

**CORE STABILITY TRAINING ET PERFORMANCE SPORTIVE :
UNE REVUE SYSTEMATIQUE ET META-ANALYSE**

ANNE-SARAH DYSLI

Etudiante HES – Filière Physiothérapie

VALERIANE HUG

Etudiante HES – Filière Physiothérapie

Directeur de travail de Bachelor : ROGER HILFIKER

TRAVAIL DE BACHELOR

Déposé à Loèche-les-bains (VS-CH) le 7 juin 2019

En vue de l'obtention d'un

Bachelor of sciences HES-SO in Physiotherapy

Résumé

Introduction : Le sportif est constamment à la recherche d'optimisation de sa performance. Le core stability training est un moyen d'entraînement fréquemment utilisé pour y parvenir. Cependant, la littérature actuelle traitant du sujet met en évidence des résultats contrastés.

Objectif : L'objectif de cette revue systématique et méta-analyse est d'évaluer l'effet du core stability training sur la performance sportive en comparaison à un entraînement habituel.

Méthode : La stratégie de recherche fut appliquée aux moteurs CINAHL, Embase, Ovid, CENTRAL, PEDro et SPORTDiscus. Seules des études randomisées contrôlées ont été incluses. Les outcomes extraits étaient répartis en sept catégories afin que les résultats de la méta-analyse reflètent au mieux les différents aspects de la performance.

Résultats : Treize études ont été incluses, comprenant 289 sujets dans le groupe contrôle et 296 dans le groupe intervention. La méta-analyse montre que le core stability training a un effet statistiquement significatif sur la performance sportive toute catégorie confondue (SMD = 0.39 [95% CI 0.20; 0.58]), sur la force des membres inférieurs (SMD = 0.80 [95% CI 0.13; 1.47]) et sur la vitesse des membres supérieurs (SMD = 0.72 [95% CI 0.28; 1.16]).

Conclusion : Les résultats suggèrent que l'implantation d'un core stability training dans un programme d'entraînement est pertinent. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour évaluer l'effet du core stability training sur la performance sportive mesurée sur le terrain, ainsi que pour analyser la corrélation entre le core stability et la performance sportive.

Mots-clés : core stability training, core stability, performance sportive, sportif

Zusammenfassung

Einführung: Der Athlet ist ständig bestrebt, seine Leistung zu optimieren. Das core stability training ist ein häufig eingesetztes Trainingsmittel, um dies zu erreichen. Die aktuelle Literatur zu diesem Thema zeigt jedoch widersprüchliche Ergebnisse.

Ziel: Das Ziel dieser systematischen Übersichtsarbeit und Meta-Analyse ist es, die Wirkung des core stability training auf die sportliche Leistung im Vergleich zum konventionellen Training zu bewerten.

Methode: Die Suchstrategie wurde auf CINAHL, Embase, Ovid, CENTRAL, PEDro und SPORTDiscus Motoren angewendet. Es wurden nur randomisierte kontrollierte Studien einbezogen. Die extrahierten Ergebnisse wurden in sieben Kategorien eingeteilt, so dass die Ergebnisse der Meta-Analyse die verschiedenen Aspekte in der Sportleistung am besten widerspiegeln.

Resultate: Dreizehn Studien wurden eingeschlossen. In der Kontrollgruppe befanden sich 289 und in der Interventionsgruppe 296 Probanden. Die Meta-Analyse zeigt, dass das core stability training einen statistisch signifikanten Effekt auf die Sportleistung in allen Kategorien ($SMD = 0,39[95\% \text{ CI } 0,20; 0,58]$), auf die Kraft der unteren Extremitäten ($SMD = 0,80[95\% \text{ CI } 0,13; 1,47]$) und auf die Geschwindigkeit der oberen Extremitäten ($SMD = 0,72[95\% \text{ CI } 0,28; 1,16]$) hat.

Schlussfolgerung: Die Resultate deuten darauf hin, dass die Umsetzung des core stability training in ein Trainingsprogramm relevant ist. Weitere Forschungsarbeiten sind erforderlich, um die Auswirkungen des core stability training auf die auf dem Sportterrain gemessene Sportleistung zu beurteilen und den Zusammenhang zwischen core stability und Sportleistung zu analysieren.

Schlüsselwörter: core stability training, core stability, Sportleistung, Sportarten

Avertissement

Les prises de position, la rédaction et les conclusions de ce travail n'engagent que la responsabilité de ses auteurs et en aucun cas celle de la Haute Ecole de Santé Valais, du Jury ou du Directeur du Travail de Bachelor. Nous attestons avoir réalisé seules le présent travail, sans avoir utilisé d'autres sources que celles indiquées dans la liste de références bibliographiques.

Loèche-les-Bains, le 7 juin 2019

Anne-Sarah Dysli et Valériane Hug

Remerciements

Nous remercions notre directeur de travail de bachelor **Roger Hilfiker**, enseignant à la HES-SO Valais/Wallis, pour ses précieux conseils, son aide pour les statistiques et sa disponibilité tout au long de notre travail.

Nous remercions également **Chloé Schorderet** de nous avoir conseillées lors de l'élaboration de notre stratégie de recherche.

Nous remercions **Marie-Noëlle Krebs**, **Ambroise Krebs** et **Marion Medici** pour leurs relectures assidues.

Nos remerciements vont également à nos **familles** et nos **proches**, qui nous ont soutenus tout au long de nos études et à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de notre travail de bachelor.

Abréviations

AVQ	=	Activités de la vie quotidienne
CI	=	Confidence interval (intervalle de confiance)
CS	=	Core stability
CST	=	Core stability training
I^2	=	Inconsistance
MI	=	Membre inférieur
MS	=	Membre supérieur
N	=	Taille de l'échantillon
OBLA	=	Onset of blood lactate accumulation (début de l'accumulation de lactate dans le sang)
p	=	Valeur p
PRISMA	=	Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses
SD	=	Standard deviation (écart-type)
SE	=	Standard error (erreur standard)
SMD	=	Standardised mean difference (différence moyenne normalisée)
T^2	=	Estimation de la diversité des études
VO ₂ max	=	Volume d'oxygène maximum
1 RM	=	Une répétition maximum

Table des matières

1.	Introduction	1
1.1.	Contexte général et physiothérapeutique	1
1.2.	Cadre théorique	2
1.2.1.	Sportif	2
1.2.2.	Core Stability	3
1.2.3.	Performance sportive	7
1.3.	Question de recherche	9
1.4.	Hypothèses	9
2.	Méthode	10
2.1.	Design	10
2.2.	Critères d'inclusion	10
2.3.	Critères d'exclusion	10
2.4.	Sources d'information	10
2.5.	Equation de recherche	10
2.6.	Sélection des études	11
2.6.1.	Screening	11
2.6.2.	Eligibility	11
2.7.	Collecte des données	11
2.8.	Risques de biais	12
2.9.	Méthode d'analyse statistique	13
2.9.1.	Extraction des données	13
2.9.2.	Transformation des données	14
2.9.3.	Forest plot	15
3.	Résultats	19
3.1.	Sélection des études	19

3.2.	Analyse descriptive.....	20
3.3.	Risques de biais	21
3.4.	Méta-analyse.....	21
3.4.1.	Tableau d'extraction.....	21
3.4.2.	Données transformées	22
3.4.3.	Forest plot.....	22
3.4.4.	Résultats en fonction des risques de biais	25
4.	Discussion	27
4.1.	Résumé des résultats principaux.....	27
4.2.	Limites liées au processus.....	28
4.3.	Limite des études incluses	29
4.4.	Forces de notre étude	29
4.5.	Accords et désaccords avec les autres études	30
4.6.	Implication pour la pratique.....	32
4.7.	Implication pour la recherche	32
5.	Conclusion	33
6.	Références bibliographiques	I
7.	Liste des figures	X
8.	Annexes.....	XI
8.1.	Equations de recherche	XI
8.2.	Descriptif des études incluses	XIV
8.3.	Risques de biais	XXI
8.4.	Tableau d'extraction des données	XXIII
8.5.	Description et justification des outcomes	XXV
8.6.	Forest plot	XXVIII

1. Introduction

1.1. Contexte général et physiothérapeutique

L'optimisation de la performance est l'un des objectifs principaux du domaine sportif et nombreux sont les moyens pour y parvenir (Noetel, Ciarrochi, Van Zanden, & Lonsdale, 2017). Une pratique fréquemment utilisée dans le but d'améliorer la performance sportive est le core stability training¹ (CST) (Haugen, Haugvad, & Røstad, 2016). Le core stability² (CS) est défini comme étant un contrôle actif des structures spinales et du pelvis durant la mise en charge et le mouvement. L'intérêt porté au CS est justifié par sa situation anatomique et son implication dans les chaînes cinétiques (Silfies, Ebaugh, Pontillo, & Butowicz, 2015).

Le rôle du physiothérapeute du sport est de contribuer à cette amélioration des performances sportives tout en pratiquant de hauts standards professionnels et éthiques (Bulley et al., 2004). Il est donc primordial que les conseils qu'il prodigue au sportif soient ciblés et que sa pratique soit basée sur des données probantes. Le CST a fait ses preuves dans le milieu de la réhabilitation pour la diminution des douleurs lombaires et l'augmentation du statut fonctionnel des patients (Alfuth & Cornely, 2016 ; Coulombe, Games, Neil, & Eberman, 2017 ; X. Q. Wang et al., 2012). Cependant, les résultats des études en réhabilitation ne sont pas transposables dans le milieu du sport. (Hibbs, Thompson, French, Wrigley, & Spears, 2008). Dans la littérature actuelle, les résultats des études qui mettent en lien le CS et la performance sportive sont contrastés. Les auteurs sont en désaccord lorsqu'ils parlent de l'influence du CS sur l'agilité (Mills, Taunton, & Mills, 2005 ; Nesser & Lee, 2009 ; Sharrock, Cropper, Mostad, Johnson, & Malone, 2011 ; Tse, McManus, & Masters, 2005), sur la puissance musculaire des membres inférieurs (MI) (Mills et al., 2005 ; Nesser, Huxel, Tincher, & Okada, 2008 ; Sharrock et al., 2011 ; Tse et al., 2005) et sur la puissance musculaire des membres supérieurs (MS) (Sharrock et al., 2011 ; Tse et al., 2005). En regard de la diversité de ces résultats, il nous semble nécessaire d'effectuer des recherches supplémentaires et c'est dans ce contexte que nous réalisons cette étude.

¹ Le terme core stability training signifie littéralement « entraînement de la stabilité du centre ». Nous avons pris la décision de conserver la version anglophone dans le cadre de ce travail.

² Le terme core stability signifie littéralement « stabilité du centre ». Nous avons pris la décision de conserver la version anglophone dans le cadre de ce travail.

1.2. Cadre théorique

Le but de cette étude est d'observer l'influence du CST sur la performance chez le sportif. Ce chapitre a pour but de définir les notions-clés nécessaires à la compréhension de ce travail.

1.2.1. Sportif

Selon la définition de Swissolympics, un sportif est « une personne pratiquant du sport de manière active » (Grandjean, Gulbin, & Bürgi, 2015). Quatre domaines clés, définis par Gulbin et al. (Gulbin, Croser, Morley, & Weissensteiner, 2013), permettent de classer le sportif selon son niveau de pratique.

Le premier domaine, Fondation³, regroupe les premières expériences nécessaires à la pratique sportive. Il comprend l'acquisition et l'application de mouvements de base. Le sportif peut ensuite s'engager plus spécifiquement dans la pratique d'un sport et participer à des compétitions.

Dans le second domaine, Talent, le sportif est reconnu pour ses capacités. Après avoir confirmé son potentiel, il oriente ses entraînements en vue d'objectifs de performance afin de percer et d'être récompensé.

A partir du moment où le sportif participe à des compétitions internationales, il entre dans le domaine Elite. Son rôle est de représenter son pays et de réussir au niveau international.

Le sommet de la pyramide sportive est couronné par le domaine Master⁴, où le sportif domine dans sa pratique sur plus de quatre années consécutives. Le sport de performance se distingue du sport populaire par l'orientation de ses objectifs et la comparaison des performances en compétition. Les deux derniers domaines clés, Elite et Master, se retrouvent uniquement dans le sport de performance (Grandjean et al., 2015).

³ Traduit de l'anglais « Foundation »

⁴ Traduit de l'anglais « Mastery »

1.2.2. Core Stability

Stabilité

Willson et al. définissent la stabilité comme « la capacité de limiter le déplacement et de maintenir l'intégrité structurelle » (Willson, Dougherty, Ireland, & Davis, 2005). Ainsi lors d'une perturbation, le CS anticipe la déformation et permet un retour à la norme de la colonne vertébrale (Mendiguchia, Ford, Quatman, Alentorn-Geli, & Hewett, 2011 ; Zazulak, Hewett, Reeves, Goldberg, & Cholewicki, 2007).

Anatomie

Akuthota et al. décrivent le core⁵ comme « une boîte avec les muscles abdominaux à l'avant, les muscles paraspinaux et glutéaux à l'arrière, le diaphragme au plafond et le plancher pelvien et ceinture pelvienne comme fond » (Akuthota, Ferreiro, Moore, & Fredericson, 2008). Le terme lumbopelvic-hip complex⁶ est aussi utilisé (Willson et al., 2005). Il complète la définition du core et statue que les vertèbres lombaires, le pelvis et les articulations de hanche sont les bases du core.

Trois systèmes

Le CS résulte de la collaboration de trois systèmes interdépendants : le système actif, le système passif et le système neural. Une interaction efficiente entre ces systèmes est nécessaire pour que le CS soit optimal (Faries & Greenwood, 2007).

Le système actif se constitue de l'ensemble des muscles du core. Selon Willson et al. (Willson et al., 2005), trois mécanismes participent au CS : la rigidité des muscles du tronc et de la hanche, l'augmentation de la pression intra-abdominale et les forces compressives spinales. Celles-ci sont les résultantes de la co-contraction des muscles extenseurs et fléchisseurs du tronc.

Le système passif est constitué des structures osseuses, articulaires et ligamentaires. Elles contribuent au contrôle des mouvements vertébraux. Leur participation au CS se fait principalement dans les mouvements en fin d'amplitude (Panjabi, 1992a). Son implication dans le CS est moindre par rapport à celle du système actif (Willson et al., 2005).

⁵ Le terme core signifie littéralement « centre », en référence au tronc. Nous avons pris la décision de conserver la version anglophone dans le cadre de ce travail.

⁶ Le terme lumbopelvic-hip complex signifie littéralement « complexe lombopelvien-hanche ». Nous avons pris la décision de conserver la version anglophone dans le cadre de ce travail.

Panjabi (Panjabi, 1992b) définit le dernier système comme étant le contrôle neural. Il reçoit différentes informations et détermine le besoin de stabilité. C'est lui qui permet une activation musculaire adéquate dans une bonne chronologie.

Muscles globaux et locaux

Bergmark (Bergmark, 1989) a été le premier à classer les muscles du core en deux catégories : les muscles locaux et les muscles globaux. Cette catégorisation a évolué dans le temps (Faries & Greenwood, 2007) et se présente aujourd'hui comme suit :

Le système local est constitué des muscles transversus abdominis, multifidi, obliquus internus abdominis, obliquus externus abdominis, quadratus lumborum, diaphragma, iliocostalis et longissimus lumborum et des muscles du plancher pelvien. Ces muscles ont une insertion sur les vertèbres et sont principalement constitués de fibres de type I (Faries & Greenwood, 2007). Ce système permet une rigidité et participe à la stabilité segmentale du rachis (Bergmark, 1989 ; Faries & Greenwood, 2007).

Le système global est constitué des muscles rectus abdominis, obliquus externus abdominis, psoas major, erector spinae et iliocostalis thoracis. Ces muscles s'insèrent entre le thorax et le pelvis et sont constitués de fibres de type II. Ils possèdent de grands bras de leviers (Faries & Greenwood, 2007). Le rôle de ce système est de produire des mouvements de grande amplitude et de transférer les forces de la cage thoracique et du pelvis aux différentes extrémités (Sharma, 2012).

Ces deux catégories sont théoriquement dissociables, mais leur travail en synergie est nécessaire pour assurer le CS (Faries & Greenwood, 2007 ; Hodges, 2017 ; Lederman, 2010). Selon la demande, le core doit être capable d'offrir une rigidité statique ou un mouvement contrôlé (Hodges, 2004a). La synergie des muscles locaux et globaux permet également la création d'une « zone neutre » entre les segments vertébraux. Cette zone permet de préserver les structures passives et d'éviter leur surcharge (Kibler, 1998).

Biomécanique

Un certain nombre d'auteurs ont relevé une pré-activation de la musculature du tronc avant l'initiation d'un mouvement des membres (Cresswell, Oddsson, & Thorstensson, 1994 ; Hodges & Richardson, 1997a ; Zattara & Bouisset, 1988). Cette pré-activation est régie par le système neural (M. J. Santos, Kanekar, & Aruin, 2010). Selon deux études de Hodges et Richardson (Hodges & Richardson, 1997b, 1997a) le transversus

abdominis est le premier muscle activé lors d'un mouvement des membres. Ce muscle contrôle les mouvements intervertébraux et stabilise le pelvis (Hodges, 2004b). Le diaphragme est également impliqué lors de cette pré-activation musculaire (Hodges, Butler, McKenzie, & Gandevia, 1997). Son rôle est d'augmenter la pression intra-abdominale avant le mouvement des membres supérieurs et d'ainsi contribuer au contrôle postural. Ce mécanisme est indépendant des phases respiratoires. D'autres muscles du core, notamment le rectus abdominis, l'obliquus internus abdominis, l'obliquus externus abdominis et les multifidi participent à la pré-activation (Hirashima, Kadota, Sakurai, Kudo, & Ohtsuki, 2002 ; Hodges & Richardson, 1997a). Celle-ci prépare le corps au changement de position du centre de gravité par rapport à la base de sustentation (Hodges & Richardson, 1997b). Elle génère donc une stabilité proximale pour une mobilité distale lors de perturbations liées aux mouvements du sportif (Kibler, 1998). Dans le cas de la course à pied par exemple, le core apporte une base stable pour permettre des mouvements efficaces et fluides (Behm, Cappa, & Power, 2009 ; Nicola & Jewison, 2012).

En plus d'offrir une stabilité proximale, le core sert de base de mouvement aux extrémités. (Hodges, 2017). Pour qu'un geste sportif soit optimal, chaque segment du corps doit intervenir de manière coordonnée (Sciascia & Kibler, 2014). La coordination des segments se fait au travers des chaînes cinétiques qui produisent, additionnent et transfèrent les forces jusqu'au point le plus distal (Kibler, 1998). Le core se trouve au centre des chaînes cinétiques et son contrôle améliore le fonctionnement de celles-ci (Kibler, Press, & Sciascia, 2006). De plus, les forces qui y sont générées sont transmises vers les extrémités (Sciascia, Thigpen, Namdari, & Baldwin, 2012). La progression de l'activation musculaire et du mouvement des articulations le long des chaînes cinétiques s'appelle « séquençage de proximal à distal » (Serrien & Baeyens, 2018). Les auteurs s'entendent sur l'importance du séquençage dans les sports où la vitesse du segment distal doit être maximale (Ferdinands, 2010 ; Zhang, Liu, & Xie, 2012). C'est le cas des sports de lancer (Hirashima et al., 2002 ; Neal, Lumsden, Holland, & Mason, 2007 ; Wagner, Pfusterschmied, Von Duvillard, & Müller, 2012) et des sports de tir (Kellis & Katis, 2007).

Core stability training

Les sportifs, amateurs ou professionnels, intègrent souvent du CST dans leurs entraînements (Haugen et al., 2016). Le CS est par ailleurs renforcé par la pratique de

nombreux programmes populaires tels que le Pilates, le Yoga ou le Tai Chi (Akuthota et al., 2008).

Un CST se compose de différentes étapes progressives. La première est la prise de conscience et l'activation des muscles locaux (Aggarwal, Zutshi, Munjal, Kumar, & Sharma, 2010). Pour ce faire, le sportif se trouve dans une position stable, assise ou couchée, afin d'avoir toute la concentration sur la tâche à accomplir (Richardson, Hodges, & Hides, 2004). Les exercices de hollowing⁷, qui consistent en le rapprochement du nombril vers la colonne vertébrale, permettent le recrutement ciblé des muscles locaux (Hides et al., 2006 ; Koh, Cho, & Kim, 2014). Le but de ces exercices est de construire une fondation capable de protéger les structures passives (Richardson et al., 2004). L'étape suivante est le recrutement des muscles locaux et globaux en co-contraction (Huxel Bliven & Anderson, 2013). Les exercices de bracing⁸ répondent à cette exigence. Tout en maintenant le rachis et le pelvis en position neutre, le sportif presse sa paroi abdominale vers l'extérieur, ce qui engendre un durcissement du core (Hides et al., 2006 ; Koh et al., 2014 ; Maeo, Takahashi, Takai, & Kanehisa, 2013). Ces exercices se réalisent dans des positions variables (Akuthota et al., 2008), afin de travailler la force mais également l'endurance du core. Le sportif travaille en chaîne cinétique fermée (Richardson et al., 2004) et de manière progressive : sans puis avec gravité ; sans puis avec mouvements des extrémités ; sans puis avec port de charge ; de plan stable à plan instable (Richardson & Hides, 2004a). Le but est d'automatiser le recrutement musculaire de façon coordonnée (Borghuis, Hof, & Lemmink, 2008). La dernière étape dépend des demandes fonctionnelles du sportif (Fredericson & Moore, 2005). Elle commence par des exercices de renforcement en chaîne cinétique ouverte sans mouvement du tronc. Puis elle combine des mouvements en chaîne cinétique fermée et ouverte, incluant le mouvement contrôlé du tronc. Les charges imposées et la vitesse d'exécution du mouvement sont augmentées (Richardson & Hides, 2004b). Le but ultime du CST est d'entraîner des positions et des mouvements reflétant les demandes du sport (Fredericson & Moore, 2005), en terme de stabilité, de mobilité et de génération de force (Borghuis et al., 2008).

⁷ Le terme hollowing signifie littéralement « creusement ». Nous avons pris la décision de conserver la version anglophone dans le cadre de ce travail.

⁸ Le terme bracing signifie littéralement « renforcement ». Nous avons pris la décision de conserver la version anglophone dans le cadre de ce travail.

1.2.3. Performance sportive

Définition

La performance sportive peut être définie comme suit :

Une action motrice, dont les règles sont fixées par l'institution sportive, permettant au sujet d'exprimer ses potentialités physiques et mentales. On peut donc parler de performance sportive, quel que soit le niveau de réalisation, dès l'instant où l'action optimise le rapport entre les capacités physiques d'une personne et une tâche sportive à accomplir (Billat, 2017, p. 9).

Analyse de la performance sportive

Selon O'Donoghue (O'Donoghue, 2009), « l'analyse de la performance sportive est l'étude des performances sportives actuelles ou de la performance lors de l'entraînement ». Elle participe à la compréhension des sports et ainsi à l'optimisation de la performance. Ce qui distingue l'analyse de la performance sportive des autres disciplines est qu'elle mesure la performance sur le terrain et non pas la performance en laboratoire ou par auto-évaluation. Cependant, si la technique est primordiale dans le sport analysé, les mesures prises en laboratoire sont considérées comme analyse de la performance sportive (O'Donoghue, 2009).

Les biomécaniciens du sport et les analystes notationnels s'intéressent à l'analyse et l'amélioration de la performance sportive. Les biomécaniciens se penchent principalement sur les sports où la technique du mouvement prédomine. Ce sont des sports à compétences fermées (Hughes & Bartlett, 2002), c'est-à-dire dans un environnement stable et prédictible (C. H. Wang et al., 2013). Il s'agit de sports acrobatiques, athlétique et cyclique (Yeadon & Challis, 1994). Les analystes notationnels s'intéressent quant à eux aux sports d'équipe et de match, qui impliquent des compétences ouvertes (Hughes & Bartlett, 2002). L'environnement change et le geste sportif doit être constamment adapté (C. H. Wang et al., 2013). Ils étudient les interactions entre les joueurs et les comportements des équipes (Hughes & Bartlett, 2002).

Modèle de Weineck

Le modèle de Weineck (Weineck, 2005) décrit la performance en tenant compte du sportif dans son ensemble. Certains aspects sont manquants dans son modèle, comme par exemple les facteurs environnementaux, économiques, culturels et politiques.

Toutefois, dans le cadre de la réalisation de ce travail, l'utilisation du modèle de performance décrit par Weineck est pertinent.

Selon ce modèle, la performance sportive se décompose en six axes : les facteurs constitutionnels et médicaux, les capacités psychiques, la technique, les capacités tactiques cognitives, les capacités sociales et la condition physique. Les facteurs de la condition physique comprennent la force, la vitesse, l'endurance et la souplesse (Weineck, 2005). Chacun de ces facteurs se subdivise :

- La force comprend la force-maximale, la force-explosive, la force de démarrage la force-vitesse et la force-endurance ;
- La vitesse comprend la vitesse sportive, la vitesse de réaction, la vitesse d'action et la vitesse de fréquence ;
- L'endurance comprend l'endurance physique et l'endurance psychique ;
- La souplesse comprend la mobilité articulaire et l'extensibilité musculaire.

Les indicateurs de la performance

Les indicateurs de la performance sont des mesures qui servent à l'évaluation de celle-ci. Les biomécaniciens quantifient la cinématique et la cinétique de la jambe de tir au football ou encore la vitesse de la raquette à l'impact dans le tennis. Les analystes notationnels calculent le nombre de tirs, de passes ou la fréquence de celles-ci durant les matchs (Hughes & Bartlett, 2002).

Les facteurs de la condition physique présentés par Weineck (Weineck, 2005) ont également leur importance dans l'analyse de la performance. Chacun d'entre eux a des indicateurs qui lui sont propres. Le vertical jump⁹, le lancer de balle médicale et la répétition maximum (1RM) sont des exemples d'indicateurs de la force et de la puissance (E. Santos & Janeira, 2012 ; Young, 2006). La VO₂max, la consommation métabolique, le début de l'accumulation de lactate dans le sang (OBLA) et l'endurance musculaire sont des indicateurs de performance pour l'endurance (Joyner & Coyle, 2008 ; Levine, 2008 ; Saunders, Pyne, Telford, & Hawley, 2004 ; Tan et al., 2006 ; Yoshida, Chida, Ichioka, & Suda, 1987). La vitesse de lancer est un exemple d'indicateur pour la mesure de la vitesse (Hughes & Bartlett, 2002 ; Pauole, Madole, Garhammer, Lacourse, & Rozenek, 2000). L'extensibilité musculaire est un indicateur

⁹ Le terme vertical jump signifie littéralement « saut vertical ». Nous avons pris la décision de conserver la version anglophone dans le cadre de ce travail.

de la souplesse (Dauty et al., 1999). L'agilité est également considérée comme indicateur de la performance : c'est la combinaison de la vitesse, de la puissance, de la technique et des composantes cognitives (Sheppard & Young, 2006). L'agilité est un paramètre crucial dans les sports à compétences fermées (Tsubouchi, Demura, Uchida, Matsuura, & Uchida, 2016). Le T-test ainsi que le 505 Agility test sont des indicateurs qui la mesurent (Pauole et al., 2000 ; Sheppard & Young, 2006).

La performance sportive est améliorée quand les capacités physiques du sportif optimisent l'accomplissement de sa tâche (Billat, 2017). Ainsi, la performance sportive est mesurable sur le terrain, lors de compétitions ou d'entraînements. Elle peut également être évaluée en laboratoire, par analyse du geste technique ou de la condition physique.

1.3. Question de recherche

Quelle est l'influence du core stability training sur la performance du sportif ?

Cette question est définie dans un contexte PICO :

- Population : Sportifs de tout niveau
- Intervention : Core stability training
- Control : Entraînement habituel
- Outcome : Performance sportive
- Study design : Etude randomisée contrôlée

1.4. Hypothèses

La diversité des résultats dans la littérature actuelle ainsi que la biomécanique du core et des extrémités nous mènent à penser que le CS et la performance sont en lien. Afin de connaître l'influence du CST sur la performance sportive dans différentes conditions, nous posons trois hypothèses, stipulant que le CST améliore :

1. Les indicateurs de la performance sportive, représentatifs du sport, mesurés sur le terrain ;
2. Les indicateurs de la performance sportive, représentatifs du sport, mesurés en laboratoire ;
3. Les indicateurs de la performance sportive, non représentatifs du sport, mesurés en laboratoire.

2. Méthode

2.1. Design

Nous avons réalisé une revue systématique de la littérature avec méta-analyse selon les recommandations « Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses » (PRISMA) (Liberati et al., 2009). Nous avons collecté uniquement des études randomisées contrôlées, afin d'être au plus haut niveau de l'évidence.

2.2. Critères d'inclusion

L'étude était incluse si elle répondait à notre PICO. Les études sélectionnées étaient des études randomisées contrôlées. La population ciblait des sportifs quel que soit leur niveau de pratique. Le sujet devait pratiquer une activité physique régulière, de manière individuelle, en club ou en équipe. Ces sportifs ne devaient présenter aucune blessure et avoir plus de 14 ans. L'intervention consistait en du CST ou en une activité similaire en lien avec le renforcement du tronc. Le groupe expérimental devait exécuter cet entraînement au moins une fois par semaine. Le groupe contrôle ne devait quant à lui recevoir aucune intervention en lien avec le core et devait poursuivre son activité physique de manière habituelle. L'outcome était un indicateur de la performance sportive, qu'il soit mesuré sur le terrain ou en laboratoire.

2.3. Critères d'exclusion

Nous avons exclu les études où l'intervention portait sur des exercices d'équilibre. Les études traitant de la prévention ou de la récupération des blessures par le CST n'ont pas été retenues. Toute étude dont le texte complet n'était pas disponible était exclue.

2.4. Sources d'information

Nous avons lancé nos recherches sur CINAHL, Embase, Ovid, CENTRAL, PEDro et SPORTDiscus. Aucune limite de langue, de date ou de lieu de publication n'a été posée. Nous avons lancé une première recherche en octobre 2018 et nous avons effectué une actualisation en mars 2019.

2.5. Equation de recherche

Nous avons construit une équation de recherche en fonction de la population, de l'intervention et du design de l'étude. Cette équation de recherche a été élaborée sans prendre en compte le contrôle et l'outcome afin de ne manquer aucune étude. Les

combinaisons des équations de recherche pour chaque moteur sont présentées en annexe [voir annexe 8.1].

2.6. Sélection des études

Une fois l'équation de recherche lancée sur les divers moteurs de recherche, les études ont été transférées sur Endnote (Clarivate Analytics, 2019), puis sur Covidence (Veritas Health Innovation, 2019). Ces deux étapes ont permis de supprimer un certain nombre de doublons de façon informatique. Par la suite, le processus de sélection des études a été fait en double aveugle sur Covidence. En cas de conflit, nous nous concertions pour choisir d'inclure ou non l'étude en fonction de nos critères d'inclusion et d'exclusion.

2.6.1. Screening

La première étape est le screening des études en fonction de leur titre et résumé. La lecture de ceux-ci nous a permis de sélectionner ou non l'étude en fonction de nos critères. Si tous les critères d'inclusion n'étaient pas présents, nous gardions l'étude pour l'étape de sélection suivante.

2.6.2. Eligibility

La seconde étape de la sélection des articles consiste en la lecture des textes entiers. Les études devaient désormais répondre à tous nos critères d'inclusion pour être sélectionnées. Lorsque seul le résumé de l'étude était disponible, nous l'excluons.

2.7. Collecte des données

Une fois la sélection faite, nous avons extrait les données des études dans deux tableaux descriptifs. Nous avons réalisé cette procédure en deux temps. L'une de nous prélevait les informations requises, puis l'autre vérifiait l'exactitude du contenu. Le premier tableau regroupe les informations concernant les participants : nom de l'auteur et date de publication ; nombre de sujets dans chaque groupe ; âge et sexe des sujets ; sports pratiqués par les sujets ; critères d'inclusion et d'exclusion. Le second tableau regroupe les informations concernant les interventions, les outcomes et les conclusions des études : nom de l'auteur et date de publication ; description de l'intervention ; type de contrôle ; durée de l'intervention et nombre d'entraînements par semaine ; outcomes ; conclusions des auteurs.

Lorsque plusieurs interventions de CST étaient menées au sein d'une même étude, celle-ci était divisée en deux études distinctes afin de pouvoir utiliser tous les résultats.

2.8. Risques de biais

Lors d'une étude randomisée contrôlée, la répartition des participants dans les groupes intervention et contrôle doit garantir que les groupes ont des valeurs moyennes semblables. Ainsi, la différence des résultats entre les deux groupes peut être attribuée à l'effet de l'intervention. Toutefois, il se peut que ces résultats soient influencés par des biais présents dans l'étude. Lors de la réalisation d'une revue systématique, il est important d'examiner les limites des études incluses afin d'obtenir des conclusions fiables (Higgins, Altman, Gotzsche, et al., 2011).

Afin d'évaluer la qualité de nos études, nous avons utilisé l'outil RedCap s'inspirant du Risk of Bias 2.0 (Higgins et al., 2016). Il contient l'analyse de cinq risques de biais :

- Biais qui émerge du processus de randomisation (bias arising from the randomization process) ;
- Biais dû à des déviations par rapport aux interventions prévues (bias due to deviations from intended interventions) ;
- Biais dû à des données finales manquantes (bias due to missing outcome data) ;
- Biais dû à la mesure du résultat (bias in measurement of the outcome) ;
- Biais dans la sélection des résultats reportés (bias in selection of the reported result).

Suite à l'évaluation sur Redcap (Harris et al., 2009), nous avons extrait les données afin de créer un tableau et un graphique. Le tableau a été conceptualisé sur Excel et le graphique sur Rstudio (RStudio Team, 2015). Chaque jugement est représenté par une couleur : rouge pour « risque élevé », jaune pour « risque peu clair » et vert pour « risque faible ». Le tableau résume le jugement de chaque étude en fonction des cinq risques de biais. Le graphique représente quant à lui la proportion d'études par risque de biais selon chacun des jugements (Higgins, Altman, Gotzsche, et al., 2011). Nous avons pris la décision de garder toutes les études, indépendamment de leur jugement. Un risque de biais élevé ne signifie pas forcément que le biais est présent. Afin de voir l'impact de ce jugement sur nos résultats, nous avons analysé les résultats selon le risque de biais pour chaque item. Par exemple, nous avons comparé les résultats des

études avec un risque de biais faible et celles avec un risque de biais élevé pour le risque de biais dû à la mesure du résultat.

2.9. Méthode d'analyse statistique

2.9.1. **Extraction des données**

Nous avons créé un tableau d'extraction incluant toutes les données nécessaires à l'analyse statistique. Ce tableau contient les informations suivantes : auteurs et année de l'étude ; nom de l'outcome ; nom de l'intervention et du contrôle ; durée de l'intervention ; moment de la dernière mesure ; nombre de participants dans les différents groupes ; moyenne de l'intervention et du contrôle ; écart-type de l'intervention et du contrôle ; meilleure valeur (haute ou basse).

Nous avons considéré uniquement les valeurs à la fin de l'intervention si plusieurs mesures ont été effectuées durant l'étude.

Afin que les résultats de notre méta-analyse reflètent au mieux les différents aspects de la performance sportive, nous avons catégorisé les outcomes en fonction des éléments suivants :

- Conditions de mesures : réelles ou en laboratoire ;
- Représentativité de l'indicateur pour le sport concerné : représentatif ou non représentatif ;
- Type d'indicateur de la performance ;
- Paramètre évalué : MS, MI ou composantes métaboliques.

Les outcomes sélectionnés parmi les études ont finalement été distribués en sept catégories. Celles-ci se répartissent à leur tour dans nos trois hypothèses.

Indicateurs de la performance sportive, représentatifs du sport, mesurés sur le terrain

1. La première catégorie est en condition réelle, représentative du sport et mesure l'endurance (Catégorie 1).

Indicateurs de la performance sportive, représentatifs du sport, mesurés en laboratoire

2. La seconde catégorie est en laboratoire, représentative du sport et mesure l'endurance (Catégorie 2).
3. La troisième catégorie est en laboratoire, représentative du sport et mesure l'endurance par les constantes métaboliques (Catégorie 3).

Indicateurs de la performance sportive, non représentatifs du sport, mesurés en laboratoire

4. La quatrième catégorie est en laboratoire, non représentative du sport et mesure la puissance des MI (Catégorie 4).
5. La cinquième catégorie est en laboratoire, non représentative du sport et mesure la force des MI (Catégorie 5).
6. La sixième catégorie est en laboratoire, non représentative du sport et mesure l'agilité (Catégorie 6).
7. La septième catégorie est en laboratoire, non représentative du sport et mesure la vitesse des MS (Catégorie 7).

Tous les outcomes mesurant la performance sportive ont été inclus dans la revue systématique. Pour la méta-analyse, seul un outcome par catégorie et par étude a pu être retenu, ceci car un sujet ne peut être analysé qu'une fois par méta-analyse. Si plusieurs outcomes entrant dans une même catégorie étaient fournis par une étude, nous choissions le plus pertinent selon nous. Nous avons utilisé deux paramètres dans un ordre hiérarchique pour cette prise de décision :

1. Parmi les outcomes présentés, lequel est le plus représentatif du sport étudié.
2. Parmi les outcomes présentés, lequel est le plus souvent utilisé dans les autres études.

Chaque outcome sélectionné a été décrit et justifié dans un tableau.

2.9.2. Transformation des données

Les résultats n'étaient pas toujours présentés de la même manière dans les études. Nous voulions extraire la moyenne post-intervention ainsi que l'écart-type correspondant pour chaque outcome. Lorsque les résultats n'étaient pas exprimés comme tel, nous avons procédé à des conversions. Par exemple, l'écart-type (SD) peut être obtenu à partir de l'erreur standard (SE) et de la taille de l'échantillon (N) par l'équation suivante : $SD = SE \cdot \sqrt{N}$ (Cochrane Collaboration & Glossary of Terms in The Cochrane Collaboration, 2005). L'écart-type peut également être calculé à partir de l'intervalle de confiance (CI) dans RevMan (The Cochrane Collaboration, 2014). Lorsque les études ne présentaient que les résultats sous forme graphique, nous calculions, à partir de la hauteur de la colonne, la valeur de la moyenne et l'écart-type. Nous avons converti des unités de

mesures afin d'avoir un tableau d'extraction uniformisé et de faciliter la lecture. Les analyses statistiques ont ensuite été effectuées sur R (RStudio Team, 2015).

2.9.3. Forest plot

Le Forest plot est une représentation graphique des résultats individuels de chaque étude incluse dans une méta-analyse. Une étude est illustrée par un carré, qui représente la taille de l'effet. Le carré se trouve à gauche si l'effet est en faveur du contrôle et à droite s'il est en faveur de l'intervention. La taille du carré est représentative du poids attribué à l'étude dans la méta-analyse. La ligne horizontale qui s'étend de chaque côté du carré correspond à l'intervalle de confiance. Le diamant reflète l'effet global de l'intervention. Son centre correspond à la moyenne pondérée des études et ses extrémités à l'intervalle de confiance. L'effet est considéré comme statistiquement significatif lorsque l'intervalle de confiance de l'étude ou de la méta-analyse ne touche pas l'axe vertical. Un effet statistiquement significatif ne représente pas forcément un effet clinique pertinent. Et inversement, un effet statistiquement non significatif ne révèle pas l'absence d'effet clinique pertinent. Le Forest plot permet également de constater l'hétérogénéité des résultats de la méta-analyse (Schünemann, Oxman, Higgins, Vist, Glasziou, & Guyatt, 2011).

Taille de l'échantillon

La taille de l'échantillon correspond au nombre de sujets participants à l'étude. Elle est répartie dans un groupe intervention et dans un groupe contrôle. La taille de l'échantillon est considérée comme petite lorsqu'il y a moins de 60 participants par groupe, comme moyenne entre 60 et 100 participants par groupe est comme grande au-delà de 100 participants (Cochrane Collaboration & Glossary of Terms in The Cochrane Collaboration, 2005 ; Higgins & Deeks, 2011).

Moyenne

La moyenne est une valeur calculée par l'addition de toutes les observations, puis par la division par le nombre de ces observations (Cochrane Collaboration & Glossary of Terms in The Cochrane Collaboration, 2005).

Ecart-type

L'écart-type correspond à la différence moyenne par rapport à la valeur moyenne de l'échantillon étudié (Cochrane Collaboration & Glossary of Terms in The Cochrane Collaboration, 2005).

Taille de l'effet

La taille de l'effet est une estimation de l'effet de l'intervention pour une étude. Elle est mesurée à partir de la différence moyenne normalisée. Cette dernière permet de combiner des résultats qui mesurent le même construit mais qui n'ont pas les mêmes outils de mesure ou unité (Deeks, Higgins, & Altman, 2011a). Une valeur de 0.2 représente un petit effet, 0.5 un effet modéré et 0.8 un grand effet (Patrick, Guyatt, & Acquadro, 2011).

Intervalle de confiance

L'intervalle de confiance correspond à une fourchette de valeurs dans laquelle l'effet réel de l'intervention a une forte probabilité de s'y trouver. Plus l'intervalle de confiance est étroit, plus l'effet de l'intervention est précisément connu (Schünemann, Oxman, Higgins, Vist, Glasziou, Guyatt, et al., 2011a).

Poids

Le poids d'une étude, exprimé en pourcentage, dépend de la quantité d'informations qu'elle fournit. Ainsi, les études qui ont des résultats plus précis ont plus de poids dans la méta-analyse (Higgins, Altman, & Sterne, 2011). Un nombre élevé de participants dans chaque groupe augmentera par exemple la précision des résultats.

Modèles à effet fixe et à effets aléatoires (Random effects and Fixed effect Models)

Le modèle à effet fixe est un modèle statistique qui calcule une estimation de l'effet et qui part du principe que toutes les variations observées entre les études sont dues au hasard. Ce modèle apporte un résultat considéré comme « effet typique de l'intervention » des études incluses. L'hétérogénéité est ignorée et l'intervalle de confiance est étroit (Cochrane Collaboration & Glossary of Terms in The Cochrane Collaboration, 2005 ; Deeks, Higgins, & Altman, 2011d).

Le modèle à effets aléatoires est un modèle statistique qui inclut la variance (erreur d'échantillonnage à l'intérieur de l'étude) ainsi que les variations entre les études. L'hétérogénéité des études incluses est prise en compte et permet un intervalle de confiance plus large. Les effets de ces études ne sont pas identiques, mais suivent

néanmoins une certaine distribution. L'effet réel de l'intervention étudiée dans la méta-analyse se trouve parmi une distribution d'effets (Cochrane Collaboration & Glossary of Terms in The Cochrane Collaboration, 2005 ; Deeks et al., 2011d).

Valeur p

La valeur p est la probabilité d'obtenir un effet observé si en vérité l'hypothèse nulle est correcte. Celle-ci postule qu'il n'y a pas de différences des effets de l'intervention entre les groupes. Une petite valeur p indique que les effets mesurés ont de faibles chances d'apparaître si l'hypothèse nulle est correcte. Ainsi, une valeur p plus petite que 0.05 indique que l'intervention a un effet statistiquement significatif et que l'hypothèse nulle peut être rejetée. Une valeur p plus grande que 0.05 n'indique pas qu'il n'y a aucun effet de l'intervention, mais que celui-ci n'est pas significatif (Schünemann, Oxman, Higgins, Vist, Glasziou, Guyatt, et al., 2011b).

Hétérogénéité

L'hétérogénéité est présentée sous diverses formes (Deeks, Higgins, & Altman, 2011b) :

- Hétérogénéité clinique : décrit la variabilité des participants, des interventions et des mesures d'outcomes parmi les études ;
- Hétérogénéité méthodologique : décrit la variabilité du design d'étude et des risques de biais ;
- Hétérogénéité statistique : décrit la variabilité des effets de l'intervention. Elle découle de l'hétérogénéité clinique, de l'hétérogénéité méthodologique ou des deux.

Deux outils permettent de quantifier l'hétérogénéité statistique : l'inconsistance (I^2) et l'estimation de la diversité des études (T^2). I^2 correspond au pourcentage de la variabilité des effets estimés. Cela signifie que l'accent est mis sur l'évaluation de l'incidence de l'hétérogénéité sur la méta-analyse. Une inconsistance de 0% à 40% est considérée comme insignifiante, une inconsistance de 30% à 60% représente une hétérogénéité modérée, une inconsistance de 50% à 90% est considérée comme substantielle et une inconsistance entre 75% et 100% représente une hétérogénéité considérable. T^2 permet de donner une idée approximative de l'étendue de l'effet réel de l'intervention. T correspond à l'écart-type estimé de l'effet (Deeks, Higgins, & Altman, 2011c).

Intervalle de prédiction

L'intervalle de prédiction estime l'éventail des effets réels auxquels on peut s'attendre dans des études futures similaires (IntHout, Ioannidis, Rovers, & Goeman, 2016). Cela signifie que 95% des études futures trouveront leurs résultats dans cet intervalle.

Hétérogénéité résiduelle

Un Forest plot peut être composé de plusieurs sous-groupes. Ceci permet de réduire l'hétérogénéité de la méta-analyse. Cependant, une hétérogénéité peut persister. Il s'agit de l'hétérogénéité résiduelle (Panityakul, Bumrungrsup, & Knapp, 2013).

3. Résultats

3.1. Sélection des études

Treize études randomisées contrôlées ont été incluses dans notre revue systématique. Les recherches lancées sur CINAHL, Embase, Ovid, CENTRAL, PEDro et SPORTDiscus ont fourni 9'411 études. Après suppression des doublons, il restait 5'624 études. Nous avons ensuite procédé au tri des études sur Covidence (Veritas Health Innovation, 2019). Lors du screening des titres et résumés, 5'537 études ont été exclues. Après la lecture des textes complets, 74 études supplémentaires ont été exclues : 46 car ce n'étaient pas des études randomisées contrôlées, cinq car la population étudiée n'était pas des sportifs, 12 car l'intervention ne ciblait pas du CST, deux car le groupe contrôle ne correspondait pas à nos critères et huit car l'outcome n'était pas un indicateur de la performance. Une étude a également été exclue car nous n'avions pas accès au texte complet. Nous avons pris la décision d'inclure les 13 études finales quelle que soit leur qualité.

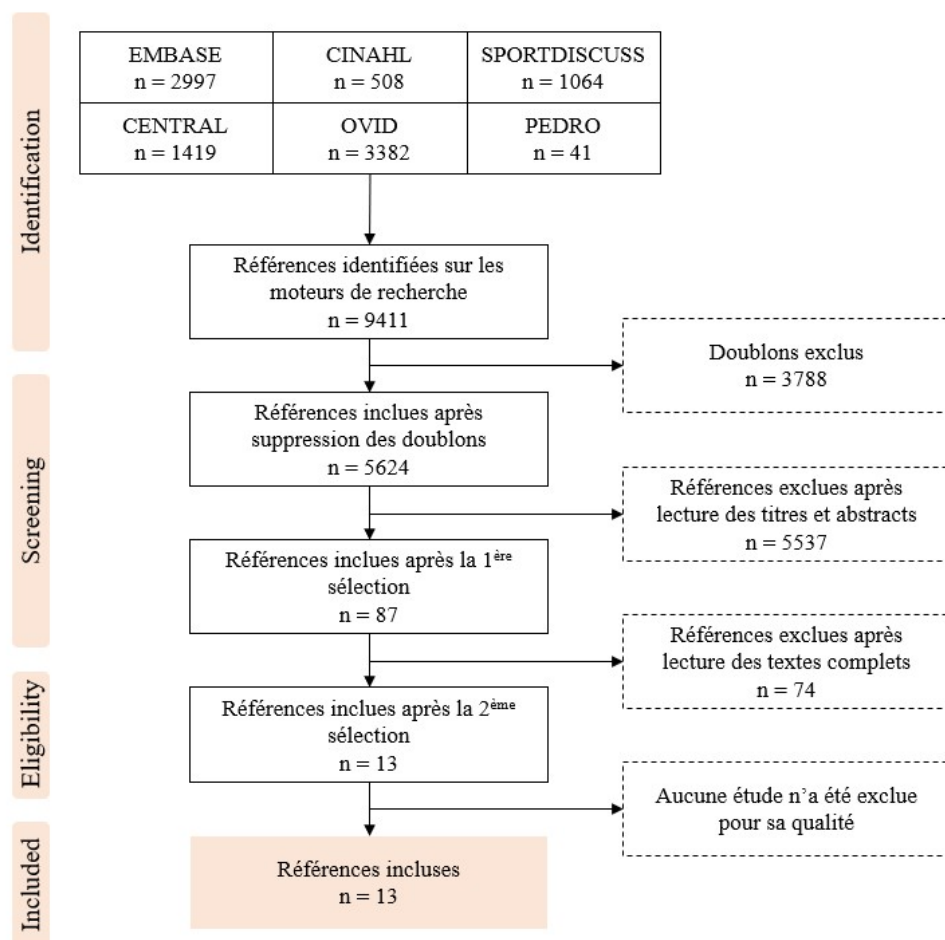


Figure 1. Flowchart

3.2. Analyse descriptive

Nous avons inclus les études randomisées contrôlées suivantes : (Butcher et al., 2007 ; Clark et al., 2017 ; Dello Iacono, Padulo, & Ayalon, 2016 ; Finatto et al., 2018 ; Hung, Chung, Yu, Lai, & Sun, 2019 ; Jamison et al., 2012 ; Kuhn, Weberruß, & Horstmann, 2018 ; Manchado, García-Ruiz, Cortell-Tormo, & Tortosa-Martínez, 2017 ; Mills et al., 2005 ; Sato & Mokha, 2009 ; Sever & Zorba, 2018 ; Tong et al., 2016 ; Weston, Coleman, & Spears, 2013).

Deux tableaux [voir annexe 8.2] présentent en détail les études incluses, en termes de participants (tableau 1) et de description de l'intervention, des outcomes et de la conclusion (tableau 2). Les 13 études comprennent un échantillon de 296 sujets dans le groupe intervention et 289 dans le groupe contrôle. L'âge des sujets varie entre 14 et 59 ans. Le sexe, ainsi que les sports pratiqués diffèrent selon les études. Nous avons séparé certaines études en deux études distinctes. C'est le cas de l'étude de Clark et al. (Clark et al., 2017), car les auteurs étudient séparément les sujets masculins et les sujets féminins. L'étude de Mills et al. (Mills et al., 2005) et de Sever et al. (Sever & Zorba, 2018) ont également été divisées car elles sont constituées de trois groupes : deux groupes interventions séparés et un groupe contrôle. Nous arrivons donc à un total de 16 études. Cinq études mènent un CST (Butcher et al., 2007 ; Dello Iacono et al., 2016 ; Jamison et al., 2012 ; Kuhn et al., 2018 ; Mills et al., 2005) et quatre études performant un entraînement de force du core (Clark et al., 2017 ; Mills et al., 2005 ; Sato & Mokha, 2009). L'intervention de deux études consiste en un entraînement global du core (Hung et al., 2019 ; Manchado et al., 2017). Une étude a une intervention sous forme de Pilates (Finatto et al., 2018). Les trois études restantes mènent un entraînement du core en statique, dynamique ou incorporent en plus un entraînement des muscles inspiratoires. Le groupe contrôle continue à pratiquer son entraînement habituel, sans aucune modification. La durée de l'intervention varie entre six et dix semaines, avec une fréquence d'entraînement de trois à six fois par semaine. Nous n'avons pas analysé les interventions et les outcomes écrits en italique dans le tableau 2 car ils ne correspondent pas la définition de notre PICO. Les auteurs concluent dans la majeure partie des cas que leur étude ne démontre pas de résultats statistiquement significatifs. Ils conseillent néanmoins d'implanter un CST dans la pratique sportive pour diverses raisons détaillées dans le tableau 2 et soulèvent la nécessité d'effectuer des recherches futures.

3.3. Risques de biais

L'analyse des risques de biais se trouve en annexe [voir annexe 8.3]. Le tableau représente l'évaluation des risques de biais pour chaque étude. Il montre un haut risque de biais quant au processus de randomisation pour toutes les études. Le biais dû à des déviations par rapport aux interventions prévues est peu clair, sauf pour l'étude de Jamison et al. (Jamison et al., 2012) qui a un risque de biais élevé. Le biais dû aux données manquantes représente un risque peu clair pour chacune des 13 études. Le biais dû à la mesure du résultat est quant à lui plus contrasté entre les études. Quatre études ont un risque faible, six ont un risque peu clair et trois ont un risque élevé. Le biais dans la sélection des résultats reportés représente quant à lui un risque peu clair pour chacune des études.

Le graphique représente la proportion d'études par risque de biais selon chacun des jugements.

3.4. Méta-analyse

3.4.1. **Tableau d'extraction**

Le tableau d'extraction des données [voir annexe 8.4] recense toutes les informations utiles à la méta-analyse. Les outcomes ont été catégorisés de manière à obtenir des résultats spécifiques aux différents types de sports. Les indicateurs de la performance inclus dans la Catégorie 1 sont des temps de course sur 4 km et 5 km en conditions réelles. Les indicateurs de la performance inclus dans la Catégorie 2 sont des temps de course et des distances mesurés en laboratoire. Les indicateurs de la performance inclus dans la Catégorie 3 sont des constantes métaboliques qui mesurent l'endurance, tels les coûts métaboliques ou la concentration en lactate. Les indicateurs de la performance inclus dans la Catégorie 4 sont des mesures de la puissance des MI, tels que le vertical jump et la force isocinétique rapide des extenseurs du genou droit. Les indicateurs de la performance inclus dans la Catégorie 5 sont par exemple la 1RM à la Legpress et la force isocinétique lente des extenseurs du genou droit. Les indicateurs de la performance inclus dans la Catégorie 6 sont le T-test et le 505 Agility test. Les indicateurs de la performance inclus dans la Catégorie 7 sont des vitesses de lancer du MS. Les différents outcomes sont détaillés en annexe [voir annexe 8.5].

3.4.2. Données transformées

Lors de l'extraction des données, certaines d'entre elles étaient erronées ou manquantes. Nous avons recalculé l'écart-type de l'étude de Dello Iacono et al. (Dello Iacono et al., 2016) car sa valeur semblait incorrecte. Pour l'étude de Weston et al. (Weston et al., 2013), nous avons calculé l'écart-type à partir de l'intervalle de confiance. Les valeurs des études de Kuhn et al. et de Sever & Zobra (Kuhn et al., 2018 ; Sever & Zorba, 2018) ont été mesurées à la règle à partir des graphiques. L'étude de Sever & Zobra ne fournit pas les unités de mesure de ses résultats, elles n'apparaissent donc pas dans notre tableau. Les unités de mesure de l'étude de Kuhn et al. (Kuhn et al., 2018) ont été converties afin d'obtenir des km/h et non des m/s.

3.4.3. Forest plot

Le Forest plot [voir annexe 8.6] a été construit selon le modèle à effets aléatoires afin de prendre en compte la variance intra- et inter-études. Il nous permet d'évaluer l'effet du CST sur la performance sportive, toute condition et tout indicateur confondus. L'hétérogénéité ($I^2=24\%$, $T^2=0.0597$, $p=0.13$) et l'hétérogénéité résiduelle ($I^2=11\%$, $p=0.32$) sont insignifiantes. La taille de l'effet (SMD) s'élève à 0.39 [95% CI 0.20; 0.58], en faveur du CST. Cette valeur représente un effet petit à modéré. Il est statistiquement significatif. L'intervalle de prédiction à 95% CI est quant à lui de -0.16 à 0.93.

Nous avons également analysé les résultats par catégories afin de répondre à nos trois hypothèses.

Indicateurs de la performance sportive, représentatifs du sport, mesurés sur le terrain

Les outcomes de la Catégorie 1 évaluent la performance sportive sur le terrain par mesure de l'endurance. Trois études ont investigué ce paramètre. Elles comprennent 25 sujets dans le groupe contrôle et 28 dans le groupe CST. L'hétérogénéité est modérée ($I^2=45\%$, $T^2=0.2027$, $p=0.16$). La taille de l'effet (SMD) s'élève à -0.31 [95% CI -1.07; 0.45], en faveur du groupe contrôle. Cette valeur représente un effet petit à modéré. Il est statistiquement non significatif.

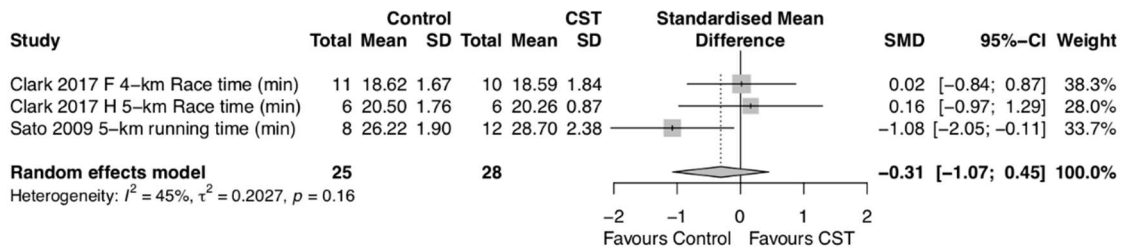


Figure 2. Forest plot de la Catégorie 1. CI: confidence interval, CST: core stability training, I^2 : inconsistency, p : p -value, SD: standard deviation, SMD: standardised mean difference, T^2 : estimate of the between-study variance.

Indicateurs de la performance sportive, représentatifs du sport, mesurés en laboratoire

Les outcomes de deux catégories évaluent la performance sportive en laboratoire. La Catégorie 2 mesure l'endurance en de temps de course. Deux études ont investigué ce paramètre. Elles comprennent 23 sujets dans le groupe contrôle et 21 dans le groupe CST. L'hétérogénéité est insignifiante ($I^2=14\%$, $T^2=0.0334$, $p=0.28$). La taille de l'effet (SMD) s'élève à 0.48 [95% CI -0.18; 1.14], en faveur du CST. Cette valeur représente un effet modéré. Il est statistiquement non significatif.

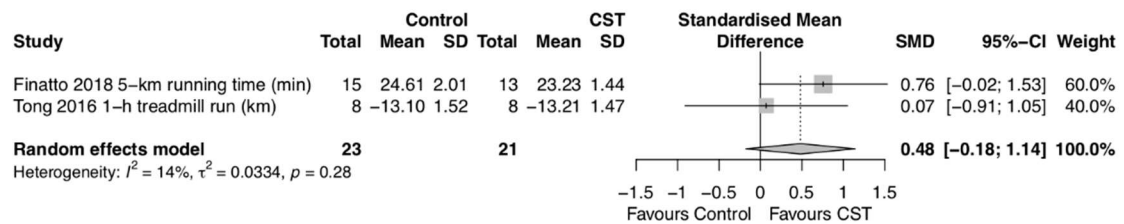


Figure 3. Forest plot de la Catégorie 2. CI: confidence interval, CST: core stability training, I^2 : inconsistency, p : p -value, SD: standard deviation, SMD: standardised mean difference, T^2 : estimate of the between-study variance.

La Catégorie 3 mesure l'endurance par les constantes métaboliques. Trois études ont investigué ces paramètres. Elles comprennent 33 sujets dans le groupe contrôle et 32 dans le groupe CST. L'hétérogénéité est modérée ($I^2=35\%$, $T^2=0.01110$, $p=0.21$). La taille de l'effet (SMD) s'élève à 0.53 [95% CI -0.10; 1.16], en faveur du CST. Cette valeur représente un effet modéré. Il est statistiquement non significatif.

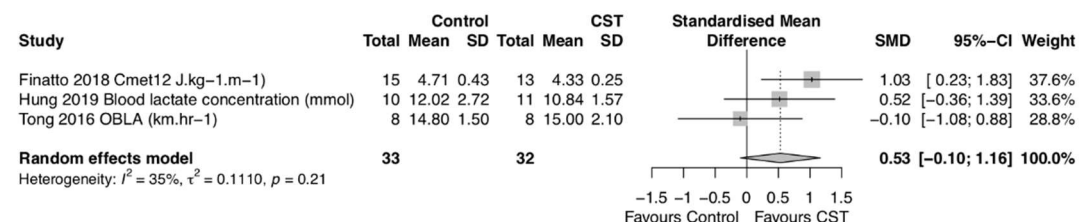


Figure 4. Forest plot de la Catégorie 3. CI: confidence interval, CST: core stability training, I^2 : inconsistency, p : p -value, SD: standard deviation, SMD: standardised mean difference, T^2 : estimate of the between-study variance.

Indicateurs de la performance sportive, non représentatifs du sport, mesurés en laboratoire

Les outcomes de quatre catégories évaluent les indicateurs de la performance sportive en laboratoire. La Catégorie 4 mesure la puissance des MI. Sept études ont investigué ce paramètre. Elles comprennent 77 sujets dans le groupe contrôle et 81 dans le groupe CST. L'hétérogénéité est insignifiante ($I^2=0\%$, $T^2=0$, $p=0.79$). La taille de l'effet (SMD) s'élève à 0.31 [95% CI 0.00; 0.63], en faveur du CST. Cette valeur représente un effet petit à modéré. Il est statistiquement non significatif.

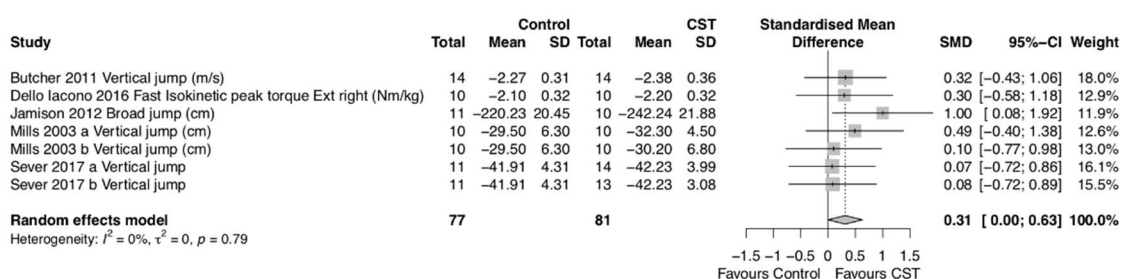


Figure 5. Forest plot de la Catégorie 4, CI: confidence interval, CST: core stability training, I^2 : inconsistency, p : p -value, SD: standard deviation, SMD: standardised mean difference, T^2 : estimate of the between-study variance.

La Catégorie 5 mesure la force des MI. Trois études ont investigué ce paramètre. Elles comprennent 35 sujets dans le groupe contrôle et 34 dans le groupe CST. L'hétérogénéité est insignifiante ($I^2=43\%$, $T^2=0.1551$, $p=0.17$). La taille de l'effet (SMD) s'élève à 0.80 [95% CI 0.13; 1.47], en faveur du CST. Cette valeur représente un grand effet. Il est statistiquement significatif.

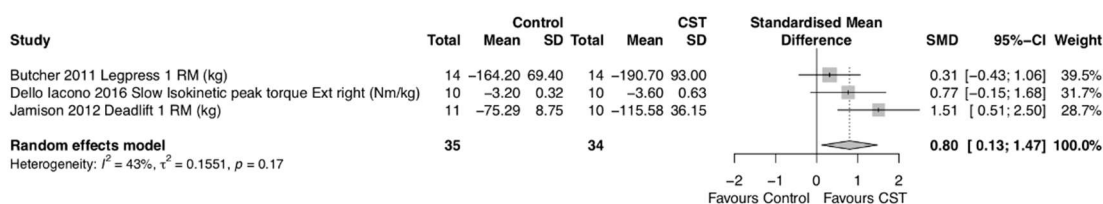


Figure 6. Forest plot de la Catégorie 5, CI: confidence interval, CST: core stability training, I^2 : inconsistency, p : p -value, SD: standard deviation, SMD: standardised mean difference, T^2 : estimate of the between-study variance.

La Catégorie 6 mesure l'agilité. Cinq études ont investigué ce paramètre. Elles comprennent 53 sujets dans le groupe contrôle et 57 dans le groupe CST. L'hétérogénéité est insignifiante ($I^2=17\%$, $T^2=0.0403$, $p=0.30$). La taille de l'effet (SMD) s'élève à 0.25 [95% CI -0.17; 0.67], en faveur du CST. Cette valeur représente un petit effet. Il est statistiquement non significatif.

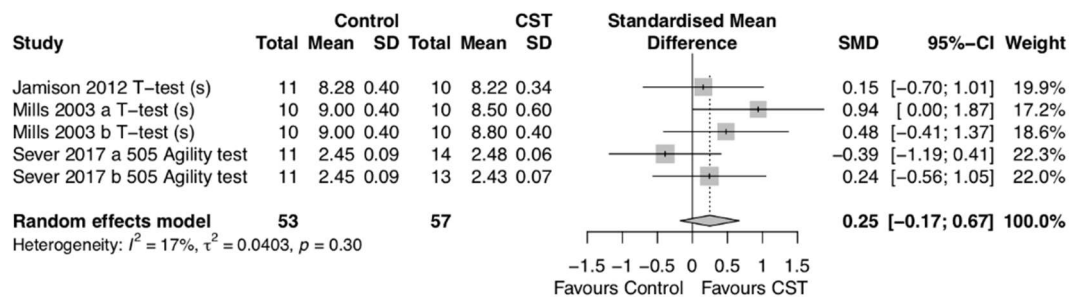


Figure 7. Forest plot de la Catégorie 6, CI: confidence interval, CST: core stability training, I^2 : inconsistency, p : p -value, SD: standard deviation, SMD: standardised mean difference, T^2 : estimate of the between-study variance.

La Catégorie 7 mesure la vitesse du MS. Trois études ont investigué ce paramètre. Elles comprennent 43 sujets dans le groupe contrôle et 43 dans le groupe CST. L'hétérogénéité est insignifiante ($I^2=0\%$, $T^2=0$, $p=0.40$). La taille de l'effet (SMD) s'élève à 0.72 [95% CI 0.28; 1.16], en faveur du CST. Cette valeur représente un effet grand à modéré. Il est statistiquement significatif.

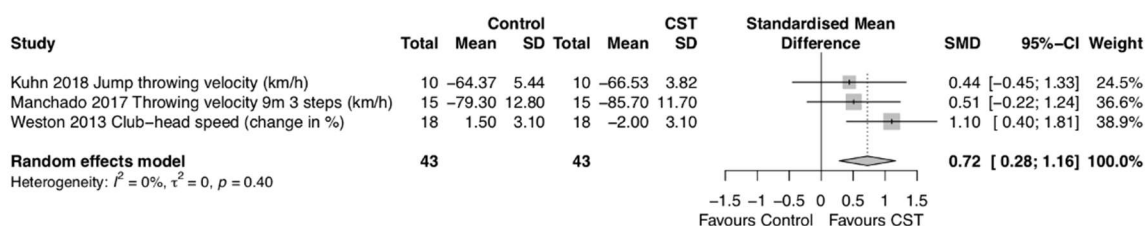


Figure 8. Forest plot de la Catégorie 7, CI: confidence interval, CST: core stability training, I^2 : inconsistency, p : p -value, SD: standard deviation, SMD: standardised mean difference, T^2 : estimate of the between-study variance.

3.4.4. Résultats en fonction des risques de biais

Concernant le biais dû à la déviation par rapport aux interventions prévues, l'étude de Jamison et al. (Jamison et al., 2012) est la seule à présenter un risque élevé. Cette étude est représentée dans les Catégories 4,5 et 6. Dans les Catégories 4 et 5, sa taille de l'effet est grande (SMD 1.0, SMD 1.51) comparée aux études avec risques peu clairs (SMDs de 0.07 à 77).

La Catégorie 1 est constituée uniquement d'études qui présentent un haut risque de biais dû à la mesure des résultats (Clark et al., 2017 ; Sato & Mokha, 2009).

L'étude de Weston et al. (Weston et al., 2013), qui a également un haut risque de biais dû à la mesure des résultats, est représentée dans la Catégorie 7. La taille de l'effet de cette étude est grande (1.10) comparée aux études avec risques peu clairs (SMDs de 0.44 à 51).

Quatre études présentent un faible risque de biais dû à la mesure des résultats. L'étude de Finatto et al. (Finatto et al., 2018) est représentée dans les Catégorie 2 et 3. Les tailles des effets de cette étude sont de modérées à grandes. L'étude de Dello Iacono et al. (Dello Iacono et al., 2016) est représentée dans les Catégorie 4 et 5. Les tailles d'effets de cette étude sont modérées. L'étude de Manchado et al. (Manchado et al., 2017) est représentée dans la Catégorie 7. La taille d'effet de cette étude est modérée. L'étude de Jamison et al. (Jamison et al., 2012) est représentée dans les Catégories 4,5 et 6, mais cette étude est à haut risque par rapport aux interventions prévues.

4. Discussion

L'objectif de cette revue systématique et méta-analyse est de déterminer quelle est l'influence du core stability training (CST) sur la performance sportive. Treize études ont été incluses avec 289 sujets dans le groupe contrôle et 296 dans le groupe intervention. Les outcomes des différentes études ont été répartis en sept catégories, afin que les résultats de la méta-analyse se rapprochent au mieux des sports concernés.

4.1. Résumé des résultats principaux

Cette étude montre que le core stability training a un effet statistiquement significatif sur la performance sportive, toute condition confondue. Cet effet est petit à modéré. En regard des différentes catégories, nous observons que le core stability training a un effet statistiquement significatif sur la force des membres inférieurs et sur la vitesse des membres supérieurs. Les tailles des effets pour ces deux catégories sont de modérées à grandes. Les résultats de la méta-analyse concernant l'endurance mesurée en laboratoire, la puissance des membres inférieurs et l'agilité sont en faveur du core stability training. Les effets sont statistiquement non significatifs et les tailles des effets sont de petites à modérées. La performance en course à pied sur le terrain ne semble pas être améliorée par un core stability training, étant donné que les résultats sont en faveur du groupe contrôle.

Notre première hypothèse, qui postule que le core stability training améliore la performance sportive mesurée sur le terrain, n'est pas confirmée. En effet, les résultats sont en faveur du groupe contrôle.

Notre seconde hypothèse, qui postule que le core stability training améliore la performance sportive mesurée en laboratoire, est confirmée. Les résultats pour cette condition sont statistiquement non significatifs, mais tous présentent un effet en faveur de l'intervention.

Notre troisième hypothèse, qui postule que le core stability training améliore les indicateurs de la performance sportive mesurés en laboratoire, est confirmée. Tous les résultats pour cette condition présentent un effet en faveur de l'intervention. De plus, le core stability training a un effet statistiquement significatif sur les indicateurs tels que la force des membres inférieurs et la vitesse des membres supérieurs.

Toutes les études ont été incluses indépendamment de leur jugement des risques de biais. Toutefois, nous avons évalué l'impact des risques de biais sur les résultats. Les études qui sont incluses dans la Catégorie 1 « en condition réelle, représentative du sport et mesurant l'endurance » ont toutes un risque de biais élevé dû à la mesure des résultats. La confiance en ces résultats est diminuée (SMD -0.31 [-1.07; 0.45]). Deux études avec un haut risque de biais (Jamison et al., 2012 ; Weston et al., 2013) montrent des grands effets. Il est donc possible que ces effets soient surestimés. Dans les Catégories 2, 3, 5 et 7, des études de bonne qualité ont des effets modérés à grands (Dello Iacono et al., 2016 ; Finatto et al., 2018 ; Jamison et al., 2012 ; Machado et al., 2017).

4.2. Limites liées au processus

Le processus de réalisation de cette méta-analyse présente plusieurs limites à prendre en compte lors de l'interprétation des conclusions.

Exclusions des articles : une étude a été exclue car nous n'avions pas accès au texte complet. C'était une thèse de master et nous avons pris la décision de ne pas contacter l'auteur.

Hétérogénéité de la population : les participants diffèrent d'une étude à l'autre. Ce sont des hommes et des femmes âgés de 14 à 59 ans. Les sports pratiqués ainsi que le niveau des sportifs sont variables.

Hétérogénéité des interventions : toutes les études ne pratiquent pas une intervention similaire de core stability training. La durée des interventions varie entre six et dix semaines. De plus, l'intensité et la fréquence des entraînement divergent entre les études.

Hétérogénéité des outcomes : les études recensent une multitude de tests différents pour mesurer la performance.

Sélection des outcomes pour la méta-analyse : la hiérarchie du choix des outcomes pour la méta-analyse était basée sur les outcomes présents et pas pré-spécifiée avant de voir les études. Nous nous sommes servies de nos connaissances actuelles pour déterminer quels outcomes étaient les plus représentatifs des sports étudiés. S'il n'était pas possible de faire ce choix, nous prenions l'outcome le plus utilisé par l'ensemble des études incluses.

Extraction des résultats : certaines études présentent les résultats uniquement sous forme graphique. Les moyennes et les écarts types de ces études ont été calculés à la règle.

Evaluation des risques de biais : certains critères d'évaluation des risques de biais sont subjectifs. Il est possible que notre interprétation ait influencé les résultats des risques de biais.

4.3. Limite des études incluses

Les études incluses contiennent des limites à prendre en considération dans l'interprétation de leurs résultats.

Randomisation : aucune étude n'a fait appel à une entreprise externe pour la répartition des sujets dans les différents groupes. Toutes présentent donc un risque de biais élevé pour cet item.

Aveuglement : toutes les études sont des études randomisées contrôlées. Cependant, l'intervention consiste en un travail actif. Ainsi, les sujets et les investigateurs des études sont conscients du groupe auquel ils appartiennent.

Supervision des exercices : les sujets du groupe interventionnel ne bénéficient pas tous de la même supervision. Par exemple, les sujets de l'étude de Clark et al. (Clark et al., 2017) sont supervisés une fois par semaine par un investigateur de l'étude et ceux de l'étude de Dello Iacono et al. (Dello Iacono et al., 2016) sont supervisés à chaque entraînement. Dans l'étude de Kuhn et al. (Kuhn et al., 2018) les sujets ne semblent pas être supervisés.

4.4. Forces de notre étude

Nous relevons plusieurs forces contribuant à la pertinence et à la qualité de notre revue systématique et méta-analyse.

Méta-analyse : les données récoltées des études incluses dans la revue systématique nous permettent de mener une étude inférentielle pour chacune de nos sept catégories. Ce design se trouve au sommet de la pyramide de l'évidence.

Design des études : la totalité des études sont des études randomisées contrôlées. Ce design se trouve à l'avant-dernier palier de l'évidence, juste avant la revue systématique et méta-analyse.

Processus : le tri des études a été effectué en double aveugle. L'extraction des données et l'analyse descriptive ont été effectuées en double contrôle.

Homogénéité des groupes contrôles : l'ensemble des études investigate l'effet du CST sur la performance sportive en comparaison à un groupe qui pratique son entraînement habituel.

Homogénéité des données extraites : toutes les études mettent à disposition les valeurs (moyenne, écart-type, ...) mesurées après l'intervention.

Classification des outcomes : la diversité des outcomes et leur classification nous a permis d'obtenir des résultats spécifiques aux différentes composantes de la performance sportive.

4.5. Accords et désaccords avec les autres études

Indicateurs de la performance sportive, représentatifs du sport, mesurés sur le terrain ou en laboratoire

Selon nos recherches actuelles, la littérature ne recense qu'une méta-analyse traitant de l'effet du CST sur la performance sportive (Prieske, Muehlbauer, & Granacher, 2016). Cependant les auteurs ne différencient ni les mesures de la performance sportive mesurées sur le terrain ou en laboratoire, ni la catégorie de l'outcome mesuré. Les résultats de cette étude sont en faveur du contrôle, avec une taille de l'effet (SMD) s'élevant à -0.00 [95% CI -0.52, 0.51]. Il s'agit d'un très petit effet, statistiquement non significatif. Ce résultat confirme celui que nous avons obtenu pour la performance sportive mesurée sur le terrain, bien que la valeur de la taille de l'effet soit différente. L'étude de Prieske et al. infirme nos résultats quant à la performance sportive mesurée en laboratoire. Nous avons trouvé un effet modéré en faveur du CST. Cette différence peut être due au design des études incluses. En effet, Prieske et al. ont inclus trois études contrôlées en plus des cinq études randomisées contrôlées, pouvant induire des variables confondantes. Parmi les cinq études randomisées incluses, deux d'entre elles ne font pas partie de notre revue systématique et méta-analyse. L'étude de Aggarwal et al. (Aggarwal et al., 2010) n'a pas été incluse car l'outcome investigué est l'équilibre statique, dynamique et fonctionnel. L'étude de Lust et al. (Lust, Sandrey, Bulger, & Wilder, 2009) n'a pas été incluse car l'outcome est qualitatif. L'étude de Prieske et al. pâtit également d'une inconsistance substantielle ($I^2=62\%$, $T^2=0.33$). La taille de

l'échantillon, ainsi que le nombre d'études incluses est cependant comparable à notre étude.

Indicateurs de la performance sportive, non représentatifs du sport, mesurés en laboratoire

Nos recherches quant à l'effet du CST sur les indicateurs de la performance sportive nous ont menées vers deux méta-analyses. Fellay et al. (Fellay, Moret, & Mathieu, 2014) ont investigué l'effet du CST sur la puissance des MI. Leurs résultats démontrent un effet minime en faveur de l'intervention. La taille de l'effet (SMD) s'élève à 0.03 [95% CI -0.75, 0.82] et est statistiquement non significative. L'étude de Prieske et al. (Prieske et al., 2016) a également analysé cet indicateur. Elle démontre que la taille de l'effet (SMD) du CST est modérée à grande. Elle s'élève à 0.71 [95% CI -0.08, 1.02] et est statistiquement non significative. Les résultats de notre étude se situent entre ceux de Fellay et al. et ceux de Prieske et al. Cette différence s'explique par le design des études incluses. L'étude de Fellay et al. a inclus une étude contrôlée et une étude randomisée contrôlée. Cette dernière fait également partie de notre étude (Mills et al., 2005). L'étude de Prieske et al. a inclus trois études contrôlées et trois études randomisées contrôlées pour l'indicateur de puissance musculaire des MI. L'étude de Szymanski et al. (Szymanski, Szymanski, Bradford, Schade, & Pascoe, 2007) n'a pas été incluse dans notre revue systématique et méta-analyse, car l'intervention consiste en un entraînement de lancer de médecine ball. Les deux autres études randomisées contrôlées ont été incluses dans notre étude (Butcher et al., 2007 ; Mills et al., 2005). L'hétérogénéité des deux méta-analyses est également plus conséquente que celle de notre étude. La taille de l'échantillon de l'étude de Fellay et al. est moindre en comparaison avec l'étude de Prieske et al. et la nôtre.

Prieske et al. ont également investigué l'effet du CST sur la force des MI. Les auteurs démontrent une taille de l'effet (SMD) de 0.25 [95% CI -0.95, 2.05]. Il s'agit d'un petit effet statistiquement non significatif. Les résultats de notre étude révèlent cependant une taille de l'effet (SMD) de 0.80 [95% CI 0.13; 1.47], statistiquement significative. Cette différence peut être due à la différence de design des études incluses. Pour l'analyse de cet indicateur, Prieske et al. ont inclus trois études contrôlées en plus des deux études randomisées contrôlées. Une des deux études randomisées contrôlées n'a pas été incluse dans notre revue systématique et méta-analyse. Il s'agit de l'étude de Szymanski et al. (Szymanski et al., 2007) pour la même raison que précédemment citée. La seconde

étude randomisée contrôlée est incluse dans notre étude (Butcher et al., 2007). L'hétérogénéité de cette étude est semblable à l'hétérogénéité de la nôtre. L'étude de Prieske et al. bénéficie d'une plus grande taille de l'échantillon.

4.6. Implication pour la pratique

Les résultats de notre méta-analyse suggèrent que l'implantation d'un core stability training dans la pratique sportive est pertinente. Les résultats de la méta-analyse ont permis de démontrer l'efficacité de ce type d'entraînement comparé à un entraînement standard.

Le core stability training doit être instauré de manière progressive. Le sportif peut entraîner son core lors de l'échauffement ou en alternance de ses jours d'entraînement. La fréquence et le volume d'entraînement doivent cependant être adaptés au niveau du sportif et à ses demandes fonctionnelles. Pour bénéficier au mieux des bienfaits du core stability training, le sportif doit être supervisé de manière régulière afin de veiller à la bonne exécution des exercices et à la bonne compréhension des mouvements.

Le core stability training est un moyen d'optimiser la performance des sports ayant une demande importante en terme de force, de puissance et d'agilité. C'est le cas par exemple du football ou du rugby. L'entraînement du core joue également un rôle intéressant dans l'amélioration de la vitesse des membres supérieurs. Il s'agit d'un paramètre particulièrement important dans le handball. Le core stability training a cependant un impact moindre sur la course à pied, ce sport ayant une demande moins importante sur le core. Néanmoins, les résultats de notre étude montrent que le core stability training permet d'améliorer la performance de tout type de sport.

Les avantages d'un tel entraînement sont qu'il demande peu de ressources matérielles et financières et qu'il prend peu de temps.

4.7. Implication pour la recherche

Des études supplémentaires sont nécessaires pour évaluer l'effet du core stability training sur la performance sportive mesurée sur le terrain. Les études randomisées contrôlées à ce sujet sont rares. L'idéal serait de créer un protocole de core stability training et de l'appliquer à une population cible dans le cadre d'une étude randomisée contrôlée. En plus de mesurer la performance sportive, il faudrait mesurer le niveau de core stability, avec des outils tel que celui proposé par Bourban et al. (Bourban, Hübner, Tschopp, & Marti, 2011).

Une étude de cohorte qui analyse la corrélation entre le core stability et la performance sportive permettrait de donner de la valeur à notre étude. Nos résultats ne prouvent pas que l'augmentation de la performance sportive est réellement due à la pratique d'un core stability training. Elle pourrait aussi être améliorée par la présence d'un modérateur.

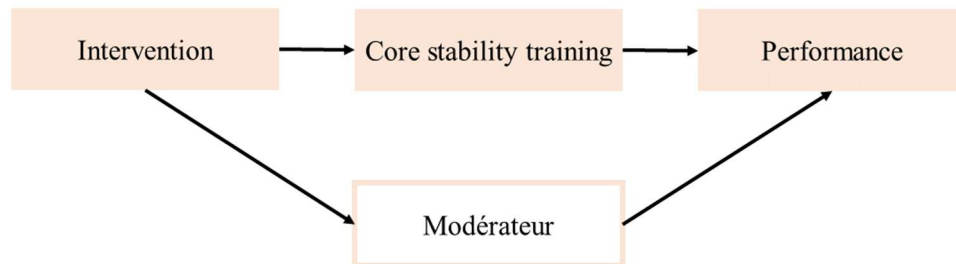


Figure 9. Présence d'un modérateur. En haut, l'effet de l'intervention passe par le core stability pour arriver à la performance. En bas, l'effet de l'intervention passe par un modérateur pour arriver à la performance.

5. Conclusion

Cette revue systématique et méta-analyse a investigué l'influence du core stability training sur la performance sportive chez les sportifs de tout niveau. Les données extraites des 13 études incluses ont été réparties en sept catégories afin que les résultats se rapprochent au mieux de la réalité des sports. L'étude a révélé un effet statistiquement significatif en faveur du core stability training sur la performance sportive, toute condition et tout indicateur confondu. Des effets statistiquement significatifs en faveur du core stability training ont également été observés pour la force des membres inférieurs et pour la vitesse des membres supérieurs. Des effets en faveur du core stability training ont été observés pour l'endurance mesurée en laboratoire, pour la puissance des membres inférieurs et pour l'agilité. Ceux-ci étaient statistiquement non significatifs. Un effet en faveur du contrôle a été observé pour l'endurance mesurée sur le terrain. Cet effet n'est pas non plus statistiquement significatif. Cependant, les résultats de cette étude suggèrent que l'implantation d'un core stability training dans un programme d'entraînement est pertinent.

6. Références bibliographiques

- Aggarwal, A., Zutshi, K., Munjal, J., Kumar, S., & Sharma, V. (2010). Comparing Stabilization Training with Balance Training in Recreationally Active Individuals. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 17(5), 244-253. <https://doi.org/10.12968/ijtr.2010.17.5.47843>
- Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T., & Fredericson, M. (2008). Core Stability Exercise Principles. *Current Sports Medicine Reports*, 7(1), 39-44. <https://doi.org/10.1097/01.CSMR.0000308663.13278.69>
- Alfuth, M., & Cornely, D. (2016). Chronischer Lumbaler Rückenschmerz: Vergleich Zwischen Mobilisationstraining und Training der Rumpfstabilisierenden Muskulatur. *Der Orthopäde*, 45(7), 579-590. <https://doi.org/10.1007/s00132-016-3233-1>
- Behm, D. G., Cappa, D., & Power, G. A. (2009). Trunk Muscle Activation during Moderate- and High-Intensity Running. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(6), 1008-1016. <https://doi.org/10.1139/H09-102>
- Benton, M. J., Raab, S., & Waggner, G. T. (2013). Effect of Training Status on Reliability of one Repetition Maximum Testing in Women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(7), 1885-1890.
- Bergmark, A. (1989). Stability of the lumbar spine: A study in mechanical engineering. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 60(sup230), 1-54. <https://doi.org/10.3109/17453678909154177>
- Billat, V. (2017). *Physiologie et Méthodologie de l'Entrainement* (4^e éd.). : De Boeck Supérieur.
- Borghuis, J., Hof, A. L., & Lemmink, K. (2008). The Importance of Sensory-Motor Control in Providing Core Stability: Implications for Measurement and Training. *Sports Medicine*, 38(11), 893-916. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838110-00002>
- Bourban, P., Hübner, K., Tschopp, M., & Marti, B. (2011). Grundkrafthanforderungen im Spitzensport: Ergebnisse eines 3-teiligen Rumpfkrafttests, 49(2), 73-78.
- Brophy, R., Silvers, H. J., Gonzales, T., & Mandelbaum, B. R. (2010). Gender Influences: the Role of Leg Dominance in ACL Injury Among Soccer Players. *British journal of sports medicine*, 44(10), 694-697.
- Bulley, C., Donaghy, M., Coppoolse, R., Bizzini, M., Van Cingel, R., DeCarlo, M., ... Risberg, M. (2004). Sports Physiotherapy Competencies and Standards. Dans *Sports Physiotherapy For All Project*.
- Butcher, S. J., Craven, B. R., Chilibeck, P. D., Spink, K. S., Grona, S. L., & Sprigings, E. J. (2007). The Effect of Trunk Stability Training on Vertical Takeoff Velocity. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 37(5), 223-231. <https://doi.org/10.2519/jospt.2007.2331>
- Castro-Piñero, J., Ortega, F. B., Artero, E. G., Girela-Rejón, M. J., Mora, J., Sjöström, M., & Ruiz, J. R. (2010). Assessing Muscular Strength in Youth: Usefulness of Standing Long Jump as a General Index of Muscular Fitness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(7), 1810-1817.
- Clarivate Analytics. (2019). Endnote (version x9) [Logiciel]. : Clarivate Analytics. Repéré à www.endnote.com
- Clark, A. W., Goedeke, M. K., Cunningham, S. R., Rockwell, D. E., Lehecka, B. J., Manske, R. C., & Smith, B. S. (2017). Effects of Pelvic and Core Strenght Training on High School Cross-Country Race Times. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(8), 2289-2295.

- Cochrane Collaboration, & Glossary of Terms in The Cochrane Collaboration. (2005). Version 4.2. 5. *Updated May*.
- Coulombe, B. J., Games, K. E., Neil, E. R., & Eberman, L. E. (2017). Core Stability Exercise Versus General Exercise for Chronic Low Back Pain. *Journal of Athletic Training*, 52(1), 71-72. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.11.16>
- Cresswell, A. G., Oddsson, L., & Thorstensson, A. (1994). The Influence of Sudden Perturbations on Trunk Muscle Activity and Intra-Abdominal Pressure while Standing. *Experimental Brain Research*, 98(2). <https://doi.org/10.1007/BF00228421>
- Dauty, M., Hamon, D., Danion, H., Maugars, Y., Potiron-Josse, M., & Ginet, J. (1999). Corrélation de la Détente Verticale avec la Souplesse et la Force des Quadriceps et Ischiojambiers. *Science & Sports*, 14(2), 71-76. [https://doi.org/10.1016/S0765-1597\(99\)80037-9](https://doi.org/10.1016/S0765-1597(99)80037-9)
- Deeks, J. J., Higgins, J. P. T., & Altman, D. G. (2011a). Ch. 9.2.3.2 : The standardized mean difference. Dans *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. (1^{re} éd., Vol. 5.1). : Higgins J.P.T., Green S.
- Deeks, J. J., Higgins, J. P. T., & Altman, D. G. (2011b). Ch. 9.5.1 : What is heterogeneity? Dans *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. (1^{re} éd., Vol. 5.1). : Higgins J.P.T., Green S.
- Deeks, J. J., Higgins, J. P. T., & Altman, D. G. (2011c). Ch. 9.5.2 : Identifying and measuring heterogeneity. Dans *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. (1^{re} éd., Vol. 5.1). : Higgins J.P.T., Green S.
- Deeks, J. J., Higgins, J. P. T., & Altman, D. G. (2011d). Ch. 9.5.4 : Incorporating heterogeneity into random-effects models. Dans *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. (1^{re} éd., Vol. 5.1). : Higgins J.P.T., Green S.
- Dello Iacono, A., Padulo, J., & Ayalon, M. (2016). Core Stability Training on Lower Limb Balance Strength. *Journal of Sports Sciences*, 34(7), 671-678. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1068437>
- Faries, M. D., & Greenwood, M. (2007). Core Training: Stabilizing the Confusion. *Strength and Conditioning Journal*, 29(2), 10-25. <https://doi.org/10.1519/00126548-200704000-00001>
- Fellay, J., Moret, M., & Mathieu, N. (2014). Effets de la Core Stability sur la Puissance, la Force et la Vitesse de Déplacement des Membres Périphériques. *Kinésithérapie, la Revue*, 14(150), 34-40. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2014.03.011>
- Ferdinands, R. (2010). Advanced Applications of Motion Analysis in Sports Biomechanics. *ISBS-Conference Proceedings Archive*, 1(1), 4.
- Finatto, P., Silva, E. S., Okamura, A. B., Almada, B. P., Oliveira, H. B., & Peyré-Tartaruga, L. A. (2018). Pilates Training Improves 5-km Run Performance by Changing Metabolic Cost and Muscle Activity in Trained Runners. *PLoS ONE*, 13(3), e0194057. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194057>
- Fradkin, A. J., Sherman, C. A., & Finch, C. F. (2004). How Well does Club Head Speed correlate with Golf Handicaps? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(4), 465-472.
- Franz, J. R., Wierzbinski, C. M., & Kram, R. (2012). Metabolic Cost of Running Barefoot Versus Shod: is Lighter Better? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(8), 1519-1525.
- Fredericson, M., & Moore, T. (2005). Muscular Balance, Core Stability, and Injury Prevention for Middle- and Long-Distance Runners. *Physical Medicine and*

- Rehabilitation Clinics of North America*, 16(3), 669-689.
<https://doi.org/10.1016/j.pmr.2005.03.001>
- Goodwin, M. L., Harris, J. E., Hernández, A., & Gladden, L. B. (2007). Blood Lactate Measurements and Analysis during Exercise: A Guide for Clinicians. *Journal of diabetes science and technology (Online)*, 1(4), 558-569.
- Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibanez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in Physical Fitness and Throwing Velocity Among Elite and Amateur Male Handball Players. *International journal of sports medicine*, 26(03), 225-232.
- Grandjean, N., Gulbin, J., & Bürgi, A. (2015). FTEM Suisse, Concept Cadre pour le Développement du Sport et des Athlètes en Suisse. © Office fédéral du sport, OFSPO (www.ofspo.ch) und Swiss Olympic (www.swissolympic.ch), 2015.
- Gulbin, J. P., Croser, M. J., Morley, E. J., & Weissensteiner, J. R. (2013). An Integrated Framework for the Optimisation of Sport and Athlete Development: A Practitioner Approach. *Journal of Sports Sciences*, 31(12), 1319-1331.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2013.781661>
- Harris, P. A., Taylor, R., Thielke, R., Payne, J., Gonzalez, N., & Conde, J. G. (2009). Research Electronic Data Capture (REDCap)—a Metadata-Driven Methodology and Workflow Process for Providing Translational Research Informatics Support. *Journal of biomedical informatics*, 42(2), 377-381.
- Haugen, T., Haugvad, L., & Røstad, V. (2016). Effects of Core-Stability Training on Performance and Injuries in Competitive Athletes. *Sportscience*, 20, 1-7.
- Hibbs, A. E., Thompson, K. G., French, D., Wrigley, A., & Spears, I. (2008). Optimizing Performance by Improving Core Stability and Core Strength. *Sports Medicine*, 38(12), 995-1008. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838120-00004>
- Hides, J., Wilson, S., Stanton, W., McMahon, S., Keto, H., McMahon, K., ... Richardson, C. (2006). An MRI Investigation Into the Function of the Transversus Abdominis Muscle During “Drawing-In” of the Abdominal Wall: *Spine*, 31(6), E175-E178. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000202740.86338.df>
- Higgins, J. P. T., Altman, D. G., Gotzsche, P. C., Juni, P., Moher, D., Oxman, A. D., ... Cochrane Statistical Methods Group. (2011). The Cochrane Collaboration’s Tool for Assessing Risk of Bias in Randomised Trials. *BMJ*, 343(oct18 2), d5928-d5928. <https://doi.org/10.1136/bmj.d5928>
- Higgins, J. P. T., Altman, D. G., & Sterne, J. A. C. (2011). Ch. 8.8.4.1: Direct weighting. Dans *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. (1^{re} éd., Vol. 5.1). : Higgins J.P.T., Green S.
- Higgins, J. P. T., & Deeks, J. J. (2011). Ch. 7.7.3.2: Obtaining standard deviations from standard errors and confidence intervals for group means. Dans *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. (1^{re} éd., Vol. 5.1). : Higgins J.P.T., Green S.
- Higgins, J. P. T., Sterne, J. A. C., Savović, J., Page, M. J., Hróbjartsson, A., Boutron, I., ... Eldridge, S. (2016). A Revised Tool for Assessing Risk of Bias in Randomized Trials. *Cochrane Database Syst Rev*, 10(Suppl 1), 29-31.
- Hirashima, M., Kadota, H., Sakurai, S., Kudo, K., & Ohtsuki, T. (2002). Sequential Muscle Activity and its Functional Role in the Upper Extremity and Trunk during Overarm Throwing. *Journal of Sports Sciences*, 20(4), 301-310.
<https://doi.org/10.1080/026404102753576071>
- Hodges, P. W. (2004a). Ch. 2: Lumbopelvic stability: a functional model of the biomechanics and motor control. Dans *Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization* (2^e éd., pp. 13-28). : Elsevier.

- Hodges, P. W. (2004b). Ch. 3 : Abdominal mechanism and support of the lumbar spine and pelvis. Dans *Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization* (2^e éd., pp. 31-57). : Elsevier.
- Hodges, P. W. (2017). Core Stability. Dans *Brunker & Khan's Clinical Sports Medicine : Injuries* (5^e éd., Vol. 1, pp. 153-164).
- Hodges, P. W., Butler, J. E., McKenzie, D. K., & Gandevia, S. C. (1997). Contraction of the Human Diaphragm during Rapid Postural Adjustments. *The Journal of Physiology*, 505(2), 539-548. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.1997.539bb.x>
- Hodges, P. W., & Richardson, C. A. (1997a). Contraction of the Abdominal Muscles Associated With Movement of the Lower Limb. *Physical Therapy*, 77(2), 132-142. <https://doi.org/10.1093/ptj/77.2.132>
- Hodges, P. W., & Richardson, C. A. (1997b). Feedforward Contraction of Transversus Abdominis is not Influenced by the Direction of Arm Movement. *Experimental Brain Research*, 114(2), 362-370. <https://doi.org/10.1007/PL00005644>
- Hughes, M. D., & Bartlett, R. M. (2002). The Use of Performance Indicators in Performance Analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 739-754. <https://doi.org/10.1080/026404102320675602>
- Hung, K. C., Chung, H. W., Yu, C. C. W., Lai, H. C., & Sun, F. H. (2019). Effects of 8-week Core Training on Core Endurance and Running Economy. *PLoS ONE*, 14(3), e0213158.
- Huxel Bliven, K. C., & Anderson, B. E. (2013). Core Stability Training for Injury Prevention. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 5(6), 514-522. <https://doi.org/10.1177/1941738113481200>
- Int'Hout, J., Ioannidis, J. P. A., Rovers, M. M., & Goeman, J. J. (2016). Plea for Routinely Presenting Prediction Intervals in Meta-Analysis. *BMJ Open*, 6(7), e010247. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-010247>
- Jamison, S. T., Mcneilan, R. J., Young, G. S., Givens, D. L., Best, T. M., & Chaudhari, A. M. W. (2012). Randomized Controlled Trial of the Effects of a Trunk Stabilization Program on Trunk Control and Knee Loading: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(10), 1924-1934. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31825a2f61>
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance Exercise Performance: the Physiology of Champions: Factors that make Champions. *The Journal of Physiology*, 586(1), 35-44. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
- Kellis, E., & Katis, A. (2007). Biomechanical Characteristics and Determinants of Instep Soccer Kick. *Journal of Sports Science & Medicine*, 6(2), 154.
- Kibler, W. B. (1998). The Role of the Scapula in Athletic Shoulder Function. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(2), 325-337. <https://doi.org/10.1177/03635465980260022801>
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The Role of Core Stability in Athletic Function: *Sports Medicine*, 36(3), 189-198. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636030-00001>
- Koh, H. W., Cho, S. H., & Kim, C. Y. (2014). Comparison of the Effects of Hollowing and Bracing Exercises on Cross-sectional Areas of Abdominal Muscles in Middle-aged Women. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(2), 295-299. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.295>
- Kuhn, L., Weberruß, H., & Horstmann, T. (2018). Effects of Core Stability Training on Throwing Velocity and Core Strength in Female Handball Players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.09295-2>

- Lederman, E. (2010). The myth of core stability. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 14(1), 84-98. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.08.001>
- Levine, B. D. (2008). VO2max : What do we know, and What do we still need to know ? *The Journal of Physiology*, 586(1), 25-34. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.147629>
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., ... Moher, D. (2009). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000100. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>
- Lord, J. P., Aitkens, S. G., McCrory, M. A., & Bernauer, E. M. (1992). Isometric and Isokinetic Measurement of Hamstring and Quadriceps Strength. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 73(4), 324-330.
- Lust, K. R., Sandrey, M. A., Bulger, S. M., & Wilder, N. (2009). The Effects of 6-week Training Programs on Throwing Accuracy, Proprioception, and Core Endurance in Baseball. *Journal of sport rehabilitation*, 18(3), 407-426.
- Maeo, S., Takahashi, T., Takai, Y., & Kanehisa, H. (2013). Trunk Muscle Activities during Abdominal Bracing: Comparison among Muscles and Exercises. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(3), 467.
- Manchado, C., García-Ruiz, J., Cortell-Tormo, J. M., & Tortosa-Martínez, J. (2017). Effect of Core Training on Male Handball Players' Throwing Velocity. *Journal of Human Kinetics*, 56(1), 177-185. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0035>
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and Factorial Validity of Squat and Countermovement Jump Tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 551-555.
- Mendiguchia, J., Ford, K. R., Quatman, C. E., Alentorn-Geli, E., & Hewett, T. E. (2011). Sex Differences in Proximal Control of the Knee Joint. *Sports Medicine*, 41(7), 541-557. <https://doi.org/10.2165/11589140-000000000-00000>
- Mills, J. D., Taunton, J. E., & Mills, W. A. (2005). The Effect of a 10-week Training Regimen on Lumbo-Pelvic Stability and Athletic Performance in Female Athletes: A Randomized-Controlled Trial. *Physical Therapy in Sport*, 6(2), 60-66. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2005.02.006>
- Neal, R., Lumsden, R., Holland, M., & Mason, B. (2007). Body Segment Sequencing and Timing in Golf. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 2(1_suppl), 25-36. <https://doi.org/10.1260/174795407789705497>
- Nesser, T. W., Huxel, K. C., Tincher, J. L., & Okada, T. (2008). The Relationship Between Core Stability and Performance in Division I Football Players: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1750-1754. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181874564>
- Nesser, T. W., & Lee, W. L. (2009). The Relationship Between Core Strength and Performance in Division I Female Soccer Players. *Journal of Exercise Physiology Online*, 12(2), 9.
- Nicola, T. L., & Jewison, D. J. (2012). The Anatomy and Biomechanics of Running. *Clinics in Sports Medicine*, 31(2), 187-201. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2011.10.001>
- Noetel, M., Ciarrochi, J., Van Zanden, B., & Lonsdale, C. (2017). Mindfulness and Acceptance Approaches to Sporting Performance Enhancement: a Systematic Review. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1-37. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2017.1387803>
- O'Donoghue, P. (2009). *Research Methods for Sports Performance Analysis* (1^{re} éd.). : Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203878309>

- Panityakul, T., Bumrungsup, C., & Knapp, G. (2013). On Estimating Residual Heterogeneity in Random-Effects Meta-Regression: A Comparative Study. *Journal of Statistical Theory and Applications*, 12(3), 253. <https://doi.org/10.2991/jsta.2013.12.3.4>
- Panjabi, M. M. (1992a). The Stabilizing System of the Spine. Part I. Function, Dysfunction, Adaptation, and Enhancement: *Journal of Spinal Disorders*, 5(4), 383-389. <https://doi.org/10.1097/00002517-199212000-00001>
- Panjabi, M. M. (1992b). The Stabilizing System of the Spine. Part II. Neutral Zone and Instability Hypothesis: *Journal of Spinal Disorders*, 5(4), 390-397. <https://doi.org/10.1097/00002517-199212000-00002>
- Patrick, D. L., Guyatt, G. H., & Acquadro, C. (2011). Ch. 17.8.2 : Study summaries using more than one patient-reported outcome. Dans *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. (1^{re} éd., Vol. 5.1). : Higgins J.P.T., Green S.
- Pauole, K., Madole, K., Garhammer, J., Lacourse, M., & Rozenek, R. (2000). Reliability and Validity of the T-Test as a Measure of Agility, Leg Power, and Leg Speed in College-Aged Men and Women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(4), 443-450.
- Prieske, O., Muehlbauer, T., & Granacher, U. (2016). The Role of Trunk Muscle Strength for Physical Fitness and Athletic Performance in Trained Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(3), 401-419. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0426-4>
- Pyne, D. B., Boston, T., Martin, D. T., & Logan, A. (2000). Evaluation of the Lactate Pro Blood Lactate Analyser. *European journal of applied physiology*, 82(1-2), 112-116.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Bravo, D. F., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of Simple Field Tests as Indicators of Match-Related Physical Performance in Top-Level Professional Soccer Players. *International journal of sports medicine*, 28(03), 228-235.
- Richardson, C., Hodges, P. W., & Hides, J. (2004). Ch. 13 : Principles of the « segmental stabilization » exercise model. Dans *Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization*, (2^e éd., pp. 175-183). : Elsevier.
- Richardson, & Hides. (2004a). Ch. 15 : Closed chain segmental control. Dans *Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization*, (2^e éd., pp. 175-183). : Elsevier.
- Richardson, & Hides. (2004b). Ch. 16 : Open chain segmental control and progression into function. Dans *Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization*, (2^e éd., pp. 175-183). : Elsevier.
- RStudio Team. (2015). RStudio: Integrated Development for R (version 1.2.1335) [Logiciel]. Boston, MA : RStudio, Inc. Repéré à <http://www.rstudio.com/>
- Ruf, L., Chéry, C., & Taylor, K. L. (2018). Validity and Reliability of the Load-Velocity Relationship to Predict the One-Repetition Maximum in Deadlift. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(3), 681-689.
- Santos, E., & Janeira, M. (2012). The Effects of Resistance Training on Explosive Strength Indicators in Adolescent Basketball Players: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2641-2647. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823f8dd4>
- Santos, M. J., Kanekar, N., & Aruin, A. S. (2010). The Role of Anticipatory Postural Adjustments in Compensatory Control of Posture: 2. Biomechanical Analysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(3), 398-405. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.01.002>

- Santos-Concejero, J., Granados, C., Bidaurreazaga-Letona, I., Zabala-Lili, J., Irazusta, J., & Gil, S. M. (2013). Onset of Blood Lactate Accumulation as a Predictor of Performance in Top Athletes. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (23).
- Sato, K., & 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. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31818eb0c5>
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners: *Sports Medicine*, 34(7), 465-485. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00005>
- Schünemann, J. H., Oxman, A. D., Higgins, J. P. T., Vist, G. E., Glasziou, P., & Guyatt, G. H. (2011). Ch. 11.3.2: Forest plots. Dans *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. (1^{re} éd., Vol. 5.1). : Higgins J.P.T., Green S.
- Schünemann, J. H., Oxman, A. D., Higgins, J. P. T., Vist, G. E., Glasziou, P., Guyatt, G. H., & Deeks, J. J. (2011a). Ch. 12.4.1 : Confidence intervals. Dans *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. (1^{re} éd., Vol. 5.1). : Higgins J.P.T., Green S.
- Schünemann, J. H., Oxman, A. D., Higgins, J. P. T., Vist, G. E., Glasziou, P., Guyatt, G. H., & Deeks, J. J. (2011b). Ch. 12.4.2 : P value and statistical significance. Dans *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. (1^{re} éd., Vol. 5.1). : Higgins J.P.T., Green S.
- Sciascia, A., & Kibler, W. B. (2014). Ch. 32 : Nonoperative Shoulder Rehabilitation Using the Kinetic Chain. Dans *Functional Training Handbook* (1^{re} éd., pp. 369-379). : Springhouse Publishing Co ,U.S.
- Sciascia, A., Thigpen, C., Namdari, S., & Baldwin, K. (2012). Kinetic Chain Abnormalities in the Athletic Shoulder. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 20(1), 16-21. <https://doi.org/10.1097/JSA.0b013e31823a021f>
- Seo, D., Kim, E., Fahs, C. A., Rossow, L., Young, K., Ferguson, S. L., ... Kim, D. (2012). Reliability of the One-Repetition Maximum Test Based on Muscle Group and Gender. *Journal of sports science & medicine*, 11(2), 221.
- Serrien, B., & Baeyens, J. P. (2018). Systematic Review and Meta-Analysis on Proximal-to-Distal Sequencing in Team Handball: Prospects for Talent Detection? *Journal of Human Kinetics*, 63(1), 9-21. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0002>
- Sever, O., & Zorba, E. (2018). Comparison of Effect of Static and Dynamic Core Exercises on Speed and Agility Performance in Soccer Players. *Isokinetics and Exercise Science*, 26(1), 29-36. <https://doi.org/10.3233/IES-171120>
- Sharma, S. (2012). Core Stability – An Overview, 4.
- Sharrock, C., Cropper, J., Mostad, J., Johnson, M., & Malone, T. (2011). A Pilot Study of Core Stability and Athletic Performance: is There a Relationship? *International Journal of Sports Physical Therapy*, 6(2), 63.
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility Literature Review: Classifications, Training and Testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919-932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>
- Silfies, S. P., Ebaugh, D., Pontillo, M., & Butowicz, C. M. (2015). Critical Review of the Impact of Core Stability on Upper Extremity Athletic Injury and Performance. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 19(5), 360-368. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0108>

- Stewart, P. F., Turner, A. N., & Miller, S. C. (2014). Reliability, Factorial Validity, and Interrelationships of Five Commonly used Change of Direction Speed Tests. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(3), 500-506.
- Szymanski, D. J., Szymanski, J. M., Bradford, T. J., Schade, R. L., & Pascoe, D. D. (2007). Effect of Twelve Weeks of Medicine Ball Training on High School Baseball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 894.
- Tan, B., Aziz, A. R., Spurway, N. C., Toh, C., Mackie, H., Xie, W., ... Teh, K. C. (2006). Indicators of Maximal Hiking Performance in Laser Sailors. *European Journal of Applied Physiology*, 98(2), 169-176. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0260-3>
- The Cochrane Collaboration. (2014). Review Manager (RevMan) (version 5.3) [Logiciel]. Copenhagen: The Nordic Cochrane Centre : The Cochrane Collaboration.
- Tong, T. K., McConnell, A. K., Lin, H., Nie, J., Zhang, H., & Wang, J. (2016). "Functional" Inspiratory and Core Muscle Training Enhances Running Performance and Economy: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2942-2951. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000656>
- Tse, M. A., McManus, A. M., & Masters, R. S. W. (2005). Development and Validation of a Core Endurance Intervention Program: Implications for Performance in College-Age Rowers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 547. <https://doi.org/10.1519/15424.1>
- Tsubouchi, S., Demura, S., Uchida, Y., Matsuura, Y., & Uchida, H. (2016). Agility Characteristics of Various Athletes Based on a Successive Choice-reaction Test. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 4(4), 98-102.
- Veritas Health Innovation. (2019). Covidence systematic review software (version 1232 2fe67e9c) [Logiciel]. Melbourne, Australia : Veritas Health Innovation. Repéré à www.covidence.org
- Wagner, H., Pfusterschmied, J., Von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2012). Skill-Dependent Proximal-to-Distal Sequence in Team-Handball Throwing. *Journal of Sports Sciences*, 30(1), 21-29. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.617773>
- Wang, C. H., Chang, C. C., Liang, Y. M., Shih, C. M., Chiu, W. S., Tseng, P., ... Juan, C. H. (2013). Open vs. Closed Skill Sports and the Modulation of Inhibitory Control. *PLoS ONE*, 8(2), e55773. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055773>
- Wang, X. Q., Zheng, J. J., Yu, Z. W., Bi, X., Lou, S. J., Liu, J., ... Chen, P. J. (2012). A Meta-Analysis of Core Stability Exercise versus General Exercise for Chronic Low Back Pain. *PLoS ONE*, 7(12), e52082. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052082>
- Weineck, J. (2005). *Manuel d'Entraînement: Physiologie de la Performance Sportive et de son Développement dans l'Entraînement de l'Enfant et de l'Adolescent* (4^e éd.). Paris : Vigot.
- Weston, M., Coleman, N. J., & Spears, I. R. (2013). The Effect of Isolated Core Training on Selected Measures of Golf Swing Performance: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(12), 2292-2297. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31829bc7af>
- Willson, J. D., Dougherty, C. P., Ireland, M. L., & Davis, I. MC. (2005). Core Stability and Its Relationship to Lower Extremity Function and Injury. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 13(5), 316-325. <https://doi.org/10.5435/00124635-200509000-00005>
- Yeadon, M. R., & Challis, J. H. (1994). The Future of Performance-Related Sports Biomechanics Research. *Journal of Sports Sciences*, 12(1), 3-32. <https://doi.org/10.1080/02640419408732156>

- Yoshida, T., Chida, M., Ichioka, M., & Suda, Y. (1987). Blood Lactate Parameters Related to Aerobic Capacity and Endurance Performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(1), 7-11. <https://doi.org/10.1007/BF00696368>
- Young, W. B. (2006). Transfer of Strength and Power Training to Sports Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(2), 74-83. <https://doi.org/10.1123/ijsp.1.2.74>
- Zattara, M., & Bouisset, S. (1988). Posturo-Kinetic Organisation during the Early Phase of Voluntary Upper Limb Movement. 1. Normal subjects. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 51(7), 956-965. <https://doi.org/10.1136/jnnp.51.7.956>
- Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). Deficits in Neuromuscular Control of the Trunk Predict Knee Injury Risk: Prospective Biomechanical-Epidemiologic Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(7), 1123-1130. <https://doi.org/10.1177/0363546507301585>
- Zhang, Y., Liu, G., & Xie, S. (2012). Movement Sequences during Instep Rugby Kick: a 3D Biomechanical Analysis. *International Journal of Sports Science and Engineering*, 6(2), 89-95.

7. Liste des figures

Figure 1 : Flowchart

Figure 2 : Forest plot de la Catégorie 1

Figure 3 : Forest plot de la Catégorie 2

Figure 4 : Forest plot de la Catégorie 3

Figure 5 : Forest plot de la Catégorie 4

Figure 6 : Forest plot de la Catégorie 5

Figure 7 : Forest plot de la Catégorie 6

Figure 8 : Forest plot de la Catégorie 7

Figure 9 : Présence d'un modérateur

8. Annexes

8.1. Equations de recherche

CINAHL, Embase et SPORTDiscus

Pour ces trois moteurs de recherche, nous avons appliqué l'équation de recherche suivante :

(athlete OR athletes OR athletic OR athletics OR sport OR sports OR player OR players
OR competition OR competitions OR competitive OR throw OR thrower OR throwers
OR throwing OR throwings OR runner OR runners OR running OR cyclist OR cyclists
OR cycling OR swimmer OR swimmers OR swimming)

AND

(stabilizer OR stabilizers OR stabilization OR stabiliser OR stabilisers OR stabilisation
OR endurance OR training OR proprioception OR stability OR « neuromuscular control »
OR sensorimotor OR « sensory motor » OR « motor control » OR « movement control »)

AND

(« intrinsic muscle » OR « intrinsic muscles » OR « deep muscle » OR « deep muscles »
OR transverse OR transverses OR transversus OR multifide OR multifides OR multifidus
OR multifidi OR oblique OR obliques OR obliquus OR rectus OR « quadratus
lumborum » OR abdominal OR « pelvic floor » OR trunk OR spine OR spinal OR « low
back » OR lumbar OR lumbopelvic OR lumbopelvic-hip OR hip OR « abdominal
hollowing » OR core)

AND

(random OR randomly OR randomised OR randomized OR randomisation OR
randomization OR RCT OR sham OR placebo)

Ovid

Pour ce moteur de recherche, nous avons modifié les termes relatifs aux études randomisées contrôlées :

(athlete OR athletes OR athletic OR athletics OR sport OR sports OR player OR players
OR competition OR competitions OR competitive OR throw OR thrower OR throwers
OR throwing OR throwings OR runner OR runners OR running OR cyclist OR cyclists
OR cycling OR swimmer OR swimmers OR swimming)

AND

(stabilizer OR stabilizers OR stabilization OR stabiliser OR stabilisers OR stabilisation
OR endurance OR training OR proprioception OR stability OR « neuromuscular control »
OR sensorimotor OR « sensory motor » OR « motor control » OR « movement control »)

AND

(« intrinsic muscle » OR « intrinsic muscles » OR « deep muscle » OR « deep muscles »
OR transverse OR transverses OR transversus OR multifide OR multifides OR multifidus
OR multifidi OR oblique OR obliques OR obliquus OR rectus OR « quadratus
lumborum » OR abdominal OR « pelvic floor » OR trunk OR spine OR spinal OR « low
back » OR lumbar OR lumbopelvic OR lumbopelvic-hip OR hip OR « abdominal
hollowing » OR core)

AND

((« randomized controlled trial.pt. » OR « controlled clinical trial.pt. » OR
« randomized.ab. » OR « placebo.ab. » OR « drug therapy.fs. » OR « randomly.ab. » OR
« trial.ab. » OR « groups.ab. ») NOT « exp animals/ not humans.sh. »)

CENTRAL

Ce moteur de recherche dispose d'un filtre "controlled trials", c'est pourquoi nous y
avons combiné uniquement les termes de la population et de l'intervention.

(athlete OR athletes OR athletic OR athletics OR sport OR sports OR player OR players
OR competition OR competitions OR competitive OR throw OR thrower OR throwers
OR throwing OR throwings OR runner OR runners OR running OR cyclist OR cyclists
OR cycling OR swimmer OR swimmers OR swimming)

AND

(stabilizer OR stabilizers OR stabilization OR stabiliser OR stabilisers OR stabilisation
OR endurance OR training OR proprioception OR stability OR « neuromuscular control »
OR sensorimotor OR « sensory motor » OR « motor control » OR « movement control »)

AND

(« intrinsic muscle » OR « intrinsic muscles » OR « deep muscle » OR « deep muscles »
OR transverse OR transverses OR transversus OR multifide OR multifides OR multifidus
OR multifidi OR oblique OR obliques OR obliquus OR rectus OR « quadratus
lumborum » OR abdominal OR « pelvic floor » OR trunk OR spine OR spinal OR « low

back » OR lumbar OR lumbopelvic OR lumbopelvic-hip OR hip OR « abdominal hollowing » OR core)

PEDro

Ce moteur de recherche ne permet pas de combiner une équation de recherche complète.

C'est pourquoi nous avons appliqué 3 recherches différentes :

1. Core stabilization AND Performance
2. Trunk muscle AND Performance
3. Core Stability AND Performance

8.2. Descriptif des études incluses

Tableau 1

Tableau 1. Description des participants				
Etudes	Nombre de sujets	Âge et sexe	Sports	Critères d'inclusion et d'exclusion
Butcher et al. 2007	28 I : 14 C : 14	20-28 ans 11 H 17 F	Basketball, danse, course à pied, football, hockey, arts martiaux, aviron, rugby, slowpitch, natation, athlétisme, volleyball	Inclusion des sujets ne pratiquant habituellement pas d'entraînement de stabilité du tronc; Exclusion en cas de douleurs lombaires ou de blessure du MI nécessitant un traitement, pouvant influencer la performance ou pouvant être augmenté par les tests ou entraînements (présente ou durant les 12 derniers mois).
Clark et al., 2017 H	12 I : 6 C : 6	14-19 ans 12 H 0 F	Course à pied	Inclusion des sujets sains et n'ayant pas d'expérience préliminaire en entraînement de force du tronc ; Exclusion en cas de problème cardio-vasculaire, de blessure du MI (durant les six dernières semaines) ou en cas d'impossibilité de réaliser les tests lors des trois périodes requises.
Clark et al., 2017 F	21 I : 10 C : 11			
Dello Iacono et al. 2016	20 I : 10 C : 10	18-20 ans 20 H 0 F	Football	Inclusion des sujets sains sans histoire de blessure grave du MI, n'étant pas soumis à une médication durant leur participation à l'étude.
Finatto et al. 2018	28 I : 13 C : 15	17-19 ans 28 H 0 F	Course à pied	Inclusion des hommes faisant de la course à pied depuis plus de six mois, ayant de l'expérience dans les courses de 5000m, âgés entre 18 et 28 ans et n'étant pas soumis à une médication ; Exclusion en cas d'absence supérieure à 20% des entraînements, de pratique de Pilates antérieure à l'étude ou ayant des problématiques métaboliques, hormonales, neuro-musculaires et/ou cardiaques.
Hung et al. 2019	21 I : 11 C : 10	Âge du collègue (université) 21 H 0 F	Course à pied, football, basketball, rugby	Inclusion des sujets ayant au moins trois ans d'expérience dans la pratique sportive régulière (généralement 3x/semaine) ; Exclusion des sujets féminins et des sujets blessés.

Tableau 1 (suite)

Etudes	Nombre de sujets	Âge et sexe	Sports	Critères d'inclusion et d'exclusion
Jamison et al. 2012	22 I : 10 C : 11	18-21 ans 22 H 0 F	Rugby	Inclusion des sujets pratiquant du rugby au niveau "high school" durant les cinq dernières années, sans histoire de blessure (MI, tronc) ou de chirurgie et ayant un score supérieur à 9 au Marx Activity Rating Scale ; Exclusion en cas de blessure au cours de l'étude ou en cas de manquement de plus de quatre sessions ou de plus de trois sessions consécutives.
Kuhn et al. 2018	20 I : 10 C : 10	19-28 ans 0 H 20 F	Handball	Inclusion des sujets féminins âgés de plus de 18 ans avec une expérience de plus de cinq ans dans le handball, participant aux compétitions, pratiquant au moins six heures de handball par semaine et ne présentant aucune blessure .
Manchado et al. 2017	30 I : 15 C : 15	15-25 ans 30 H 0 F	Handball	Inclusion des sujets ne présentant pas de blessure, faisant partie d'une équipe durant la saison, ayant participé aux compétitions lors de la durée de l'étude et ayant suivi tous les entraînements.
Mills et al. 2005 a	30 I : 10 C : 10	17-23 ans 0 H 30 F	Volleyball, basketball	Inclusion des sujets féminins, membres d'une équipe de volley ou de basket ; Exclusion des sujets présentant un dos plat, une attitude cyphotique ou lordotique, des blessures existantes ou ayant reçu un traitement pour des douleurs rachidiennes.
Mills et al. 2005 b	30 I : 10 C : 10			
Sato et Mokha 2009	20 I : 8 C : 12	27-47 ans 6 H 14 F	Course à pied	Inclusion des sujets n'ayant pas de signe de blessure au moment de l'étude et pratiquant de la course à pied avec une attaque au sol de type « rear-foot-strike ».
Sever et Zorba 2017 a	25 I : 14 C : 11	16-20 ans 25 H 0 F	Football	Inclusion des sujets ayant plus de huit heures d'entraînement par semaine et participant aux matches les weekends.
Sever et Zorba 2017 b	24 I : 13 C : 11			
Tong et al. 2016	16 I : 8 C : 8	19-26 ans 12 H 4 F	Course à pied	Exclusion des sujets présentant une histoire familiale de maladies cardio-vasculaires et ayant une médication en lien avec une maladie de ce type.
Weston et al. 2013	36 I : 18 C : 18	35-59 ans 36 H 0 F	Golf	Inclusion des sujets faisant partie du Dinsdale Spa Golf Club (UK) et ayant des handicaps officiels du club en terme de niveau d'alignement.

C : groupe contrôle, F : femme, H : homme ; I : groupe intervention, MI : membre inférieur

Tableau 2

Les données en *italique* sont soit des interventions, soit des outcomes que nous n'avons pas pris en compte dans notre revue systématique et méta-analyse.

Tableau 2. Description des études					
Etudes	Description de l'intervention	Type de contrôle	Durée de l'intervention	Outcomes	Conclusion des auteurs
Butcher et al. 2007	Entraînement de stabilité du tronc en trois phases progressives, augmentant la demande de stabilité globale. <i>Etirement de la musculature des MI.</i> <i>Combinaison d'entraînement de la stabilité du tronc et d'étirements.</i>	Entraînement habituel	9 semaines, 3x/semaine	Vertical jump [m/s] Leg Press 1 RM [kg] <i>DSLL Test [mmHg]</i>	Il n'y a pas de différence pour l'amélioration de la performance au vertical jump entre un entraînement de stabilité du tronc, d'étirement musculaire des MI ou une combinaison d'entraînement de stabilité du tronc et d'étirements. Des recherches supplémentaires sont nécessaires.
Clark et al., 2017 H	Entraînement en force du pelvis et du core, mené progressivement en augmentant la difficulté chaque deux semaines et nécessitant une Swiss ball et un ballon	Entraînement habituel	6 semaines, 3x/semaine	Temps de course au 5000m [min] <i>Force musculaire isométrique du membre inférieur [Nm]</i>	Cette intervention peut améliorer la force et le temps de course. Bien que les résultats soient statistiquement non significatifs, l'effet clinique est présent. Des études supplémentaires avec une population plus large et une plus longue période d'intervention sont nécessaires.
Clark et al., 2017 F					
Dello Iacono et al. 2016	Entraînement de stabilité du core en deux phases. La première phase se concentrait sur l'équilibre et le CS et la seconde se concentrait sur la force du MI et sur le contrôle neuro-musculaire.	Entraînement habituel	6 semaines, 5x/semaine	Force musculaire isocinétique lente [Nm/kg] Force musculaire isocinétique rapide [Nm/kg] <i>Asymétrie des MI lors du saut unipodal [%]</i>	Cette intervention est une méthode efficace pour améliorer la force des MI et diminuer les dysbalances entre les deux MI. Durant la saison de football, les entraîneurs devraient considérer l'implantation de ce type d'entraînement en échauffement, à la place d'un échauffement standard.

Tableau 2 (suite)

Études	Description de l'intervention	Type de contrôle	Durée de l'intervention	Outcomes	Conclusion des auteurs
Finatto et al. 2018	Entraînement de Pilates les autres jours que ceux l'entraînement habituel. L'entraînement était réparti en trois phases : l'exécution de mouvements fondamentaux au Pilates, l'exécution d'exercices, puis la relaxation.	Entraînement habituel	12 semaines, 2x/semaine	Temps de course au 5000m [min] VO2 max [mL.kg-1.min-1] Cmet10 [J.kg-1.m-1] Cmet12 [J.kg-1.m-1] MVIC [mV]	Le Pilates peut être incorporé à l'entraînement du coureur récréationnel pour améliorer la performance de course, la VO2max et pour renforcer les muscles du tronc. Un tel entraînement peut également diminuer le coût métabolique en permettant au sportif d'être plus efficace. Cependant, des études supplémentaires sont nécessaires pour comprendre la relation entre ces paramètres et la performance.
Hung et al. 2019	Entraînement du core en trois phases : renforcement fondamental, stabilisation et renforcement fonctionnel. L'entraînement était instauré de manière progressive vers une stabilisation sur surface instable ou avec mouvement unilatéral.	Entraînement habituel	8 semaines, 3x/semaine	VO2 max [mL.kg-1.min-1] Concentration en lactate [mmol] Fréquence cardiaque [bpm] Taux de l'effort perçu [score] SOT [score] SEPT [s]	Cette intervention pourrait améliorer l'équilibre statique, l'endurance du core et l'économie de course. Cependant, des tests menés directement sur le terrain devraient être faits pour investiguer directement l'effet d'un tel entraînement sur les performances sportives spécifiques.
Jamison et al. 2012	Entraînement de stabilité du tronc, instauré de manière progressive pour chacun des huit exercices.	Entraînement habituel	6 semaines, 3x/semaine	Deadlift 1 RM [kg] T-test [s] Short shuttle test [s] Broad jump test [cm] Endurance du core [s] Contrôle du tronc [°] Force du tronc [N] Peak moments [%bw x ht]	Cette intervention n'améliore significativement que l'endurance du core. Ce résultat suggère que ce type d'entraînement pourrait être nécessaire pour améliorer le contrôle du tronc et la biomécanique des MI dans les sports semblables au rugby.

Tableau 2 (suite)

Etudes	Description de l'intervention	Type de contrôle	Durée de l'intervention	Outcomes	Conclusion des auteurs
Kuhn et al. 2018	Entraînement de stabilité du core, constitué de neuf exercices spécifiques aux muscles du core, instaurés en chaîne fermée et allant vers une surface progressivement instable.	Entraînement habituel	6 semaines, 2x/semaine	Vitesse de lancer [m/s] <i>Force isométrique maximale du core [kg]</i> <i>Endurance du core [s]</i>	Cette intervention, lorsqu'elle supplée à l'entraînement habituel de handball, améliore la force et l'endurance du core. Elle ne démontre cependant pas d'amélioration significative de la vitesse de lancer. Des études supplémentaires sont nécessaires.
Manchado et al. 2017	Entraînement du core en trois phases progressives, constituées de sept exercices ciblant une amélioration de la chaîne cinétique du mouvement de lancer par le renforcement des différents muscles du core.	Entraînement habituel	10 semaines, 4x/semaine	Vitesse de lancer [km/h]	Cette intervention semble améliorer la vitesse de lancer chez le handballeur. Les résultats suggèrent d'implanter un entraînement du core dans les sports d'équipe de manière générale car il influence la performance et est bénéfique, tout en demandant un petit investissement en terme de temps (10-15min).
Mills et al. 2005 a	Entraînement de stabilité vertébrale en ciblant les muscles locaux en trois phases : contraction volontaire de ces muscles, co-contraction de ces muscles, puis co-contraction avec mouvement des MI et MS. <i>Entraînement de force du core.</i>	Entraînement habituel	10 semaines, 4x/semaine	T-test [s] Vertical jump [cm] <i>Stabilité lombopelvienne [score]</i> <i>Equilibre statique [s]</i>	Un entraînement de stabilité vertébrale ou de force du core améliore de la même manière la stabilité lombopelvienne. Il n'y a pas de preuve concernant le lien entre cette stabilité et les performances sportives. Des études supplémentaires sont donc nécessaires.
Mills et al. 2005 b	Entraînement de force du core en ciblant les muscles globaux, mené de manière progressive en augmentant le nombre de répétitions ou de séries. <i>Entraînement de stabilité vertébrale.</i>				

Tableau 2 (suite)

Etudes	Description de l'intervention	Type de contrôle	Durée de l'intervention	Outcomes	Conclusion des auteurs
Sato et Mokha 2009	Entraînement de force du core, consistant en cinq exercices, augmentant de manière progressive le volume d'entraînement chaque deux semaines.	Entraînement habituel	6 semaines, 4x/semaine	Temps de course au 5000m [min] <i>SEBT [score]</i> <i>GRF Test [p.i.]</i>	Cette intervention joue un rôle important dans le développement de la performance en course à pied. Cependant, elle n'améliore pas la cinétique de course. Elle représente néanmoins un outil pertinent pour les professionnels pour améliorer ou maintenir le niveau de force du sportif.
Sever et Zorba 2017 a	Entraînement statique du core, en augmentant progressivement la charge de travail en terme de nombre de répétitions et en augmentant la difficulté dès la cinquième semaine. <i>Entraînement dynamique du core.</i>	Entraînement habituel	8 semaines, 3x/semaine	Vertical jump [p.i.] Standing long jump [p.i.] 505 Agility test [p.i.] Arrowhead agility [p.i.] Accélération sur 10 m [p.i.] Sprint 30m [p.i.] <i>Pompes [nombre de répétitions]</i> <i>Crunch [nombre de répétitions]</i> <i>Endurance du core [s]</i>	Ces interventions (statique ou dynamique) permettent l'amélioration de l'endurance du core et une augmentation de la résistance à la fatigue. Ceci prévient le risque de blessure et les pertes fonctionnelles.
Sever et Zorba 2017 b	Entraînement dynamique du core, en augmentant progressivement le nombre de répétitions et la charge (poids du corps, poids supplémentaire de 10kg, poids supplémentaire de 15kg). <i>Entraînement statique du core.</i>				
Tong et al. 2016	Entraînement du core et des muscles inspiratoires, constitué de quatre exercices devant être menés avec une charge inspiratoire imposée.	Entraînement habituel	6 semaines, 5-6x/semaine	OBLA [km.hr ⁻¹] REOBLA [ml.kg ⁻¹ .km ⁻¹] 1h de course sur tapis [km] <i>SEPT [s]</i> <i>Po [cmH2O]</i> <i>MRPD [cmH2O.ms⁻¹]</i>	Cette intervention améliore la performance de course, en optimisant l'économie de course. Cependant, les résultats sont statistiquement non significatifs.

Tableau 2 (suite)





































































Etudes	Description de l'intervention	Type de contrôle	Durée de l'intervention	Outcomes	Conclusion des auteurs
Weston et al. 2013	Entraînement du core constitué de huit exercices basiques.	Entraînement habituel	8 semaines, 3x/semaine	Changement de vitesse du club-head [%] Changement du Backspin [%] Changement du Sidespin [%] Test d'endurance du core [s]	Cette intervention démontre de faibles bénéfices pour la pratique du golf.

Bw : body weight, Cmet : coût métabolique, CS : core stability, DSLL : modified double straight leg-lowering, GRF : ground reaction force, ht : height, MI : membre inférieur, MRPD : maximum rate of pressure development, MS : membre supérieur, MVIC : maximal voluntary isometric contraction, p.i. : pas d'information, Po : static maximum inspiratory mouth pressure, REOBLA : onset of blood lactate accumulation at the running economy speed, SEBT : star execution balance test, SEPT : sport-specific endurance plank test, OBLA : onset of blood lactate accumulation, SOT : sensory organisation test, VO2max : maximal oxygen consumption, 1 RM : one-repetition maximum.

8.3. Risques de biais

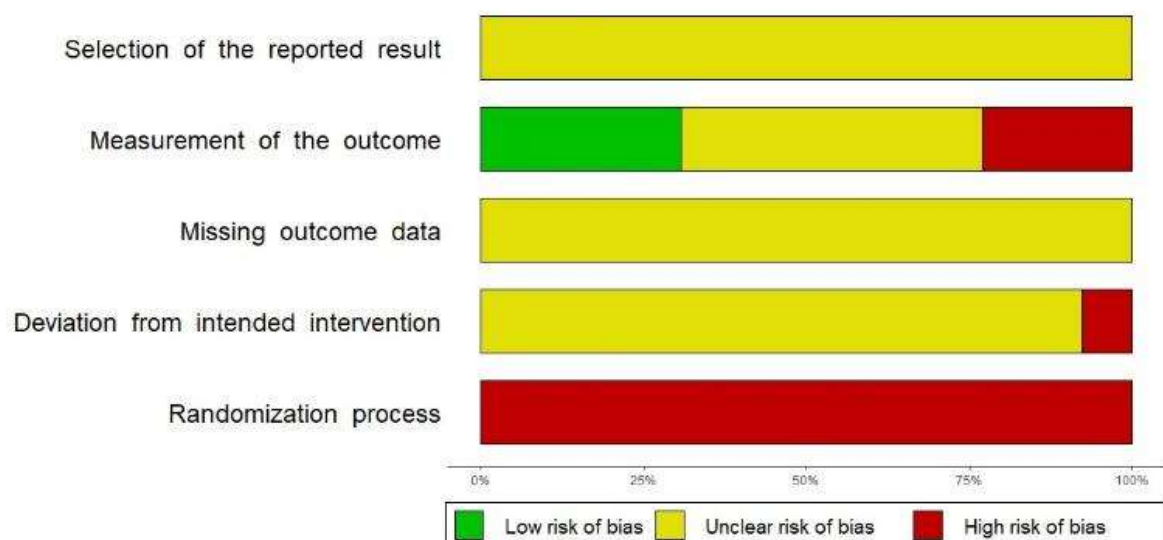
Tableau

Le tableau représente l'évaluation des risques de biais pour chaque étude.

	Randomization process	Deviation from intended intervention	Missing outcome data	Measurement of the outcome	Selection of the reported result
Butcher 2011					
Clark 2017					
Dello Iacono 2016					
Finatto 2018					
Hung 2019					
Jamison 2012					
Kuhn 2018					
Manchado 2017					
Mills 2003					
Sato 2009					
Sever 2017					
Tong 2016					
Weston 2013					
   Low risk of bias Unclear risk of bias High risk of bias					

Graphique

Le graphique représente la proportion d'études par risque de biais selon chacun des jugements.



8.4. Tableau d'extraction des données

Study	Outcome	Category	Time point (week)	Duration (week)	Intervention			Control		
					Name	Mean	SD	Name	Mean	SD
Clark 2017 F	4-km Race time (min)	Endurance : On field & Rep	6	6	Pelvic and core strength training	18,59	1,84	Usual training	18,62	1,67
Clark 2017 H	5-km Race time (min)	Endurance : On field & Rep	6	6	Pelvic and core strength training	20,26	0,87	Usual training	20,5	1,76
Sato 2009	5-km running time (min)	Endurance : On field & Rep	6	6	Core strength training	28,7	2,38	Usual training	26,22	1,9
Finatto 2018	5-km running time (min)	Endurance : Lab & Rep	12	12	Pilates	23,23	1,44	Usual training	24,61	2,01
Tong 2016	1-h treadmill run (km)	Endurance : Lab & Rep	6	6	Core and inspiratory muscle training	13,21	1,47	Usual training	13,1	1,52
Finatto 2018	Cmet12 J.kg ⁻¹ .m ⁻¹)	Endurance : Lab & Rep & Metabolic	12	12	Pilates	4,33	0,25	Usual training	4,71	0,43
Hung 2019	Blood lactate concentration (mmol)	Endurance : Lab & Rep & Metabolic	8	8	Core training	10,84	1,57	Usual training	12,02	2,72
Tong 2016	OBLA (km.hr ⁻¹)	Endurance : Lab & Rep & Metabolic	6	6	Core and inspiratory muscle training	15	2,1	Usual training	14,8	1,5
Butcher 2011	Vertical jump (m/s)	Power : Lab & NonRep & LE	9	9	Trunk stability	2,38	0,36	Usual training	2,27	0,31
Dello Iacono 2016	Fast Isokinetic peak torque Ext right (Nm/kg)	Power : Lab & NonRep & LE	7	6	Core stability training	2,2	0,32	Usual training	2,1	0,32
Janison 2012	Broad jump (cm)	Power : Lab & NonRep & LE	7	6	Resistance - Trunk stability training	242,2 ₄	21,88	Usual training	220,23	20,45
Mills 2003 ^a	Vertical jump (cm)	Power : Lab & NonRep & LE	10	10	TA - LM - PF Training program	32,3	4,5	Usual training	29,5	6,3
Mills 2003 ^b	Vertical jump (cm)	Power : Lab & NonRep & LE	10	10	RA - EO - IO - LD - ES Training program	30,2	6,8	Usual training	29,5	6,3

EO: external obliques muscles, ES: erector spinae muscles, IE: internal obliques muscles, Lab: laboratory condition, LD: latissimus dorsi muscles, LE: lower extremity, LM : lumbar multifidus muscles, N: number of participants, NonRep: non representative of the sport, PF: pelvic floor muscles, RA: rectus abdominis muscle, Rep: representative of the sport, SD: standard deviation, TA: transversus abdominis muscle, UE: upper extremity, 1 RM: one-repetition

Intervention					Control								
Study	Outcome	Category	Time point (week)	Duration (week)	Name	Mean	SD	N	Name	Mean	SD	N	Better value
Sever 2017 _a	Vertical jump	Power : Lab & NonRep & LE	8	8	Static core stability training	42,23	3,99	14	Usual training	41,91	4,31	11	high
Sever 2017 _b	Vertical jump	Power : Lab & NonRep & LE	8	8	Dynamic core stability training	42,23	3,08	13	Usual training	41,91	4,31	11	high
Butcher 2011	Legpress 1 RM (kg)	Strength : Lab & NonRep & LE	9	9	Trunk stability	190,7	93	14	Usual training	164,2	69,4	14	high
Dello Iacono 2016	Slow Isokinetic peak torque Ext right (Nm/kg)	Strength : Lab & NonRep & LE	7	6	Core stability training	3,6	0,63	10	Usual training	3,2	0,32	10	high
Janison 2012	Deadlift 1 RM (kg)	Strength : Lab & NonRep & LE	7	6	Resistance - Trunk stability training	115,58	36,15	10	Usual training	75,29	8,75	11	high
Janison 2012	T-test (s)	Agility : Lab & NonRep	7	6	Resistance - Trunk stability training	8,22	0,34	10	Usual training	8,28	0,4	11	low
Mills 2003 _a	T-test (s)	Agility : Lab & NonRep	10	10	TA - LM - PF Training program	8,5	0,6	10	Usual training	9	0,4	10	low
Mills 2003 _b	T-test (s)	Agility : Lab & NonRep	10	10	RA - EO - IO - LD - ES Training program	8,8	0,4	10	Usual training	9	0,4	10	low
Sever 2017 _a	505 Agility test	Agility : Lab & NonRep	8	8	Static core stability training	2,48	0,06	14	Usual training	2,45	0,09	11	low
Sever 2017 _b	505 Agility test	Agility : Lab & NonRep	8	8	Dynamic core stability training	2,43	0,07	13	Usual training	2,45	0,09	11	low
Kuhn 2018	Jump throwing velocity (km/h)	Speed : Lab & NonRep & UE	6	6	Core stability training	66,53	3,82	10	Usual training	64,37	5,44	10	high
Manchado 2017	Throwing velocity 9m 3 steps (km/h)	Speed : Lab & NonRep & UE	10	10	Core Training program	85,7	11,7	15	Usual training	79,3	12,8	15	high
Weston 2013	Club-head speed (change in %)	Speed : Lab & NonRep & UE	8	8	Core training program	2	3,1	18	Usual training	-1,5	3,1	18	high

EO: external obliques muscles, ES: erector spinae muscles, IE: internal obliques muscles, Lab: laboratory condition, LD: latissimus dorsi muscles, LE: lower extremity, LM: lumbar multifidus muscles, N: number of participants, NonRep: non representative of the sport, PF: pelvic floor muscles, RA: rectus abdominis muscle, Rep: representative of the sport, SD: standard deviation, TA: transversus abdominis muscle, UE: upper extremity, 1 RM: one-repetition

8.5. Description et justification des outcomes

Cmet12

Le coût métabolique est un indicateur fréquemment utilisé pour évaluer la performance du coureur (Franz, Wierzbinski, & Kram, 2012). Il correspond à la consommation d'oxygène utilisée pour parcourir une distance à une vitesse sub-maximale. Un individu avec un faible coût métabolique dépense moins d'énergie et consomme moins d'oxygène (Finatto et al., 2018). Le coût métabolique à 12 km/h (Cmet12) correspond à la dépense métabolique à une vitesse de 12 km/h.

Blood lactate concentration

La mesure de la concentration de lactate dans le sang est un moyen fréquemment utilisé pour évaluer la performance (Pyne, Boston, Martin, & Logan, 2000). L'augmentation progressive de la concentration de lactate dans le sang est une réponse physiologique normale à l'exercice. Celle-ci varie en fonction des individus et de leur niveau d'entraînement (Goodwin, Harris, Hernández, & Gladden, 2007).

OBLA

L'OBLA correspond au moment où l'intensité d'exercice engendre une concentration en lactate de 4 mmol par litre de sang. Cette intensité d'exercice représente le seuil entre une activité modérée et une activité intense. Chez les coureurs de moyenne et de longue distance, la vitesse de course à l'OBLA est un indicateur du statut d'entraînement et de la performance (Santos-Concejero et al., 2013).

Vertical jump

Le saut vertical est un test évaluant la puissance des MI (Rampinini et al., 2007). Le sujet doit réaliser un saut vertical et atteindre une hauteur maximale (Pauole et al., 2000). Il existe divers protocoles, tels que le test de saut de Sargent (de Salles, Vasconcellos, de Salles, Fonseca, & Dantas, 2012), le saut vertical sans contre-mouvement (squat jump) ou encore saut vertical avec contre-mouvement (Markovic, Dizdar, Jukic, & Cardinale, 2004).

Fast isokinetic peak torque extensor muscles right

Le testing musculaire en isocinétique est une modalité hautement reproductible pour l'évaluation de la force (Lord, Aitkens, McCrory, & Bernauer, 1992). Dans l'étude qui évalue ce paramètre (Dello Iacono et al., 2016), la force isocinétique rapide des extenseurs du genou droit est produite à une vitesse angulaire de 3.14 rad/s (environ

172°/s). Ceci représente une vitesse élevée. C'est pourquoi la force isocinétique rapide a été classée dans la catégorie « puissance ». Le membre inférieur droit a été choisi car chez la majorité des footballeurs, le côté droit correspond au côté dominant (Brophy, Silvers, Gonzales, & Mandelbaum, 2010).

Slow isokinetic peak torque extensor muscles right

Le testing musculaire en isocinétique est une modalité hautement reproductible pour l'évaluation de la force (Lord et al., 1992). Dans l'étude qui évalue ce paramètre (Dello Iacono et al., 2016), la force isocinétique lente des extenseurs du genou droit est évaluée à une vitesse angulaire de 1.05 rad/s (environ 60°/s). Ceci représente une vitesse faible. C'est pourquoi la force isocinétique rapide a été classée dans la catégorie « force ». Le membre inférieur droit a été choisi car chez la majorité des footballeurs, le côté droit correspond au côté dominant (Brophy et al., 2010).

Broad jump

Le saut en longueur (broad jump ou standing long jump) est un test recommandé pour évaluer la force explosive. Le sujet doit réaliser un saut le plus éloigné possible de la ligne de départ (Castro-Piñero et al., 2010).

Legpress 1RM

La mesure de la répétition maximale à la legpress est un indicateur fiable pour mesurer la force des MI (Seo et al., 2012). Le sujet doit se positionner sur la legpress et effectuer un mouvement d'extension et de flexion (jusqu'à 90°) avec un poids maximal (Benton, Raab, & Waggener, 2013).

Deadlift 1RM

La mesure de la répétition maximale au deadlift est un indicateur de la force maximale (Ruf, Chéry, & Taylor, 2018). Le deadlift est un exercice exécuté en position debout. Le sujet doit soulever un haltère avec un poids maximal en gardant les bras le long du corps et le rachis en position neutre, puis reposer la charge.

T-test

Le T-test est un test fiable et valide pour évaluer la vitesse et la puissance du membre inférieur, ainsi que pour l'agilité. Le sujet doit réaliser, en un minimum de temps, un parcours de 30 yd (environ 27,4 m) en forme de « T » (Pauole et al., 2000).

505 Agility test

Le 505 Agility test est un test efficace pour évaluer l'agilité et les changements de direction. Le sujet doit effectuer un parcours (20m) en un minimum de temps. (Stewart, Turner, & Miller, 2014).

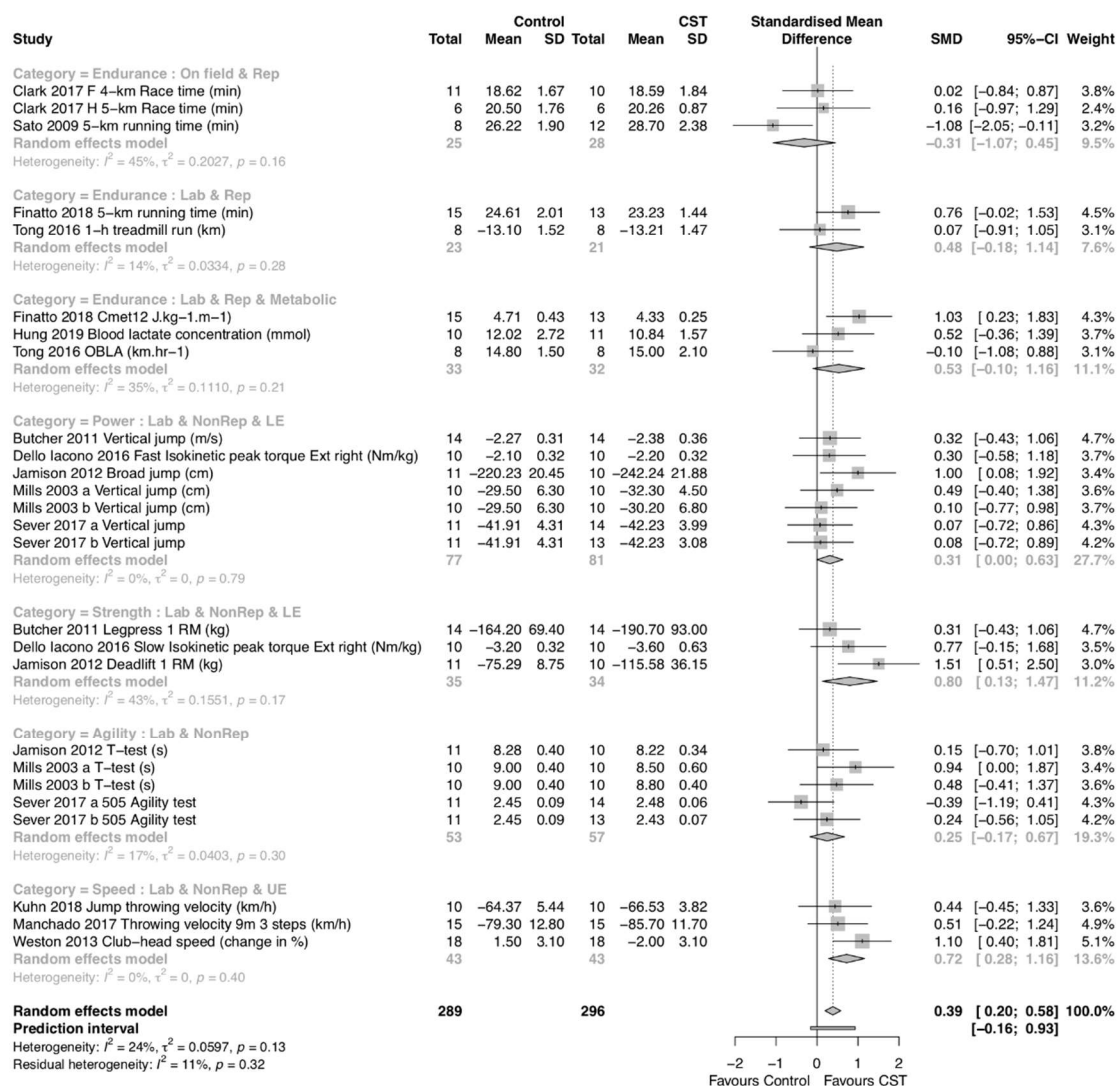
Throwing velocity

L'efficacité du lancer est un élément clé dans les sports tel que le handball. Il s'agit de la combinaison de la vitesse de la balle et de la précision du lancer (Gorostiaga, Granados, Ibanez, & Izquierdo, 2005). La vitesse de lancer est donc un facteur important de la performance.

Club-head speed

La vitesse du club est un indicateur de la performance au golf. Elle correspond à la vitesse du club lors de l'impact avec la balle de golf (Fradkin, Sherman, & Finch, 2004).

8.6. Forest plot



CI: confidence interval, CST: core stability training, I^2 : inconsistency, p : p-value, SD: standard deviation, SMD: standardised mean difference, T^2 : estimate of the between-study variance.

Core stability training et performance sportive : une revue systématique et méta-analyse

Dysli Anne-Sarah (as.dysli@gmail.com), Hug Valériane (vava.hug@hotmail.com),
Hilfiker Roger (roger.hilfiker@hevs.ch)

Introduction

Le sportif est constamment à la recherche d'optimisation de sa performance^[1]. Le core stability training est un moyen d'entraînement fréquemment utilisé pour y parvenir^[2]. Cependant, la littérature actuelle met en évidence des résultats contrastés.

Objectif

Evaluer l'effet du core stability training sur la performance sportive en comparaison à un entraînement habituel.

Méthode

La stratégie de recherche a été appliquée aux moteurs CINAHL, Embase, Ovid, CENTRAL, PEDro et SPORTDiscus.

- Population = Sportifs de tout niveau
- Intervention = Core stability training
- Control = Entraînement habituel
- Outcome = Performance sportive
- Study design = Etude randomisée contrôlée

Résultats

Treize études ont été incluses, comprenant 289 sujets dans le groupe contrôle et 296 dans le groupe intervention. La méta-analyse montre que le core stability training a un effet statistiquement significatif (SMD = 0.39 [95% CI 0.20; 0.58]) sur la performance sportive toute catégorie confondue. Parmi les sept catégories analysées, l'effet du core stability training est statistiquement significatif avec une taille de l'effet modérée à grande sur la force des membres inférieurs (SMD = 0.80 [95% CI 0.13; 1.47]) et sur la vitesse des membres supérieurs (SMD = 0.72 [95% CI 0.28; 1.16]).

Take home message

L'implantation d'un core stability training dans la pratique du sportif est pertinente. Il doit être progressif et adapté au niveau et aux demandes fonctionnelles du sportif.



Références

[1] Noetel, M., Ciarrochi, J., Van Zanden, B., & Lonsdale, C. (2017). Mindfulness and Acceptance Approaches to Sporting Performance Enhancement: a Systematic Review. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1-37. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2017.1387803>

[2] Haugen, T., Haugvad, L., & Røstad, V. (2016). Effects of Core-Stability Training on Performance and Injuries in Competitive Athletes. *Sportscience*, 20, 1-7.

[Image] AdobeStock_microcozm_36890447