alignée - Tendre bras et jambes opposés - Poing de la main serré - Contraction iso 2"
Montées de genoux avec Médecine ball	40" / 0"	Médecine ball	Bras tendus au dessus de la tête - MB tenu à 2 mains - MG en avançant - Genoux hauts - épaules stables
Lancer de médecine ball unilatéral	40" par jambe / 20"	Par 2 - Médecine ball	Sur une jambe - MB poitrine - Lancer à gauche ou à droite du partenaire - Garder l'alignement
Extensions de jambe à 2	40" / 0"	Par 2	Mains sur épaules du partenaire - Extension de jambe - Contraction iso 2" - Déstabiliser l'autre en le poussant
Rotations du dos	40" / 20"	Tapis	Assis sur talons - Mains liées au dessus tête - Penché vers l'avant - Menton Poitrine - Rotation gauche/milieu/droite

Illustration :



Détail des évolutions : les différentes séances ont évolué au cours du temps en fonction des recommandations trouvées dans la littérature. Les athlètes sont passés d'exercices statiques lors des premières séances à des exercices dynamiques (exemple : montées de genoux), unilatéraux (exemple :

lancer de médecine ball sur une jambe) ou encore sur surface instable. De même, les exercices ont d'abord été centrés sur les abdominaux et les lombaires, avant de comprendre un ensemble plus global de muscles. Ici, l'objectif était de créer un équilibre général en travaillant également les fléchisseurs et extenseurs de jambes par exemple. C'est donc vers cela que nous avons essayé de tendre au fur et à mesure du temps. L'objectif était également de se rapprocher de la discipline : les exercices statiques ne mettent pas en jeu le corps de façon similaire à la discipline. La mise en place d'exercices dynamiques permet de solliciter les mêmes muscles que lors de la pratique. Nous sommes donc allés d'un travail général à un travail plus spécifique.


Annexe n°4 : exemple type d'une fiche retour donnée aux athlètes

FICHE ATHLÈTE


<div style="background-color: white; padding: 5px; border: 1px solid #ccc; margin-bottom: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">Stéphanie</p> <p style="text-align: center; font-size: 8px; margin: 0;">NOM PRENOM</p> </div>	<div style="background-color: white; padding: 5px; border: 1px solid #ccc; margin-bottom: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">34 ans</p> <p style="text-align: center; font-size: 8px; margin: 0;">AGE</p> </div>
<div style="background-color: white; padding: 5px; border: 1px solid #ccc; margin-bottom: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">164 cm</p> <p style="text-align: center; font-size: 8px; margin: 0;">TAILLE</p> </div>	<div style="background-color: white; padding: 5px; border: 1px solid #ccc; margin-bottom: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">56 kg</p> <p style="text-align: center; font-size: 8px; margin: 0;">POIDS</p> </div>

Principaux résultats aux tests


Endurance lombaire




Endurance abdominale



Equilibre abdominal gauche / droite



Temps de contact au sol



Résumé

<p style="text-align: center; font-weight: bold; margin: 0;">Points forts</p> <ul style="list-style-type: none"> Endurance lombaire Endurance abdominale Temps de contact au sol 	}	<p style="text-align: center; font-weight: bold; margin: 0;">Points d'amélioration</p> <ul style="list-style-type: none"> Endurance abdominale côté gauche
---	---	---

Tests effectués le 10/01/2022 & le 28/02/2022

Résultats aux tests

Athlète : Stéphanie

Test Sorensen (endurance des lombaires)

Ton résultat (en s)	Moyenne du groupe (en s)	Meilleure performance (en s)
240	170	240

Test Shirado (abdominaux)

Ton résultat (en s)	Moyenne du groupe (en s)	Meilleure performance (en s)
180	165	180

Ratio lombaires / abdominaux (équilibre musculaire)

Ton résultat	Moyenne du groupe	Meilleur résultat
0,8	1,03	0,8

- Un bon équilibre lombaires / abdominaux est caractérisé par un ratio entre 0,7 et 0,8
- Si le ratio est inférieur à 0,7 : les abdominaux sont à renforcer
- Si le ratio est supérieur à 0,8 : les lombaires sont à renforcer

Test planche latérale droite (abdominaux obliques côté droit)

Ton résultat (en s)	Moyenne du groupe (en s)	Meilleure performance (en s)
91	103	193

Test planche latérale gauche (abdominaux oblique côté gauche)

Ton résultat	Moyenne du groupe	Meilleure performance
68	105	250

Ratio côté droit / côté gauche (équilibre musculaire)

Ton résultat	Moyenne du groupe	Meilleur résultat
1,34	0,97	1

- Un bon équilibre droite / gauche est caractérisé par un ratio entre 0,95 et 1,05
- Si le ratio est inférieur à 0,95 : le côté droit est à renforcer
- Si le ratio est supérieur à 1,05 : le côté gauche est à renforcer

Rebound jump (temps de contact au sol)

Ton résultat (en ms)	Moyenne du groupe (en ms)	Meilleure performance (en ms)
173	204	172

Légende : s = secondes / ms = millisecondes

9. Résumés

Thématique : L'équilibre abdominaux-lombaires est défini comme l'équilibre des forces entre la région abdominale et la région lombaire permettant une stabilisation et un contrôle optimal du mouvement. Ce paramètre a beaucoup été étudié ces dernières années, notamment en athlétisme où il est primordial dans la production de force, la stabilisation du bassin ou encore l'économie d'énergie. Pourtant, on observe souvent des déséquilibres marquants au niveau de cette région sur les pistes d'athlétisme.

Objectif : Dans ce cadre, l'objectif de ce mémoire est de montrer l'efficacité d'un entraînement de gainage abdominal et lombaire sur certains paramètres de l'économie de course chez les coureurs de demi-fond et fond. L'intérêt est de fournir des clés aux entraîneurs sur la pertinence réelle du gainage quant à l'économie de course.

Méthode : L'étude s'est déroulée sur 6 semaines. Les séances ont eu lieu une fois par semaine. L'ensemble des athlètes a suivi un programme de renforcement musculaire. Dix-huit athlètes de niveau régional ont suivi le protocole. Ils ont été assignés à la suite des pré-tests soit dans le groupe contrôle (n = 6) soit dans le groupe test (n = 12). Ainsi, des pré-tests et des post-tests ont été réalisés en amont et en aval de ces 6 semaines d'entraînement. Nous avons évalué les variables suivantes chez l'ensemble des participants : les temps de maintien sur les tests de McGill (Sorensen, Shirado, planche latérale), les temps de contact au sol à l'aide du Rebound Jump, les cadences et les amplitudes de pas.

Résultats : Nos résultats démontrent une amélioration des performances en gainage sur le test de la planche latérale droite pour le groupe test comme le groupe contrôle. En revanche, on note une absence d'amélioration des performances ($p > 0,05$) pour les autres tests de gainage. De même, aucune amélioration des performances ($p > 0,05$) n'a été révélée sur les autres tests physiques évaluant les paramètres de l'économie de course, que ce soit pour le groupe test ou le groupe contrôle.

Conclusion : Selon ces résultats, nous pouvons dire qu'un entraînement renforcé en gainage abdominaux-lombaires n'a eu aucun effet sur les caractéristiques liées à l'économie de course chez des coureurs de demi-fond et fond d'un niveau régional. Ces résultats sont appuyés par d'autres études qui ont démontré une absence de résultats quant à l'efficacité d'un renforcement en gainage sur la performance en endurance. Pourtant, peu d'études s'appuyant sur des exercices à charge élevée ont été réalisés. Il serait donc intéressant de tester ce type d'exercice sur de futures études.

Mots clés : stabilité du tronc ; gainage ; endurance musculaire ; contrôle postural ; performance de course

Abstract

Subject : Core stability is defined as the balance between the abdominal and the lumbar strength allowing the stabilization and the postural control of the movement. This parameter was widely studied, particularly in athletics where it is necessary for the force production, the pelvis stabilization or the running economy. However, we see many imbalances on this region on the track.

Objectives : The aim of this study is to show the efficiency of an abdominal and lumbar training on several running economy's parameters on half-distance and distance runners. The interest is to give keys to coaches about the relevance of an abdominal and lumbar training according to the running economy.

Method : The training took place during 6 weeks, once a week. Eighteen regional athletes followed a muscular reinforcement training. After the pre-tests, they were distributed on the control group (n = 6) or in the testing group (n = 12). Thus, pre and post tests were realized before and after the 6 weeks training. We evaluated the following variables : the holding time on the McGill tests (Sorensen, Shirado, side bridge test) ; the ground contact times with the Rebound jump ; the frequency and the stride length.

Results : Our results showed an improvement in performance on the right side bridge test for the testing group as for the control group. However, no improvement ($p > 0,05$) was revealed on the other tests. Similarly, no improvement ($p > 0,05$) was determined on tests that assessed running economy's parameters, neither for the testing group nor for the control group.

Conclusion : According these results, we can say that an abdominal and lumbar training of 6 weeks had no effect on the running economy's parameters that were evaluated in this study on half-distance and distance runners. These results are in line with previous studies that showed no results about the efficiency of a reinforcement on the aerobic performance. However, no one study has been carried out with high charged exercises. Thus, it would be interesting to try this kind of exercises for next studies.

Key words : core stability ; core training ; muscle endurance ; postural control ; running performance

10. Compétences

La mise en place de ce mémoire m'a permis d'acquérir les compétences suivantes :

Planifier et ajuster un entraînement en renforcement musculaire pour des athlètes de demi-fond et fond ;

Appliquer des tests cohérents avec le sujet et la discipline sportive pratiquée ;

Animer les séances d'un groupe d'adulte important ;

S'adapter au lieu de pratique, au matériel disponible, au nombre d'athlètes présents ou encore à la météo ;

Communiquer et partager avec les athlètes et l'entraîneur ;

Synthétiser les résultats aux tests, *informer* de manière claire et utile les athlètes quant à leurs performances ;

Continuer à *se former* et à *progresser* grâce à la littérature