



**HAL**  
open science

# Validité de construit du couple de force, de la position angulaire et de la vitesse angulaire en dynamométrie isocinétique: une revue systématique

Benjamin Juan

## ► To cite this version:

Benjamin Juan. Validité de construit du couple de force, de la position angulaire et de la vitesse angulaire en dynamométrie isocinétique: une revue systématique. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04760541

**HAL Id: dumas-04760541**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04760541v1>**

Submitted on 20 Nov 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ  
ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION  
FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE**

**VALIDITE DE CONSTRUIT DU COUPLE DE  
FORCE, DE LA POSITION ANGULAIRE ET  
DE LA VITESSE ANGULAIRE EN  
DYNAMOMETRIE ISOCINETIQUE : UNE  
REVUE SYSTEMATIQUE**

**JUAN Benjamin**  
**Directeur de mémoire : Mr ROSTAGNO Stephan**

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier Mr Stephan Rostagno pour son accompagnement tout au long de l'élaboration de ce travail et pour les unités d'enseignements dispensées durant ces années de formations. Les connaissances et compétences apportées ont été riches et précieuses, et contribuent à l'évolution du métier de kinésithérapeute.

Mes pensées vont ensuite pour mes proches, ma famille et mes amis, que je tiens à remercier profondément pour le soutien et la bienveillance à mon égard durant l'ensemble de mon cursus universitaire. L'aventure a été d'autant plus belle à vos côtés.

Tous remerciements envers les professionnels de santé que j'ai pu côtoyer sur les différents lieux de stage tout au long de mon apprentissage, et qui contribuent quotidiennement à la formation des étudiants kinésithérapeutes.

Enfin, j'exprime toute ma gratitude à l'ensemble des personnes travaillant à l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Marseille, et qui œuvrent pour que les étudiants soient dans les meilleures dispositions possibles pour effectuer l'apprentissage de cette magnifique profession.

Merci à tous,

Benjamin

## Table des matières

<b>1. Introduction</b>	<b>1</b>
1.1 Principes de la dynamométrie isocinétique	2
1.2 Propriétés de mesure des construits fondamentaux en isocinétisme	3
1.3 Relations fondamentales de la performance du système neuro-musculaire	5
1.3.1 Relation moment-angle	5
1.3.2 Relation moment-vitesse angulaire	7
1.4 La fonction motrice	9
1.5 Architecture du muscle strié squelettique	10
1.6 Physiologie de la contraction musculaire	11
1.7 Propriétés mécaniques du muscle strié squelettique	12
1.8 Objectif de la revue systématique	14
<b>2. Méthode</b>	<b>15</b>
2.1 Critères d'éligibilité	15
2.2 Sources documentaires	16
2.3 Stratégie de recherche	16
2.4 Processus de sélection des études	16
2.5 Processus d'extraction des données	17
2.6 Processus d'évaluation du risque de biais	17
2.7 Processus de comparaison des résultats à des critères de mesure optimale	18
2.8 Processus de résumé des preuves	19
2.9 Processus d'évaluation de la qualité des preuves	20
<b>3. Résultats</b>	<b>22</b>
3.1 Sélection des études	22
3.2 Caractéristiques générales des études incluses	22
3.3 Évaluation du risque de biais des études	23
3.4 Résumés qualitatifs et synthèses des résultats	26
3.4.1 Validité de construit du moment de force	26
3.4.2 Validité de construit de la position angulaire	28
3.4.3 Validité de construit de la vitesse angulaire	30
3.5 Évaluation de la qualité des preuves	31
<b>4. Discussion</b>	<b>33</b>

<b>4.1 Analyse des principaux résultats .....</b>	<b>33</b>
4.1.1 Analyse de la validité de construit du couple de force .....	33
4.1.2 Analyse de la validité de construit de la position angulaire.....	35
4.1.3 Analyse de la validité de construit de la vitesse angulaire.....	35
4.1.4 Synthèse générale sur la validité de construit en dynamométrie isocinétique .....	36
<b>4.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique .....</b>	<b>37</b>
<b>4.3 Intérêt des résultats pour le domaine de la recherche.....</b>	<b>39</b>
<b>4.4 Biais potentiels de la revue systématique .....</b>	<b>41</b>
<b>5. Conclusion .....</b>	<b>43</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>44</b>
<b>Annexe.....</b>	<b>48</b>

## 1. Introduction

La rééducation d'un patient s'inscrit dans un processus de récupération partielle ou totale de ses fonctions antérieures, notamment avec la mise en place d'objectifs spécifiques, mesurables, ambitieux, réalistes et définis dans le temps.

En cas d'altérations motrices, le patient et le kinésithérapeute vont, ensemble, mettre en place un programme de rééducation adapté et individualisé, en lien avec les particularités anatomiques et psychologiques du patient.

Le bilan diagnostique kinésithérapique se place au centre de la rééducation pour permettre une prise en charge optimale et un suivi personnalisé du patient.

Généralement, la première étape consiste en un bilan lésionnel comprenant, entre autres, une évaluation des performances du système neuro-musculaire du patient, appelée communément fonction motrice ou force musculaire.

La mesure des différentes composantes de la force (maximale, endurance, réactive, explosive) inclue les notions de charge et de vitesse<sup>[1,2]</sup>.

En clinique, la performance du système neuro-musculaire peut être évaluée de différentes méthodes et dépend du matériel disponible pour le praticien<sup>[3]</sup>.

Dans les domaines des sciences du sport, de la biomécanique et en kinésithérapie, la capacité à produire un couple de force, ou moment de force, est classiquement décrit.

L'évaluation de la force est essentielle dans la prise en charge et le suivi d'un patient dans toutes les phases de sa rééducation<sup>[4]</sup>.

Le développement de méthodes fiables et valides pour quantifier la performance du système neuro-musculaire est, depuis plusieurs décennies, un enjeu majeur dans les domaines de la rééducation, de la performance et de la recherche<sup>[5]</sup>.

Les kinésithérapeutes, préparateurs physiques et médecins utilisent majoritairement des contractions isométriques pour estimer la force maximale d'un patient. Cependant, ces méthodes sont la plupart du temps opérateur-dépendant, avec des propriétés de mesure limitées<sup>[6]</sup>.

Dans le cadre de l'évaluation de la force maximale analytique d'un patient, la dynamométrie isocinétique est l'outil de mesure de référence dans les domaines de la santé, de la performance et de la recherche<sup>[3,7,8]</sup>.

## 1.1 Principes de la dynamométrie isocinétique

Étymologiquement, « isocinétisme » est composé de *isos* = égal et de *kinetikos* = mouvement, issu du grec ancien. En médecine, il est relatif à la vitesse constante d'un mouvement.

Dans la pratique de la kinésithérapie, ce terme est inséparable du terme « dynamomètre » composé de « dyne » qui vient du grec *dunamis* = force, et de « mètre » = mesure.

D'un point de vue mécanique, un dynamomètre isocinétique permet donc la mesure d'une force appliquée sur un bras de levier, appelée moment de force, à vitesse constante.

Chez l'Homme, une contraction musculaire isocinétique est réalisée selon un mode anisométrique (concentrique, excentrique) à vitesse angulaire constante. Le moteur du dynamomètre est qualifié d'auto-asservi permettant l'ajustement de la résistance tout au long du mouvement en fonction de la force produite par le patient<sup>[3]</sup>.

L'évaluation isocinétique s'effectue sur une articulation isolée, basée sur un mouvement de rotation autour d'un axe où la force est mesurée à partir de l'estimation d'un couple de force, appelé aussi moment de force.

Les mouvements articulaires, en plus de leur stabilisation étant dus à la contraction de plusieurs groupes musculaires, sont le résultat de plusieurs moments de force et non d'un seul qui est mesuré dans le cadre d'une évaluation isocinétique.

Ce moment de force résultant correspond au produit entre la force développée et la longueur entre le point d'application de la force et l'axe de rotation, également appelée bras de levier et, est exprimé en Newton-mètre (N.m)<sup>[3,9]</sup>.

En clinique, l'outil dynamométrique isocinétique permet l'évaluation de la force maximale d'un patient à travers des contractions isométriques et anisométriques<sup>[3]</sup>.

Les paramètres de force, de longueur musculaire, et de vitesse de contraction ne peuvent pas être mesurés directement pour un patient, il ne s'agit que d'estimation<sup>[10]</sup>.

Les mesures sont obtenues en périphérie du système musculosquelettique et concernent, pour une articulation donnée, l'activité d'un ensemble de muscles.

Dans ces conditions, le moment de force mesuré par l'appareil va dépendre de la position angulaire, de la vitesse angulaire et correspond à une estimation d'un moment maximal volontaire produit par le patient<sup>[10]</sup>.

Dans le cadre d'une évaluation isocinétique, le moment maximal, communément appelé pic de couple, est l'indice le plus utilisé pour quantifier la performance du système neuro-musculaire du patient<sup>[5,11]</sup>.

Cet indicateur représente le couple de force maximal atteint sur l'ensemble de la plage angulaire pour une contraction musculaire. D'autres indicateurs sont également explorés en clinique mais restent sous-utilisés dans l'analyse des données, c'est notamment le cas de l'angle spécifique du pic de couple et du travail total<sup>[5]</sup>.

Aujourd'hui, les évaluations isocinétiques sont utilisées pour différentes articulations et les données collectées constituent de véritables valeurs de référence dans les domaines de la rééducation, de la performance et de la recherche.

Parallèlement à cette dynamique technologique, une approche critique des protocoles d'évaluation et des propriétés de mesure des construits enregistrés par l'outil pour évaluer la performance du système neuro-musculaire d'un patient, accompagne depuis des années l'évolution de la dynamométrie isocinétique.

Cette démarche permet de questionner l'évaluation de la production de force en clinique.

Une mesure fiable et valide, permet de traduire un changement qui n'est dû qu'à la performance du patient à l'instant t et constitue une ressource essentielle pour le praticien qui souhaite utiliser les données obtenues pour orienter la rééducation.

## 1.2 Propriétés de mesure des construits fondamentaux en isocinétisme

Les propriétés de mesure de fiabilité et de validité des construits d'un instrument de mesure sont essentielles à établir pour interpréter et exploiter avec confiance les données recueillies.

Une évaluation fiable correspond à la cohérence de la valeur obtenue exempt d'erreur, tandis qu'une évaluation valide correspond au fait que l'instrument mesure le construit qu'il est censé mesurer<sup>[12]</sup>.

Une fois la fiabilité et la validité mécaniques établies, le praticien est chargé de déterminer si les changements observés sont le résultat direct d'une intervention ou simplement d'une incohérence inhérente à la performance humaine.

L'outil dynamométrique isocinétique permet d'enregistrer 3 construits fondamentaux pour évaluer et apprécier les qualités du système neuro-musculaire d'un patient<sup>[5]</sup>.

Tout d'abord, le moment de force qui correspond au produit entre la force développée par le patient et la longueur du bras de levier (en N.m).

La position angulaire, donnée par la position du bras de levier dans l'espace, elle est calibrée en début d'évaluation et est exprimée en degré (°). Il semble pertinent de distinguer la position angulaire du bras de levier et celle de l'articulation du patient, théoriquement équivalente.

Enfin, la vitesse angulaire, correspondant au déplacement du bras de levier ou du membre du patient autour de l'axe de rotation du moteur en fonction du temps. Elle est exprimée en degré par seconde (°/s).

À partir de ces 3 construits fondamentaux, des indicateurs complémentaires de performance enregistrés par l'outil dynamométrique isocinétique (angle du pic de couple, travail, puissance, ratios, index d'asymétrie) sont calculés et disponibles pour le praticien afin d'apprécier les qualités musculaires du patient.

Un instrument de mesure est considéré comme la référence d'un construit à mesurer grâce aux caractéristiques de ses propriétés métrologiques traduisant la confiance que le praticien peut avoir en l'analyse et l'interprétation des données recueillies<sup>[12]</sup>.



Dans le domaine de la recherche, un instrument de mesure de référence pour des construits d'intérêts permet de définir les propriétés métrologiques d'autres instruments par un processus de comparaison.

Dans la littérature, la fiabilité de la mesure isocinétique du couple de force, de la position angulaire et de la vitesse angulaire est décrite comme étant suffisante et a fait l'objet de la majorité des recherches lorsque l'on étudie les propriétés de mesure de l'appareil<sup>[13-16]</sup>.

Au contraire, la littérature disponible pour apprécier la validité des construits cités est plutôt maigre.

Toutefois, pour considérer un instrument de mesure comme référence, l'élément de fiabilité ne suffit pas à lui seul, car un instrument fiable peut ne pas refléter précisément la situation réelle<sup>[17]</sup>.

L'évaluation de la validité est donc tout aussi importante et doit être appréhendée avec la même attention. Cependant, l'investigation de la validité des construits d'un instrument est plus délicate que celle de la fiabilité par la complexité du protocole à mettre en place pour explorer cette propriété de mesure.

En effet, une rigueur scientifique et méthodologique est nécessaire à l'élaboration de protocole d'expérimentation et à l'analyse des données pour obtenir des résultats utiles et valides, la discussion des résultats et les conclusions ne pouvant qu'en être renforcées<sup>[17]</sup>.

Malgré un manque de preuve sur la validité des construits fondamentaux, la dynamométrie isocinétique, lorsqu'elle est disponible, reste la méthode de prédilection pour évaluer la force maximale d'un patient<sup>[3,5,7]</sup>.

Cette qualité de référence attribuée à l'outil dynamométrique isocinétique pour l'évaluation de la force maximale analytique en clinique peut s'expliquer par la non-dépendance de la force du praticien face à celle du patient.

En effet, une situation clinique où le praticien évalue manuellement la force d'un patient peut amener à une interprétation erronée des résultats de la mesure.

La cause principale étant que le moment de force produit par le patient n'est autre que la résistance maximale que peut lui opposer le praticien.

La présence de ces biais cognitifs peut être minimisée par la maîtrise de paramètres procéduraux pouvant être mis en place pour adapter et utiliser l'approche manuelle d'évaluation de la force de manière plus efficiente<sup>[18]</sup>.

La possibilité d'enregistrer les moments de force maximaux à tout angle et sur l'ensemble de la plage angulaire constitue un autre élément en faveur de l'utilisation de la dynamométrie isocinétique, lorsqu'elle est disponible, comparativement à des évaluations statiques et isotoniques<sup>[5,7]</sup>.

Par ailleurs, une des qualités de la dynamométrie isocinétique est la possibilité de pouvoir estimer la force maximale du patient dans les modes de contraction concentrique, excentrique et isométrique, constituant une des pièces du prisme d'évaluation des qualités musculaires d'un patient.

À travers les modes de contraction isométrique et anisométrique, l'outil dynamométrique isocinétique enregistre les moments maximaux volontaires du patient.

Des conditions de protocole de test vont venir influencer ces valeurs de moment de force, comme la position angulaire ou la vitesse angulaire utilisée.

## 1.3 Relations fondamentales de la performance du système neuro-musculaire

Chez l'Homme, les relations fondamentales qui définissent la performance du système neuro-musculaire sont les relations moment-angle et moment-vitesse angulaire.

Ces relations sont essentielles pour la compréhension et l'analyse des qualités musculaires d'un patient. Le postulat de ces relations est le suivant : la force produite dépend de la position de longueur du muscle et de la vitesse de contraction du muscle.

Dans ces conditions, le moment de force mesuré est fonction de la position angulaire et de la vitesse angulaire<sup>[10]</sup>.

### 1.3.1 Relation moment-angle

La relation moment-angle a pour origine la relation tension-longueur étudiée à l'échelle du sarcomère sur un muscle isolé<sup>[19]</sup>.

En effet, si l'on considère le muscle de manière isolé, le niveau de tension dépend de la longueur à laquelle se trouve le muscle au moment de son activation.

Le diagramme tension-longueur du muscle strié squelettique représente cette relation existante entre la longueur du muscle et la tension qu'il exerce en situation de repos (force passive) et en situation d'activation (force maximale isométrique, force totale et force active) (figure 1).

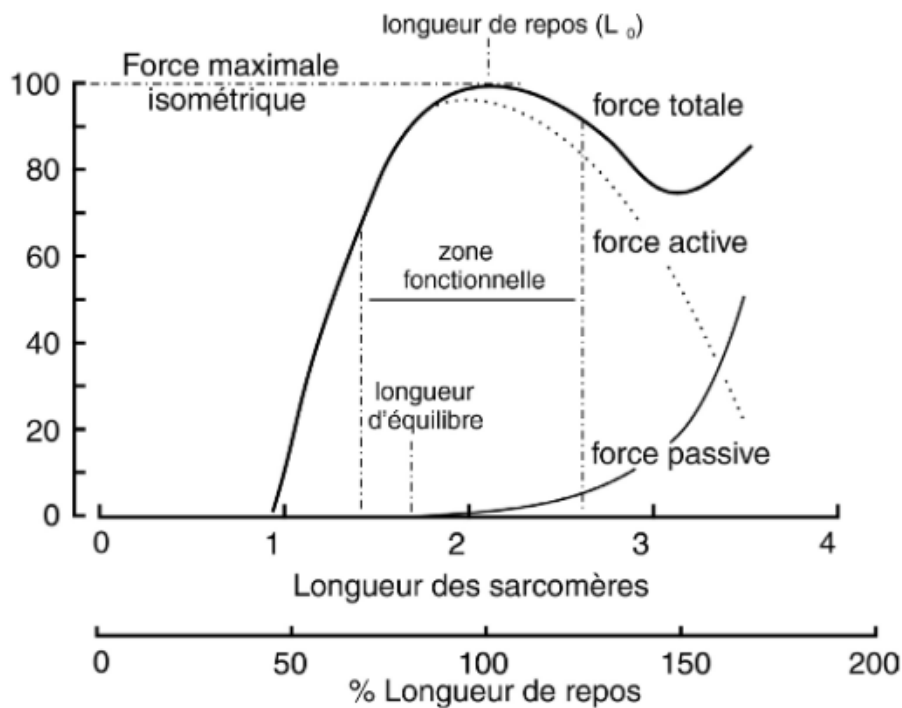
Au repos, plus le muscle est étiré, plus la tension est importante.

Lors d'une activation isométrique, la tension maximale est développée pour une longueur optimale correspondant à 100% de la longueur de repos.

La relation tension-longueur à force isométrique est en lien avec les degrés de recouvrement entre les filaments d'actine et de myosine pour chaque longueur de sarcomère.

Cette longueur de repos peut correspondre à une position articulaire résultant de l'équilibre des forces élastiques qui s'exercent au niveau des agonistes et antagonistes commandant une même articulation<sup>[3]</sup>.

Le diagramme tension-longueur du muscle strié squelettique peut varier en fonction de la typologie musculaire (fibres I, fibres II) et du muscle considéré (mono-, bi-articulaire)<sup>[20]</sup>.



**Figure 1 :** Diagramme de la relation tension-longueur du muscle strié squelettique (issue du livre Guide de l'isocinétisme, Edouard et al.<sup>[3]</sup>).

Chez l'Homme, c'est la relation moment-angle qui décrit les qualités musculaires d'un patient.

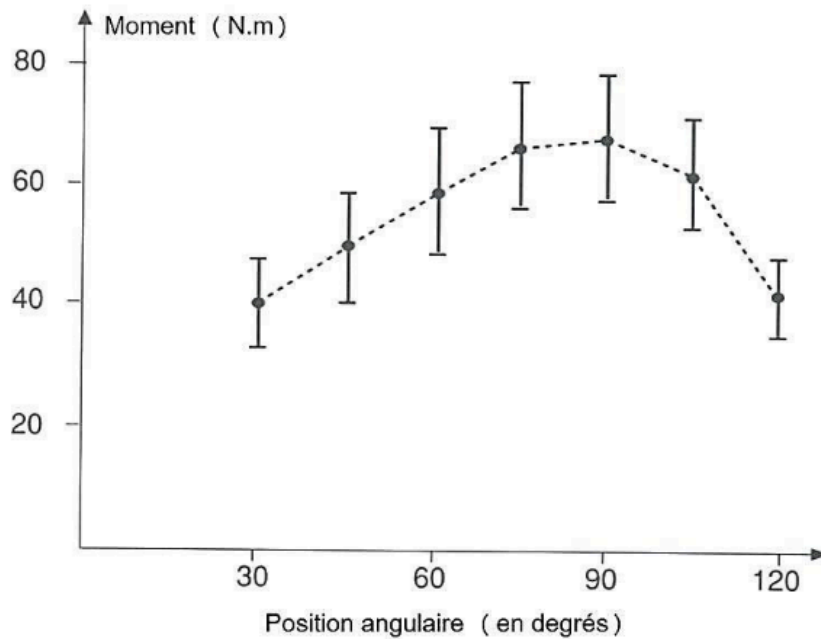
Cette relation peut être obtenue par une succession de mesures isométriques (figure 2) et par des mesures dynamiques à vitesse angulaire constante, avec l'instrument dynamométrique isocinétique (annexe 1).

Pour la majorité des articulations, le moment de force augmente jusqu'à une valeur seuil, elle-même dépendante de la position angulaire de l'articulation, puis décroît progressivement (figures 2 et 3).

Il existe donc un angle articulaire optimal pour lequel le moment de force atteint sa valeur maximale, on parle de l'angle d'efficacité<sup>[10]</sup>.

La relation moment-angle peut varier en fonction de divers facteurs comme l'articulation testée, le groupe musculaire considéré et la myotypologie qui le constitue.

Cependant, le mode contraction (concentrique, isométrique et excentrique) n'influe pas sur la cinétique de la relation moment-angle.



**Figure 2 :** Relation moment-angle du muscle strié squelettique, obtenue par des mesures isométriques (issue de la thèse de Maryne Cozette<sup>[10]</sup>).

### 1.3.2 Relation moment-vitesse angulaire

La relation moment-vitesse angulaire est issue de la relation force-vitesse étudiée sur un muscle isolé<sup>[2]</sup>. Le comportement contractile d'un muscle isolé peut être caractérisé par une relation force-vitesse.

Proposée par A.V Hill (1922), la courbe caractéristique représentant cette relation est décrite comme une hyperbole inversée définissant le lien entre la tension musculaire (en ordonnée) et la vitesse de raccourcissement des fibres musculaires (en abscisse) (figure 3)<sup>[21]</sup>.

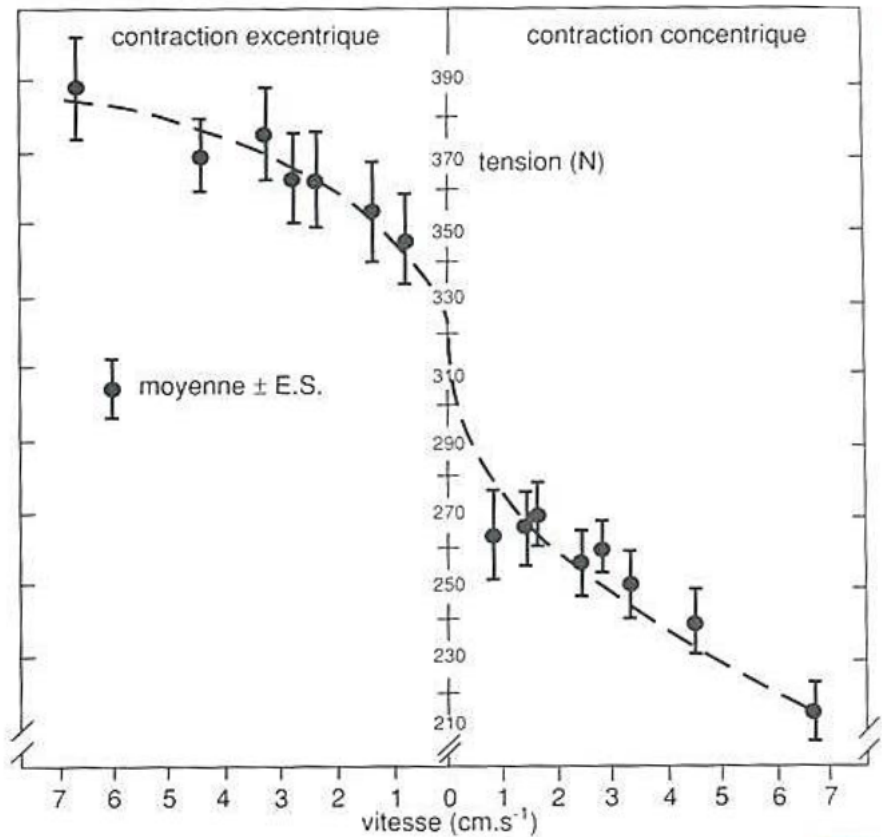
De manière schématique, on peut décrire cette relation par le fait qu'une charge soulevée à une vitesse définie par un individu, l'est d'autant plus rapidement que la charge est faible.

Cette expérience de base est attribuée au fait que le muscle a la propriété inhérente d'ajuster sa force pour qu'elle corresponde précisément à la charge subie lors du raccourcissement<sup>[21]</sup>.

Ainsi, avec l'augmentation de la charge, la vitesse de raccourcissement diminue jusqu'à ce que, dans le cas isométrique, une force maximale puisse être développée par le muscle sans mouvement.

La vitesse maximale à laquelle un muscle peut se raccourcir dépend donc de la force qui lui est opposée. À l'inverse, la force maximale qu'un muscle peut développer dépend de la vitesse à laquelle il se contracte. Quand la vitesse de raccourcissement d'un muscle augmente, la force développée par ce dernier diminue, et inversement.

La relation force-vitesse, présentée ci-dessus pour des raccourcissements du muscle (actions concentriques), est également définies pour des vitesses négatives, c'est-à-dire pour des contractions musculaires accompagnées d'un allongement de la composante contractile comme l'on peut retrouver lors d'actions excentriques (figure 3)<sup>[2,21]</sup>.



**Figure 3 :** Relation force-vitesse du muscle strié squelettique (issue de la thèse de Maryne Cozette <sup>[10]</sup>).

D'un point de vue physiologique, l'association des paramètres de force et de vitesse de raccourcissement du muscle est considérée au niveau des ponts croisés d'actine et de myosine.

En effet, moins de ponts transversaux se fixent simultanément pour des vitesses de raccourcissement accrues, menant ainsi à un développement de force réduit. La relation entre la force et la vitesse rend compte de cette propriété physiologique musculaire de base<sup>[21]</sup>.

Les caractéristiques de force et de vitesse sont influencées par des facteurs anatomiques et physiologiques.

La force maximale est notamment dépendante de la surface de section du muscle, et plus précisément du nombre de sarcomères disposés en parallèle dans le muscle. La vitesse maximale de raccourcissement est surtout influencée par le type de fibres déterminant la rapidité de cycles d'attachement et de détachement de la myosine sur l'actine<sup>[21]</sup>.

Chez l'Homme, la relation moment-vitesse angulaire est assimilable à l'étude de la relation force-vitesse en reprenant le principe que le moment force produit autour d'un axe de rotation dépend de la vitesse angulaire. Ainsi, plus la vitesse angulaire augmente plus le moment de force diminue.

Cependant, une précision est à apporter pour le mode de contraction excentrique qui est soumis à des différences inter-individuelles notables, notamment en fonction du niveau d'expertise et des conditions de réalisation. En effet, en condition excentrique, à mesure que la vitesse augmente, le couple de force peut : (i) diminuer, (ii) atteindre un plateau, (iii) augmenter, en fonction des caractéristiques intrinsèques du patient<sup>[22]</sup>.

Compte tenu des propriétés mécaniques du muscle strié squelettique, l'évaluation de ces capacités chez l'Homme est essentielle pour comprendre et analyser les qualités du système neuro-musculaire d'un patient. Cependant, d'autres facteurs viennent influencer la performance du système neuro-musculaire d'un patient.

Ainsi, en plus de la typologie des fibres composant le muscle et l'architecture musculaire (surface de section transversale, longueur du muscle, angle de pennation des fibres), les relations moment-angle et moment-vitesse angulaire dépendent de la configuration anatomique du système musculosquelettique comme le bras de levier que forme le muscle avec l'articulation et qui évolue avec le mouvement<sup>[2]</sup>.

Le niveau d'activation musculaire est également à prendre en compte dans l'étude des qualités musculaires d'un patient. Il peut être influencé par des paramètres comme la motivation, la fatigue ou encore l'anxiété du patient<sup>[2]</sup>.

Les mesures isocinétiques permettent donc d'observer les relations fondamentales qui définissent les qualités musculaires lors d'une évaluation de la performance du système neuro-musculaire d'un patient en clinique<sup>[19]</sup>.

La performance du système neuro-musculaire, plus communément appelée fonction motrice ou force musculaire, est un phénomène complexe justifiant une vision holistique des différents processus mis en jeu lors de la contraction musculaire.

Elle aboutit à la production de mouvement et de force chez l'être humain. Le terme « performance » correspond ici à l'expression de toutes les ressources et potentiels nécessaires à la production de force et de mouvement dans un cadre spatio-temporel défini.

#### 1.4 La fonction motrice

La fonction motrice représente le fonctionnement normal du corps humain lors d'un mouvement et met en étroite relation le triptyque *perception-cognition-action* définissant le contrôle moteur<sup>[23]</sup>.

La *perception* est le processus par lequel l'individu interagit avec l'environnement grâce aux informations recueillies par les récepteurs périphériques (cutanés, proprioceptifs, visuels). Ces informations afférentes sont au service du cortex qui les interprète et les utilise pour interagir en retour avec l'environnement.

La *cognition* est le processus par lequel se détermine l'intention de mouvement par l'individu, on parle aussi de conceptualisation du mouvement.

L'*action* n'est autre que l'aboutissement de ce continuum de processus à travers la planification, l'activation et l'exécution d'un mouvement volontaire par un effecteur final : le muscle strié squelettique.

Le moment maximal volontaire produit par un patient dépend donc de paramètres nerveux (ou neurophysiologiques) comme l'intensité de la commande nerveuse et l'activité électrique des muscles, et de paramètres structurels (ou périphériques) comme l'architecture musculaire, les propriétés mécaniques des muscles, des tendons et de la myotypologie.

### 1.5 Architecture du muscle strié squelettique

Le muscle strié squelettique est un système de production de force appartenant au domaine du vivant<sup>[2]</sup>.

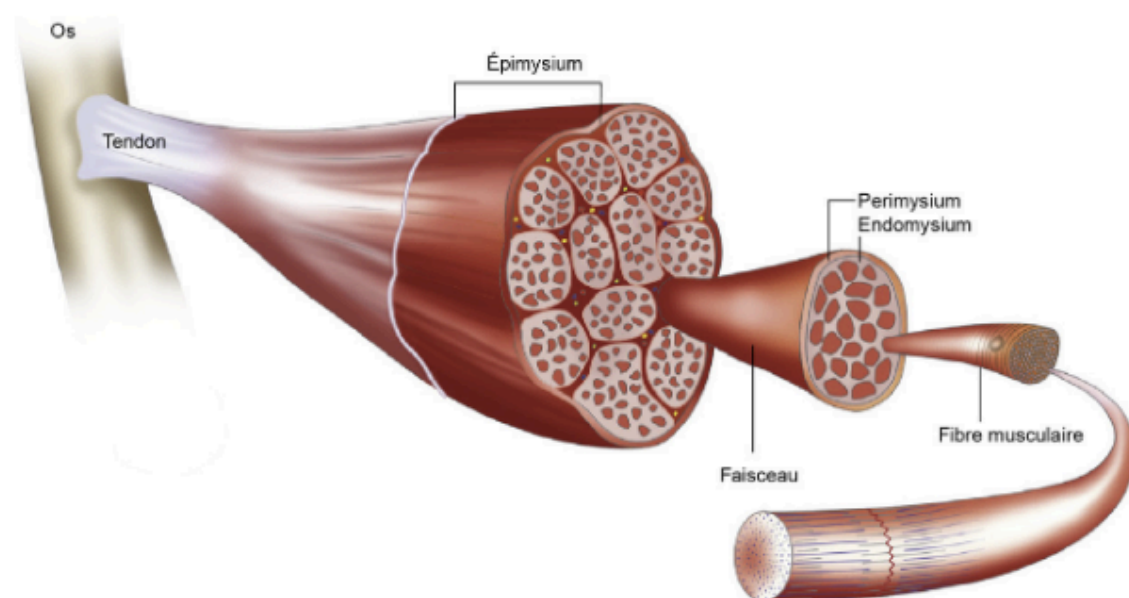
Il est décrit comme un générateur de force et de mouvement menant à de nombreuses fonctions corporels (locomotion, posture) mais aussi à l'utilisation d'organes de sens, l'expression de sentiments. Le but final étant de répondre plus ou moins rapidement et durablement aux contraintes de notre environnement<sup>[3]</sup>.

Au niveau de l'organisme, le muscle strié squelettique permet de mobiliser le squelette et il est l'un des tissus les plus dynamiques et plastiques du corps humain, représentant environ 40% du poids corporel total<sup>[24]</sup>.

Il est caractérisé par un agencement histologique spécifique, constitué d'un ensemble de faisceaux musculaires, eux-mêmes constitués d'un ensemble de fibres musculaires, chaque fibre musculaire étant composée de myofibrilles<sup>[3]</sup>.

La délimitation de ces différentes parties est garanti grâce à des couches de tissus conjonctifs : l'épimysium autour de l'ensemble du muscle, le périmysium qui assemble les fibres en faisceaux musculaires, et l'endomysium qui entoure chaque fibre musculaire<sup>[4]</sup>.

Les différentes couches de tissu conjonctif se réunissent pour former le tendon qui unit le muscle au squelette osseux (figure 4)<sup>[25]</sup>.



**Figure 4** : Architecture du muscle strié squelettique (issu du livre Guide de l'isocinétisme, Edouard et al <sup>[3]</sup>).

L'appellation « *striée* » du muscle squelettique vient de l'observation microscopique des myofibrilles. La myofibrille présente des séries répétitives alternant stries sombres et stries claires<sup>[25]</sup>.

Cette alternance est due à l'existence et à la disposition, à l'intérieur de la myofibrille, de filaments qui sont de deux types :

- myofilaments épais, composés de protéines contractiles, la myosine ;
- myofilaments fins, composés de protéines contractiles, l'actine.

L'association en série des myofilaments épais et fins, selon un schéma répétitif, ordonné et caractéristique, permet la description du modèle de base de l'unité contractile de la fibre musculaire : le sarcomère<sup>[26]</sup>.

Les myofibrilles sont donc constituées d'une succession de sarcomères, on estime que chaque fibre musculaire est constituée de milliers de myofibrilles et contient des milliards de myofilaments<sup>[24]</sup>.

En surface de la fibre musculaire, se trouve la plaque motrice, une structure différenciée constituant la jonction avec la terminaison nerveuse du motoneurone inférieur (ou motoneurone alpha)<sup>[23]</sup>.

Chaque fibre musculaire reçoit une ramification du motoneurone inférieur qui réalise, avec l'ensemble des fibres musculaires qu'il innerve via les plaques motrices, une unité motrice, représentant l'unité de base du contrôle moteur<sup>[3]</sup>.

## 1.6 Physiologie de la contraction musculaire

Le terme de contraction se réfère au processus actif de génération de la force par transfert de l'énergie chimique en énergie mécanique au sein du neuro-musculaire<sup>[10]</sup>.

Lors de la contraction musculaire, les têtes des filaments épais de myosine se lient aux filaments fins d'actine, s'inclinent et génèrent ainsi un mouvement de glissement entre les filaments ce qui conduit au raccourcissement du sarcomère.

Ce glissement s'effectue selon un cycle de modifications mécano-chimiques successives<sup>[3]</sup>. Le cycle complet se déroule en 50 ms au cours desquelles la myosine n'est solidaire de l'actine que pendant 10 ms.

Ceci implique qu'une contraction soutenue d'un muscle exige une interaction coordonnée dans le temps et l'espace de l'ensemble des sarcomères des nombreuses myofibrilles de chaque fibre musculaire, afin de permettre le raccourcissement d'une grande longueur de muscle sur une brève durée de temps.

Le lien actine-myosine est un processus réversible qui donne de la rigidité au muscle, mais qui ne suffit pas pour engendrer la force. Celle-ci est la somme de toutes les forces élémentaires résultant de la rotation des têtes de myosine de chacun des ponts d'actine-myosine<sup>[3]</sup>.

Ainsi, la contraction musculaire menant à la génération de force et de mouvement par les entités musculaires repose sur les capacités mécaniques intrinsèques du système musculo-squelettique<sup>[2]</sup>.



## 1.7 Propriétés mécaniques du muscle strié squelettique

Historiquement, l'étude des propriétés mécaniques du muscle a été réalisée par le biais de modèles visant à simuler le comportement mécanique du complexe muscle-tendon à partir de l'assemblage d'un nombre restreint d'éléments<sup>[2]</sup>.

Ces éléments, appelés composantes du muscle, représentent ses propriétés mécaniques, mais ne correspondent pas nécessairement à des structures anatomiques précises<sup>[20]</sup>.

Les modèles rhéologiques sont couramment utilisés dans la littérature pour caractériser schématiquement le comportement mécanique des muscles<sup>[2,10,20]</sup>.

Le premier modèle de Weber (1846) assimile la réponse musculaire à un simple ressort. Le but est alors de caractériser l'effet de la longueur musculaire sur la force développée<sup>[27]</sup>.

En 1922, A.V Hill associe au modèle précédent, un élément visqueux en parallèle pour traduire l'influence de la vitesse de contraction.

Levin et Wyman (1927) complexifient le modèle de Hill par l'ajout d'une composante élastique en série afin de rendre compte de l'influence du tendon sur le complexe myo-tendineux.

Les trois modèles décrits initialement négligent des phénomènes physiologiques du muscle strié squelettique mis en jeu lors de la contraction musculaire, notamment une composante essentielle : l'activité du motoneurone inférieur.

A.V Hill décrit alors deux modèles successifs, en 1938 puis en 1951, introduisant les notions de composante contractile (CC), composante élastique série (CES) et composante élastique parallèle (CEP).

La composante contractile (CC) représente le processus de génération de la force et correspond, d'un point de vue anatomique, aux ponts actine-myosine.

La composante élastique série (CES), composée d'une partie passive (structures tendineuses) et d'une partie active localisée au niveau des ponts actine-myosine, permet ainsi de caractériser la viscoélasticité du tissu musculaire.

La composante élastique parallèle (CEP) englobe tous les tissus collagéniques entourant le muscle et jouant un rôle prépondérant dans la résistance à l'étirement passif.

Une modification est apportée au modèle de Hill par M.R Shorten (1987), qui décompose la CES en une partie active et une partie passive, permettant ainsi de caractériser la viscoélasticité du tissu musculaire (figure 5).

L'intérêt d'un tel modèle repose dans la description des processus mécaniques et physiologiques mis en jeu durant la contraction musculaire entraînant la production de force et de mouvement<sup>[27]</sup>.

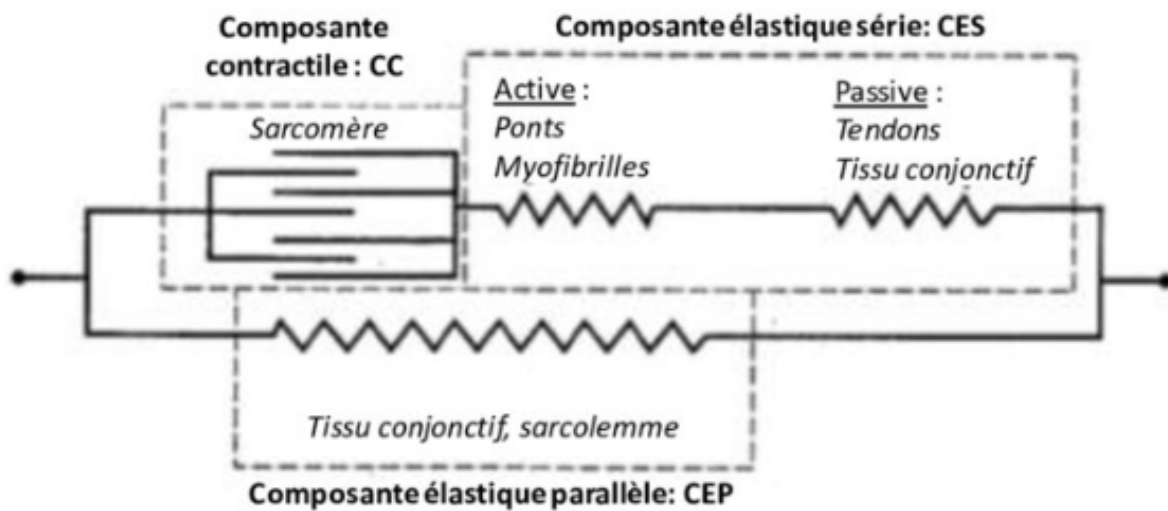
Suite au modèle de Hill (1951), A.F Huxley propose la « théorie des filaments glissants ou *cross-bridge theory* » en 1957 pour décrire les mécanismes de production de force par la composante contractile.

« La contraction musculaire met en jeu des filaments protéiques d'actine et de myosine, qui par leurs glissements les uns par rapport aux autres induisent un raccourcissement des fibres » (Huxley, 1957)<sup>[2]</sup>.

La composante contractile, représentée par la succession des sarcomères, est le siège de la conversion de l'énergie chimique en énergie mécanique.

Ce processus physiologique permet une production de force qui est dépendante de la longueur et de la vitesse de raccourcissement des fibres musculaires activées.

Deux relations caractéristiques rendent compte de ces propriétés particulières : l'une établie dans des conditions isométriques, la relation tension-longueur, l'autre établie dans des conditions isotoniques, la relation force-vitesse<sup>[20]</sup>.



**Figure 5** : Modèle rhéologique de Hill modifié (1987), schématisant le comportement mécanique du muscle strié squelettique (issue de la thèse de Jean-Sébastien Affagard <sup>[27]</sup>).

## 1.8 Objectif de la revue systématique

Tout clinicien doit s'assurer, au risque d'interpréter de manière erronée des résultats de bilans, que l'outil de mesure utilisé est le plus performant possible dans un contexte et pour un type de patient donnés<sup>[23]</sup>.

L'utilisation d'un instrument mécaniquement fiable garantit qu'à chaque fois qu'un individu est évalué, les changements observés dans la fonction musculaire sont dus à des différences de performances réelles plutôt qu'à des capacités de mesure incohérentes de l'instrument.

Un instrument de mesure mécaniquement valide garantit que les observations effectuées constituent l'évaluation d'une variable que le clinicien s'attend à observer.

En clinique, l'utilisation de la dynamométrie isocinétique est décrite comme étant la référence pour l'évaluation et l'analyse de force maximale analytique d'un patient.

L'analyse et l'interprétation des relations moment-angle et moment-vitesse angulaire lors de l'évaluation isocinétique se basent sur les construits fondamentaux enregistrés par l'outil de mesure : le couple de force, la position angulaire et la vitesse angulaire.

Théoriquement, l'utilisation de la dynamométrie isocinétique permet donc d'enregistrer et de définir les qualités du système neuro-musculaire du patient à travers ces relations.

Il convient de s'assurer que les données recueillies correspondent aux construits censés être mesurés, au risque d'interpréter les résultats de l'évaluation de manière erronée.

La propriété de mesure de fiabilité des construits est aisément documentée dans la littérature.

En effet, de nombreuses revues systématiques ont exploré les propriétés de mesures de fiabilité de l'instrument isocinétique, statuant et encourageant son utilisation lorsqu'elle est disponible pour le clinicien<sup>[13-16]</sup>.

Cependant, les études disponibles sur la propriété de mesure de validité de l'instrument isocinétique sont assez maigres et n'ont pas fait encore l'objet de revue systématique à la connaissance de l'auteur (JB).

Il semble donc pertinent de s'intéresser et faire une synthèse de la littérature disponible explorant la validité des construits d'intérêts pour s'assurer que l'outil de mesure est mécaniquement valide.

L'établissement des capacités de mesure mécanique d'un dynamomètre isocinétique, sans erreur potentielle introduite par des performances humaines variables, est essentielle et constitue la première étape pour garantir que les tests isocinétiques évaluent la fonction physiologique de production de force cliniquement pertinente (validité) avec une cohérence acceptable (fiabilité).

L'objectif de la présente revue systématique est donc de faire un état des lieux de la validité des trois construits fondamentaux évalués par l'outil dynamométrique isocinétique (le couple de force, la position angulaire et la vitesse angulaire) d'un point de vue purement mécanique.

## 2. Méthode

Une revue de systématique, considérée comme une étude secondaire, permet de synthétiser des informations recueillies à partir d'études primaires sur un thème spécifique.

La démarche rigoureuse d'élaboration de revues de systématiques est une compétence indispensable à tout praticien souhaitant s'inscrire dans une pratique professionnelle fondée sur les preuves.

Le triptyque « Évaluation clinique du thérapeute - Meilleures données actuelles de la recherche clinique - Choix et préférences du patient » de l'*Evidence Based Practice* (EBP) étant la clé de voûte de décisions cliniques pertinentes permettant une prise en charge optimale des patients dans un contexte de qualité et sécurité des soins.

La présente revue systématique sur les propriétés de mesure de validité des construits d'intérêts de l'outil dynamométrique isocinétique a été élaboré suivant les lignes directrices *Consensus-based Standards for the selection of health status Measurement INstruments (COSMIN)* et rapportée conformément aux lignes directrices *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) checklist* d'écriture et de lecture de revue systématique utilisées pour élaborer les différentes parties qui la compose <sup>[28-30]</sup>.

### 2.1 Critères d'éligibilité

Les études sont éligibles à une inclusion dans la revue systématique si elles présentent les 4 critères suivants, conformément aux lignes directrices *COSMIN*<sup>[30]</sup>:

- Construit d'intérêt : couple de force, position angulaire et/ou vitesse angulaire ;
- Population : dépend du construit d'intérêt ;
- Instrument de mesure : dynamomètre isocinétique ;
- Propriété de mesure : validité de construit convergente/divergente d'un construit d'intérêt.

Pour cette revue systématique, le critère « population » est spécifique à chaque construit d'intérêt évalué.

Ainsi, la population du construit « couple de force » correspond aux différentes masses expérimentales incluses dans les protocoles. La population de la « position angulaire » est définie par le nombre d'angle testé pour évaluer la validité ce construit. Et enfin, la population de la « vitesse angulaire » correspond à chaque valeur de vitesse testée.

Une étude ne peut être incluse dans la revue systématique si l'instrument d'intérêt est utilisé pour une étude de validité d'un autre instrument de mesure ou incluse si elle présente des participants comme échantillon de population, peu importe les caractéristiques de cette population (saine, pathologique).

L'objectif principal étant de caractériser la validité de construit d'un point de vue mécanique des indicateurs fondamentaux de l'outil dynamométrique isocinétique.

Une étude n'est également pas incluse dans la revue systématique si l'article n'est pas disponible en version intégrale sur les bases de données investiguées.

L'article doit être publié en anglais ou en français pour être inclus dans la revue. Aucune restriction de date de publication pour l'inclusion d'étude dans la revue n'est décrite.

Une étude portant sur la validité de construit est incluse uniquement si l'évaluation de la propriété de mesure est l'objectif principal présenté par les auteurs.

L'instrument d'intérêt (dynamomètre isocinétique) et l'instrument comparateur mesurant en commun, au moins, un des construits d'intérêts (couple de force, position angulaire et vitesse angulaire).

La question de recherche étant clinimétrique, les schémas d'études présentant le plus haut niveau de preuves sont les études transversales. Les études présentant un schéma d'étude transversal uniquement sont incluses dans la revue systématique.

## 2.2 Sources documentaires

La recherche documentaire est réalisée par un étudiant (JB) en 4<sup>ème</sup> année de masso-kinésithérapie (Université Aix-Marseille, École des Sciences de la Réadaptation).

L'auteur a effectué à l'identique la démarche de stratégie de recherche à 3 reprises : le 10 novembre 2023, répétée le 4 janvier 2024 et le 8 mars 2024.

Les bases de données investiguées pour l'inclusion d'articles scientifiques dans la revue systématique sont : MEDLINE (PubMed) et Cochrane Library.

Une recherche complémentaire a été menée dans la littérature grise en parallèle des bases de données précédemment citées incluant : thèse, mémoire, congrès (poster), article non publié, livre, bibliographie d'article et consultation d'expert.

Les experts consultés sont : Dr. Nicola A. Maffiuletti ; Dr. Francis Degache ; Dr. Maryne Cozette.

## 2.3 Stratégie de recherche

L'équation de recherche qui a été formulée sur les bases de données est la suivante :

**((torque) OR (moment) OR (strength) OR (angular position) OR (angular velocity)) AND ((isokinetic dynamometer) OR (biodex) OR (cybex) OR (contrex) OR (humac)) AND ((validity) OR (construct validity) OR (criterion validity)))**

Le terme criterion validity a été inclus dans l'équation de recherche pour permettre une recherche des plus exhaustives sur les bases de données, avec une attention particulière au fait que les auteurs évaluent possiblement une validité de construit en pensant évaluer une validité de critère.

## 2.4 Processus de sélection des études

Un seul auteur (JB) a réalisé le processus de sélection et d'éligibilité des articles pour la revue systématique.

Dans un premier temps, les références des articles identifiés par l'équation de recherche sur les différentes bases de données ont été importées sur le logiciel informatique Excel (version 16.82) pour vérification et suppression des doublons.

Après cette première étape de sélection, une analyse des titres puis des résumés et enfin des textes intégraux ont permis l'inclusion des articles sélectionnés dans la revue systématique.

Le logiciel informatique Zotero (version 6.0.37) a été utilisé pour ces différentes étapes conformément aux recommandations *PRISMA*<sup>[28,29]</sup>.

La sélection des articles pour la revue systématique s'est faite sur la base des critères d'inclusion et de non-inclusion décrits précédemment.

## 2.5 Processus d'extraction des données

Les données ont été extraites par un seul auteur (JB) sur le logiciel informatique Excel (version 16.82).

Les caractéristiques générales suivantes ont été rapportées pour chaque étude incluse dans la revue systématique :

- Nom des auteurs, année de publication ;
- Schéma d'étude ;
- Construit mesuré ;
- Instrument de mesure d'intérêt ;
- Mode d'évaluation (statique, isocinétique) ;
- Plage angulaire ;
- Vitesse angulaire ;
- Instrument comparateur ;
- Propriété de mesure évaluée (validité de construit convergente/divergente) ;
- Métrique de validité utilisé (coefficient de corrélation, différence moyenne).

Les informations plus spécifiques des études incluses comme les objectifs principaux et secondaires, les hypothèses de recherche, les résultats et les conclusions ont également été extraites par l'auteur (JB) pour faciliter le traitement des données.

## 2.6 Processus d'évaluation du risque de biais

La définition, par les auteurs, des propriétés de mesure évaluées dans les différents articles a été rapportée à la taxonomie *COSMIN* (annexe 2) par l'auteur (JB) de la revue systématique.

Cette démarche s'inscrit dans un processus d'évaluation cohérent de propriété de mesure.

Dans ce cadre, et quelle que soit la terminologie utilisée par les auteurs des différentes études incluses dans la revue systématique, l'auteur (JB) a affilié arbitrairement la qualité de propriété de mesure la plus pertinente et cohérente par rapport à la construction globale et aux caractéristiques de l'étude incluse.

Les propriétés de mesure évaluées dans la présente revue systématique sont donc la validité de construit convergente et divergente des indicateurs fondamentaux en dynamométrie isocinétique : le couple de force, la position angulaire et la vitesse angulaire.

La validité de construit se définit par la *COSMIN*, comme le degré auquel les scores d'un instrument de mesure sont cohérents avec l'hypothèse que l'instrument mesure le construit qu'il est censé mesurer, par rapport aux scores d'autres instruments par exemple<sup>[23,30]</sup>.

Dans le domaine de la clinimétrie et de la métrologie, aucun consensus n'est actuellement établi sur l'utilisation d'échelles spécifiques à l'analyse du risque de biais des études portant sur l'évaluation des propriétés de mesure d'un instrument.

Le risque de biais de chaque étude a été évalué par un seul auteur (JB), en utilisant des items spécifiques de la *COSMIN Risk of Bias checklist* et de la *QUADAS-2*.

Ce choix, bien qu'arbitraire, permet un regroupement des items les plus pertinents à utiliser pour l'étude de la validité de construit des indicateurs d'intérêts.

L'utilisation de la *box 9* de la *COSMIN Risk of Bias checklist* (annexes 3 et 4) et des domaines 2.A ; 2.B ; 3.A de la *QUADAS-2* (annexes 5 et 6) sont utilisés pour l'évaluation du risque de biais d'une étude portant sur la validité de construit de l'outil dynamomètre isocinétique.

L'évaluation du risque de biais de chaque étude présentant une validité de construit convergente ou divergente, a été noté sur une échelle de 4 items (très bon ; adéquat ; douteux ; inadéquat) pour les items de la *COSMIN Risk of Bias checklist* et sur une échelle de 3 items (faible ; élevé ; incertain) pour les items de la *QUADAS-2*.

L'évaluation du risque de biais global d'une étude est basée sur le principe du « pire score compte », rendant compte des recommandations *COSMIN*, et a été noté subjectivement par l'auteur (JB) sur une échelle de 3 items (faible ; élevé ; incertain) en fonction des résultats obtenus sur les items des échelles citées précédemment<sup>[30]</sup>.

## 2.7 Processus de comparaison des résultats à des critères de mesure optimale

Le résultat de chaque étude pour une propriété de mesure a été évalué par rapport aux critères de propriétés de mesures optimales énoncés par les recommandations *COSMIN*<sup>[30]</sup>.

Chaque résultat a été jugé : suffisant (+) ; insuffisant (-) ; indéterminé (?) en fonction du score obtenu (annexe 7).

Les critères décrits ci-dessous représentent les critères préférentiels pour chaque propriété de mesure étudiée.

Le critère préférentiel pour la validité de construit convergente est l'indice de corrélation entre la mesure de l'instrument d'intérêt et de l'outil comparateur sur le construit d'intérêt (couple de force, position et vitesse angulaire).

D'après les recommandations *COSMIN*, si l'indice de corrélation est supérieur à un seuil de 0.70, le résultat est considéré comme suffisant (+)<sup>[30]</sup>. Dans le cas contraire, le résultat est considéré comme insuffisant (-). Un résultat est considéré comme indéterminé (?) en cas d'absence d'informations pouvant compromettre l'interprétation du résultat.

Le critère préférentiel pour la validité de construit divergente est la différence moyenne entre la mesure de l'instrument d'intérêt et de l'outil comparateur sur le construit d'intérêt. Cette différence peut également être matérialisée par des données portant sur la significativité statistique des résultats (*p-value*).

En l'absence de seuil spécifique décrit dans les recommandations *COSMIN*, une interprétation subjective, propre à l'auteur de la revue (JB), a été utilisée pour considérer les résultats comme : suffisant (+) ; insuffisant (-) ; indéterminé (?).

Cette interprétation se base sur les connaissances théoriques et les compétences cliniques de l'auteur (JB) à l'instant de l'élaboration de la revue systématique et n'est pas extrait d'un consensus d'expert.

## 2.8 Processus de résumé des preuves

Les résultats de différentes études sur une propriété de mesure (validité de construit convergente ou divergente) et un construit spécifique (couple de force, position ou vitesse angulaire) ont été résumés qualitativement pour aboutir à un résultat général prenant en compte les résultats de toutes les études pouvant être regroupées ensemble.

Par exemple, pour la validité de construit convergente, il a été envisageable de regrouper toutes les corrélations de l'appareil dynamométrique isocinétique avec d'autres outils mesurant aussi le couple de force, la position ou la vitesse angulaire.

Cependant, il n'a pas semblé pertinent de regrouper statistiquement les résultats dans des méta-analyses. Le nombre d'étude pouvant être comparées entre elles par des critères communs (propriété de mesure, construit d'intérêt, outil comparateur, métrique de validité) n'étant pas suffisant.

Le résultat de l'ensemble des études prenant en compte les résumés qualitatifs pour une propriété de mesure donnée a été de nouveau évalué par rapport aux critères de propriétés de mesure optimales énoncés par les recommandations *COSMIN*<sup>[30]</sup>.

Chaque résultat a donc été jugé : suffisant (+) ; insuffisant (-) ; incohérent ( $\pm$ ) ; indéterminé (?) selon les critères expliqués ci-dessous.

Pour la validité de construit convergente, les résultats de l'ensemble des études ont été pris ensemble et si 75% des corrélations avec l'outil comparateur sont supérieurs à 0.70, les résultats sont jugés suffisants (+). Inversement, si 75% de ces résultats sont inférieurs à 0.70, les résultats sont jugés insuffisants (-).

Pour la validité de construit divergente, les résultats de l'ensemble des études ont été pris ensemble et si 75% des différences avec l'outil comparateur sont statistiquement non significative (p.e, *p-value* > 0.05) ou considérées suffisantes par l'auteur de la revue (JB), les résultats sont jugés suffisants (+). Dans le cas contraire, les résultats sont jugés insuffisants (-).

Si les résultats des études qui pouvaient être regroupés sont incohérents et l'incohérence non expliquée par les auteurs des articles, les résultats pouvaient tout de même être regroupés, et jugés suffisants ou insuffisants puis déclassés du fait de l'incohérence.

Si les résultats des études qui ne pouvaient pas être regroupés sont incohérents et l'incohérence non expliquée, les résultats sont jugés incohérents ( $\pm$ ).

Dans ce cas, les résultats n'étaient pas résumés et le niveau de preuve n'étaient pas classé. Si les résultats des études étaient tous indéterminés, la note globale était aussi indéterminée (?).

L'auteur de la présente revue systématique (JB) s'est basé sur le processus de résumé des preuves (recommandations *COSMIN*) concernant les études portant sur la validité de construit mais également sur la validité de critère.

En effet, la description statistique des critères de mesure optimal faite pour la validité de critère est plus détaillée et permet une meilleure compréhension des résultats, constituant un complément de



choix à l'analyse spécifique de la validité de construit. Cette décision n'affecte pas la représentation et l'interprétation des résultats qui restent cohérentes et pertinentes pour le thème abordé.

## 2.9 Processus d'évaluation de la qualité des preuves

La qualité des preuves repose sur la confiance que l'on peut avoir en la synthèse quantitative et/ou qualitative des résultats.

L'évaluation de la qualité des preuves est basée sur l'approche *Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE)* pour les revues systématiques<sup>[31]</sup>.

L'approche *GRADE* utilise 5 facteurs pour déterminer la qualité des preuves : le risque de biais, l'incohérence des résultats, l'évidence indirecte des données (provenant de population, d'intervention ou de résultat différents de ceux d'intérêts pour la revue), l'imprécision (intervalle de confiance trop large) et les biais de publication (les résultats négatifs étant moins souvent publiés).

Les biais de publication, constituant le 5<sup>ème</sup> facteur de l'approche *GRADE*, est difficile à évaluer dans les études sur les propriétés de mesure, en raison du manque de registre pour ce type d'étude. Il n'est donc pas pris en compte dans les recommandations *COSMIN* et dans la présente revue systématique.

Dans le cadre de la présente revue systématique suivant les recommandations *COSMIN* pour l'évaluation des propriétés de mesures d'un instrument, les 4 facteurs suivants ont été pris en compte dans une approche *GRADE* modifiée :

- Risque de biais des études ;
- Incohérence, comme l'incohérence inexplicée des résultats entre les études ;
- Imprécision, comme la taille d'échantillon totale des études incluses ;
- Évidence indirecte des études, comme des preuves provenant de populations différentes de la population d'intérêt.

La qualité de preuves a été déterminée individuellement pour chaque construit d'intérêt (p.e, couple de force, position et vitesse angulaire) par un système de déclassement.

Le score de départ pour chaque construit d'intérêt est de 4 et correspond à une qualité de preuve haute du fait du schéma d'étude transversal pour l'ensemble des études.

Puis l'auteur de la revue (JB) a soustrait des points au score de départ en fonction des résultats obtenus sur les 4 facteurs de l'approche *GRADE* modifiée décrite ci-dessus.

Par ce processus, l'utilisation de l'approche *GRADE* modifiée permet de classer la qualité des preuves des construits d'intérêts comme : haute, moyenne, faible, très faible.

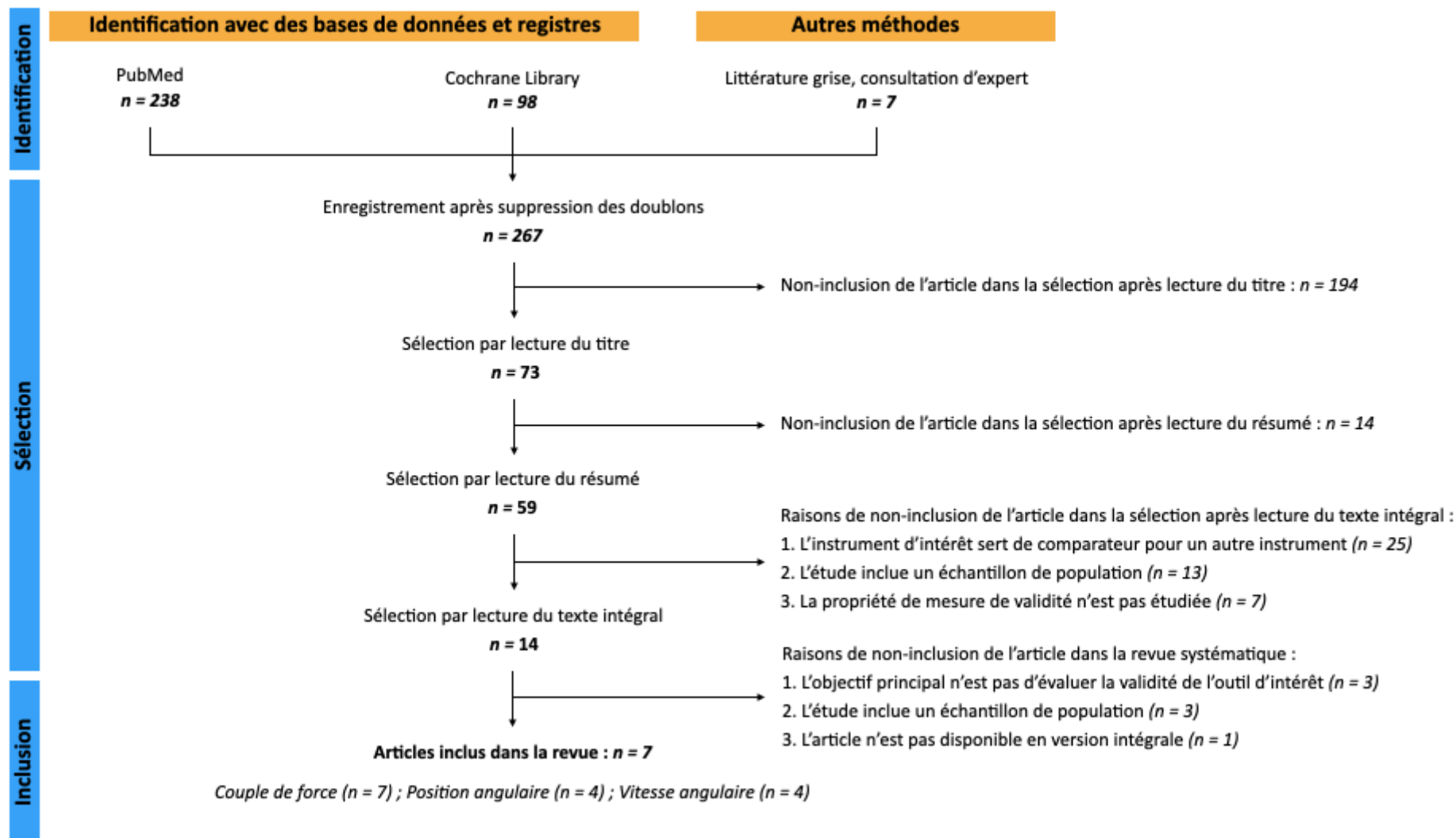


Figure 6 : Diagramme de flux de la sélection des études, d'après les recommandations PRISMA<sup>[28,29]</sup>.

## 3. Résultats

### 3.1 Sélection des études

La stratégie de recherche a permis d'identifier 343 articles, dont 336 par l'intermédiaire de bases de données (PubMed, Cochrane) et 7 par d'autres méthodes d'identification comme la consultation d'expert dans le domaine de la dynamométrie isocinétique et l'exploration de la littérature grise (figure 6). L'étape de sélection a permis d'enregistrer 267 articles après suppression des doublons. Après les filtres de sélection par lecture des titres puis des résumés, 14 articles ont été enregistrés et examinés en texte intégral, dont 7 présentés les critères d'inclusion pour la présente revue systématique<sup>[32-38]</sup>.

Le processus de sélection des études a permis d'écarter 7 articles de l'inclusion dans la revue systématique<sup>[39-45]</sup>.

Les études de Guilhem et al.(2014), Lagassé et al.(1989) et Westblad et al.(1995) n'ont pas été incluses<sup>[40,42,44]</sup>. Les auteurs évaluent la validité d'un construit d'intérêt, le couple de force, dans des conditions expérimentales présentant un échantillon de participants. La corrélation entre le construit mesuré par dynamométrie isocinétique et par les outils comparateurs (activité électromyographique, VO2 max, taux de lactate) constituent les objectifs de recherche des articles précédemment cités.

L'étude de Cotte et al.(2003) n'a pas été incluse par rapport à l'objectif principal qui consiste en la comparaison de propriétés de validité de 2 dynamomètres isocinétiques et non par rapport à un outil comparateur<sup>[39]</sup>. L'étude de Kaminski et al.(1995) n'a pas été incluse pour une raison similaire, l'objectif principal consiste à évaluer la fiabilité et la validité d'un prototype d'appareillage pour l'articulation de la cheville<sup>[41]</sup>.

L'étude de Zawadzki et al.(2010) évoque le fait d'explorer la validité des construits d'intérêts. L'auteur énonce, à la fin de son introduction, que l'objectif principal de l'étude n'est pas d'évaluer les propriétés métrologiques de l'outil, ce qui ne permet pas d'inclure l'étude dans la revue systématique<sup>[45]</sup>.

L'étude de Tis et al.(1993) n'a pas pu être incluse dans la revue du fait de la non-disponibilité de l'article en version intégrale sur les bases de données et méthodes d'exploration investiguées<sup>[43]</sup>.

### 3.2 Caractéristiques générales des études incluses

L'ensemble des études incluses dans la revue systématique présentent un schéma d'étude transversal.

La validité de construit du couple de force a été investiguée dans 7 études, dont 4 par une validité de construit convergente et 3 par une validité de construit divergente.

Pour évaluer la validité du couple de force, 4 études ont utilisé un mode statique, 2 études un mode isocinétique et 1 étude a utilisé les modes statique et isocinétique.

Les outils comparateurs à la mesure de l'instrument dynamométrique isocinétique se présentent sous la forme d'une valeur théorique obtenue par calculs mathématiques du couple de force et par application de masses expérimentales sur un système de jauge de contrainte externe à l'instrument d'intérêt.

La validité de construit de la position angulaire a été étudiée dans 4 études, dont 2 par une validité de construit convergente et 2 par une validité de construit divergente.

Pour évaluer la validité de la position angulaire, toutes les études ont utilisé un mode statique. Les outils comparateurs à la mesure de l'instrument d'intérêt sont des systèmes de goniométries externes (p.e, rapporteur, inclinomètre manuel, niveau à bulle).

La validité de construit de la vitesse angulaire a été explorée dans 4 études, dont 1 par une validité de construit convergente et 3 par une validité de construit divergente.

Pour évaluer la validité de la vitesse angulaire, toutes les études ont utilisé un mode isocinétique.

Les outils comparateurs à la mesure de l'instrument d'intérêt se présentent sous la forme de calculs mathématiques (dérivation de la position angulaire en fonction du temps), d'un système externe de cellules photo-électriques associé à un chronomètre et d'un système d'analyse cinématique.

L'ensemble des études ont effectué des mesures de construits appareillées entre l'instrument d'intérêt et l'outil comparateur.

Les plages angulaires investiguées dans les différentes études peuvent aller de 0 à 305° d'amplitude de mouvement. Les vitesses angulaires étudiées peuvent, quant à elles, aller de 0 à 500°/sec.

Les études incluses dans la revue systématique présentent 5 différents modèles de dynamométrie isocinétique : BIODEX, CYBEX, KINCOM, LIDO ACTIVE, SPARK<sup>[32-34, 36-38]</sup>. L'information du modèle dynamométrique isocinétique utilisé n'est pas disponible dans l'étude de Moffroid et al.(1969)<sup>[35]</sup>.

Les caractéristiques des études incluses sont décrites dans le Tableau I.

### 3.3 Évaluation du risque de biais des études

La réalisation des conditions expérimentales et l'interprétation des valeurs obtenues entre l'instrument d'intérêt et l'outil comparateur sont évaluées avec un risque de biais élevé pour les 7 études incluses dans la revue systématique. On retrouve également un risque de biais élevé pour les 7 études concernant la préoccupation quant au fait que la réalisation des conditions expérimentales et l'interprétation des résultats diffèrent de la question de recherche.

La réalisation et l'interprétation des mesures avec l'outil comparateur présentent un risque de biais élevé pour l'ensemble des études incluses dans la revue systématique. Cependant, on observe que les caractéristiques de l'outil comparateur sont clairement expliquées par les auteurs. Les propriétés de mesures des outils comparateurs sont, pour 5 études sur 7, classées avec un score moyen et pour 2 études avec un score suffisant. Les méthodes statistiques utilisées sont, pour 5 études sur 7, classées en adéquation avec l'hypothèse à tester et la méthode statistique de 2 études est qualifiée comme présumé adéquate avec l'hypothèse à tester.

Le risque de biais global est élevé pour les 7 études incluses dans la revue systématique. L'approche exigeante de l'évaluation du risque de biais des études est basée sur le principe du « pire score compte », comme énoncée par les recommandations *COSMIN*.

Le risque de biais des études sélectionnées considérant la validité de construit convergente et divergente est décrit dans le Tableau I

Auteur, année	Schéma d'étude	Construit mesuré	Instrument, système	Mode d'évaluation	Plage angulaire (°)	Vitesse angulaire (°/sec)	Outil comparateur	Propriété métrologique	Métrique de validité
Moffroid, 1969	Transversal	Couple de force	Dyn., Iso., N/A	Statique	168	N/A	Valeurs théoriques, masses expérimentales	Validité de construit convergente	Coef., de corrélation
Farrell, 1986	Transversal	Couple de force	Dyn., Iso., KINCOM	Statique ; isocinétique	90 ; 25	0 - 30 - 60 - 90 - 120 - 180 -210	Jauges de contraintes, masses expérimentales	Validité de construit divergente	Diff., Moy.
		Position angulaire		Statique	90	N/A	Niveau à bulle, goniomètres		
Bemben, 1988	Tranversal	Couple de force	Dyn., Iso., CYBEX II	Isocinétique	60	30 - 60 - 180 - 240	Valeurs théoriques, masses expérimentales	Validité de construit divergente	Diff., Moy.
		Vitesse angulaire					Cellules photo-électriques, chronomètre		
Seger, 1988	Transversal	Couple de force	Dyn., Iso., SPARK	Statique	0	N/A	Cellule de charge, masses expérimentales	Validité de construit divergente	Diff., Moy.
		Position angulaire					Inclinomètre à bulle		
Taylor, 1991	Transversal	Couple de force	Dyn., Iso., BIODIX	Statique	90	N/A	Valeurs théoriques, masses expérimentales	Validité de construit convergente	Coef., de régression linéaire
		Position angulaire					Goniomètres (rapporteurs)		
Patterson, 1992	Transversal	Couple de force	Dyn., Iso., LIDO ACTIVE	Isocinétique	200	5	Valeurs théoriques, masses expérimentales	Validité de construit convergente	p de Spearman
		Vitesse angulaire					Système d'enregistrement cinématique		
Drouin, 2004	Tranversal	Couple de force	Dyn., Iso., BIODIX 3	Statique	0	N/A	Valeurs théoriques, masses expérimentales	Validité de construit convergente	CCI
		Position angulaire		Statique	305	N/A	Inclinomètre à bulle		
		Vitesse angulaire		Isocinétique	70	30 à 360 (inc.30) - 400 à 500	Valeurs théoriques des vitesses angulaires		

**Tableau I** : Caractéristiques générales des études incluses dans la revue systématique. Dyn., Iso., : dynamomètre isocinétique ; N/A : donnée non disponible ; inc. : incrémentation ; Coef. : coefficient ; Diff., Moy., : différence moyenne ; CCI : coefficient de corrélation intra-classe.

Auteur, année	La réalisation / l'interprétation du test évalué a-t-elle pu introduire un biais ?	Il y a-t-il une préoccupation quant au fait que le test évalué, dans sa réalisation / interprétation diffère de la question de recherche ?	La réalisation ou l'interprétation du test de référence a-t-elle pu introduire un biais ?	Le construit mesuré par le comparateur est-il clairement expliqué ?	Les propriétés de mesures du comparateur sont-elles suffisantes ?	La conception et la méthode statistiques sont adéquates avec l'hypothèse à tester ?	Risque de biais
Moffroid, 1969	ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	ADÉQUAT	ADÉQUAT	TRÈS BON	ÉLEVÉ
Farrell, 1986	ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	ADÉQUAT	DOUTEUX	TRÈS BON	ÉLEVÉ
Bemben, 1988	ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	ADÉQUAT	DOUTEUX	TRÈS BON	ÉLEVÉ
Segeer, 1988	ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	ADÉQUAT	ADÉQUAT	ADÉQUAT	ÉLEVÉ
Taylor, 1991	ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	ADÉQUAT	DOUTEUX	TRÈS BON	ÉLEVÉ
Patterson, 1992	ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	ADÉQUAT	DOUTEUX	TRÈS BON	ÉLEVÉ
Drouin, 2004	ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	ADÉQUAT	DOUTEUX	ADÉQUAT	ÉLEVÉ

**Tableau II** : Résultats de l'évaluation du risque de biais des études incluses dans la revue systématique (items des échelles COSMIN Risk of Bias et QUADAS-2).

## 3.4 Résumés qualitatifs et synthèses des résultats

### 3.4.1 Validité de construit du moment de force

La validité de construit du couple de force a été étudiée dans 7 études, dont 4 investiguait uniquement le couple de force en mode statique, 2 en mode isocinétique et 1 étude investiguait le construit de manière statique et isocinétique (Tableau I)<sup>[32-38]</sup>.

Pour le mode statique, 3 études ont évalué la validité de construit convergente du moment de force mesuré par le dynamomètre isocinétique avec des masses expérimentales en la comparant à la valeur théorique du moment de force obtenue par la formule mathématiques de ce dernier<sup>[33,35,38]</sup>.

Moffroid et al.(1969) ont utilisé une masse expérimentale (13,61 kg) à une longueur unique de bras de levier (46 cm) pour mesurer le moment de force statique sur 15 positions angulaires différentes (de 6 à 174 °, incrémentation de 12°)<sup>[35]</sup>. Le coefficient de corrélation entre les valeurs prédites et les valeurs obtenues est considéré comme suffisant ( $r = 0,999$ ) (Tableau III). D'après les valeurs brutes disponibles dans l'article, la différence moyenne calculée par l'auteur de la revue (JB) entre le couple de force prédit et le couple de force obtenu est  $0,89 \pm 1,18$  N.m, avec un intervalle de confiance à 95 % : IC95[0,24 ; 1,54].

Taylor et al.(1991) ont mesuré le moment de force de 20 masses expérimentales à différentes longueurs de bras de levier pour une valeur unique de position angulaire (0°, horizontale)<sup>[38]</sup>. Les valeurs des masses expérimentales et des longueurs de bras de levier ne sont pas indiquées par les auteurs. L'analyse de régression linéaire donne un coefficient de corrélation considéré comme suffisant ( $r = 0,998$ ) (Tableau III).

Drouin et al.(2004) ont mesuré le moment de force de 6 charges expérimentales (2,7 à 29,55 kg) à une longueur unique de bras de levier (72,5 cm) perpendiculairement à la force gravitationnelle, c'est-à-dire à une position angulaire de 0° (horizontale)<sup>[33]</sup>. Le coefficient de corrélation intra-classe (CCI) est considéré comme suffisant (CCI = 0,99) (Tableau III). La divergence entre la mesure de l'outil comparateur et la mesure de l'instrument d'intérêt a été calculée par les auteurs de l'article grâce à l'erreur de mesure et le coefficient de variation de l'erreur de mesure. L'erreur de mesure correspond à la variation de l'écart des scores entre les 2 mesures du moment de force. L'erreur de mesure moyenne de l'ensemble des moments mesurés est de 0,40 N.m avec un coefficient de variation de 1 %.

La validité de construit divergente du couple de force statique a été investigué par 2 études comparant le moment de force de masses expérimentales enregistré par l'instrument isocinétique et par les outils comparateurs (jauge de contrainte, cellule de charge)<sup>[34,37]</sup>.

Farrell et al.(1986) ont mesuré le moment de force de 14 masses expérimentales (22,2 à 310,8 N ; incrémentation 22,2 N) pour 10 positions angulaires différentes (0 à 90 ° ; incrémentation 10° ; 0° = horizontale)<sup>[34]</sup>. La différence moyenne (Diff.Moy.), exprimée en Newton (N), des moments de force enregistrés entre les deux instruments de mesure est jugée suffisante (Diff.Moy. = 2,43 N). La différence moyenne est également exprimée en pourcentage (Diff.Moy.  $\leq 3,2$  %) (Tableau III).

Seger et al.(1988) ont étudié le moment de force de 5 masses expérimentales (20 à 60 kg ; incrémentation 10 kg) à une position angulaire unique (0° = horizontale)<sup>[37]</sup>.

La différence moyenne entre les moments enregistrés par l'instrument dynamométrique isocinétique et l'outil comparateur est considérée suffisante (Diff.Moy. =  $1,54 \pm 1,26$  N, IC95[-0,02 ; 3,11]) et statistiquement non significative ( $p > 0,05$ ) (Tableau III). La différence moyenne, l'écart-type et l'intervalle de confiance ont été calculés par l'auteur de la revue systématique (JB) grâce aux données brutes disponibles dans l'étude.

Pour le mode isocinétique, Patterson et al.(1992) ont évalué la validité de construit convergente du moment de force<sup>[36]</sup>. Les conditions d'expérimentation comprennent 4 masses expérimentales différentes (4,58 à 39,46 kg), une longueur de bras de levier (31,39 cm) pour une vitesse angulaire (5°/sec) sur une amplitude de mouvement de 200°. Les valeurs données par l'instrument d'intérêt sont comparées à la valeur théorique du moment de force obtenue par le calcul mathématiques de ce dernier. L'enregistrement des moments de force a été effectué tous les 10° sur l'ensemble de la plage angulaire en omettant les valeurs extrêmes (0° et 200°). Le coefficient de corrélation moyen entre les valeurs de couples enregistrées par l'instrument dynamométrique isocinétique et l'outil comparateur est donné par le coefficient de Spearman considéré suffisant ( $r = 0,98 \pm 0,03$  ; IC95[0,93 ; 1,00]) (Tableau III).

La validité de construit divergente du couple de force isocinétique a été investigué par 2 études comparant les valeurs des moments de force obtenues par les systèmes isocinétiques et les outils comparateurs (jauge de contrainte, valeur théorique du moment de force)<sup>[32,34]</sup>.

Farrell et al.(1986) ont étudié les moments de force isocinétiques sur 6 vitesses angulaires (30, 60, 90, 120, 180, 210°/sec) et 2 niveaux de force appliqués (entre 100-120N ; entre 270-300N) enregistrés sur une plage angulaire de 25°<sup>[34]</sup>. La différence moyenne entre les moments enregistrés par l'instrument isocinétique et l'outil comparateur est considérée suffisante (Diff.Moy. = 3,46 N ; IC95[-5,28 ; 8,77] ; Diff.Moy.< 3%) (Tableau III).

Bemben et al.(1988) ont étudié les moments de force maximaux isocinétiques pour 6 charges expérimentales (0 à 31,75 kg) et 4 vitesses angulaires (30, 60, 180, 240 °/sec) sur une plage angulaire de 60°<sup>[32]</sup>. Le couple de force maximal théorique est calculé par la formule mathématique : pic de couple = longueur bdl x sin(angle) x charge (masse + longueur bras de levier). L'angle théorique d'apparition du pic de couple est fixé par les auteurs à 90° (position horizontale). La différence moyenne entre les valeurs de couples maximaux enregistrés par le dynamomètre isocinétique et la valeur théorique est jugée incertaine (Diff.Moy.(%) =  $9,0 \pm 11,9$  ; IC95[-3,49 ; 21,49] ; Diff.Moy.(N.m) =  $14,91 \pm 23,14$  ; IC95[4,38 ; 25,45]) (Tableau III).

La différence moyenne entre les couples maximaux pour les vitesses considérées lentes (p.e, 30 et 60°/sec) est considérée suffisante (Diff.Moy.(%) =  $0,58 \pm 0,12$  ; IC95[0,46 ; 0,71] ; Diff.Moy.(N.m) =  $7,80 \pm 10,39$  ; IC95[1,20 ; 14,40]).

La différence moyenne entre les couples maximaux pour les vitesses considérées rapides (p.e, 180 et 240°/sec) est considérée insuffisante (diff.moy.(%) =  $17,42 \pm 11,90$  ; IC95[4,92 ; 29,90] ; Diff.Moy.(N.m) =  $24,40 \pm 31,83$  ; IC95[-0,07 ; 48,87]).

La synthèse globale des résultats obtenus pour la validité de construit du couple de force est considérée suffisante (+) (Tableau III).



---

## Couple de force

### Validité de construit convergente

Auteur, année	Mode d'évaluation	Résultat	Évaluation
Moffroid, 1969	statique	$r = 0,999$	+
Taylor, 1991	statique	$r = 0,998$	+
Patterson, 1992	isocinétique	$\rho = 0,98$	+
Drouin, 2004	statique	CCI = 0,99	+

### Validité de construit divergente

Auteur, année	Mode	Résultat	Évaluation
Farrell, 1986	statique, isocinétique	Diff.Moy.(%) $\leq 3,2$	+
Bemben, 1988	isocinétique	Diff.Moy.(%) = $9,0 \pm 11,9$	?
Seger, 1988	statique	$p > 0,05$ , Diff. NS	+

---

### Tableau III : Résultats de la validité de construit du couple de force.

r : coefficient de corrélation ;  $\rho$  : rho de Spearman ; CCI : coefficient de corrélation intra-classe ; Diff., Moy., : différence moyenne ; p : p-value ; Diff.NS : différence non-significative.

Évaluation des propriétés de mesure : suffisant (+) ; insuffisant (-) ; indéterminé (?)

## 3.4.2 Validité de construit de la position angulaire

La validité de construit de la position angulaire a été étudiée dans 4 études (Tableau I)<sup>[33, 34, 37,38]</sup>.

Pour le mode statique, 2 études ont évalué la validité de construit convergente de la position angulaire mesurée par le dynamomètre isocinétique en la comparant à des mesures goniométrique (rapporteur, inclinomètre manuel)<sup>[33,38]</sup>.

Taylor et al.(1991) ont mesuré la validité de construit de 10 angles sur une plage angulaire de 90° (incrémentation = 10°) avec pour comparateur les valeurs obtenues par deux rapporteurs<sup>[38]</sup>. L'analyse de régression linéaire donne un coefficient de corrélation considéré comme suffisant ( $r = 0,999$ ) (Tableau IV).

Drouin et al.(2004) ont mesuré la validité de 62 positions angulaires (0 à 305° ; incrémentation = 5°) issues des données de l'instrument isocinétique en la comparant aux valeurs de l'instrument comparateur, un inclinomètre manuel<sup>[33]</sup>. Le coefficient de corrélation intra-classe est considéré comme suffisant (CCI = 0,99) (Tableau IV).

La divergence entre la mesure de l'outil comparateur et la mesure de l'instrument d'intérêt a été calculée par l'erreur de mesure et le coefficient de variation de l'erreur de mesure. L'erreur de mesure moyenne de l'ensemble des positions angulaires mesurées est de 4,17° avec un coefficient de variation de 3%.

La validité de construit divergente de la position angulaire a été investiguée par 2 études comparant la position angulaire enregistrée par l'instrument isocinétique et par les instruments comparateurs (goniométrie) dans des conditions expérimentales sans déplacement<sup>[34, 37]</sup>.

Farrell et al.(1986) ont comparé la mesure à différents angles en la comparant aux mesures réalisées simultanément avec un niveau à bulle et un rapporteur positionnés sur le bras de levier de l'instrument isocinétique. Les données relatives aux valeurs des positions angulaires investiguées par les auteurs ne sont pas disponibles dans l'article. Les deux mesures ne présentent « aucune différence » selon les auteurs de l'article et le résultat est considéré comme incertain pour cette revue systématique (Tableau IV).

Seger et al.(1988) ont comparé la mesure enregistrée de l'instrument isocinétique à la mesure d'un inclinomètre à bulle (tolérance±0,5°) pour 50 angles différents et sur plage angulaire de 90° (0 à 90°, 0° = horizontale) de manière statique<sup>[37]</sup>. Les deux mesures entre l'instrument d'intérêt et le comparateur ne présentent aucune différence sur l'ensemble de la plage angulaire. Les données relatives aux métriques de validité ne sont pas mises à disposition par les auteurs dans l'article. Les résultats de l'étude sont considérés comme incertain (Tableau IV).

La synthèse globale des résultats obtenus pour la validité de construit de la position angulaire est considérée suffisante (+) (Tableau IV).

---

### Position angulaire

#### Validité de construit convergente

Auteur, année	Mode	Résultat	Évaluation
Taylor, 1991	statique	r = 0,999	+
Drouin, 2004	statique	CCI : 0,99	+

#### Validité de construit divergente

Auteur, année	Mode	Résultat	Évaluation
Farrell, 1986	statique	Diff.Moy.(%) = 0	?
Seger, 1988	statique	p > 0,05, Diff.NS	?

---

**Tableau IV** : Résultats de la validité de construit de la position angulaire.

r : coefficient de corrélation ; CCI : coefficient de corrélation intra-classe ; Diff., Moy., : différence moyenne ; p : p-value ; Diff.NS : différence non-significative.

Évaluation des propriétés de mesure : suffisant (+) ; insuffisant (-) ; indéterminé (?)

### 3.4.3 Validité de construit de la vitesse angulaire

La validité de construit de la vitesse angulaire isocinétique a été étudiée dans 4 études (Tableau I)<sup>[32-34,36]</sup>.

La validité de construit convergente a été étudiée par Drouin et al.(2004), en comparant la vitesse angulaire à la valeur de vitesse angulaire théorique obtenue par dérivation de la position en fonction du temps (vitesse = déplacement/temps). Les conditions expérimentales ont permis de tester la validité de construit convergente de 15 vitesses angulaires différentes (30 à 360°/sec, inc. = 30° ; 400 à 500°/sec, inc. = 50°) pour une seule masse expérimentale (4,55kg) et une longueur de bras de levier définie (72,5cm). Le CCI est considéré suffisant (CCI = 0,99) (Tableau V). La divergence entre la mesure référente et la mesure de l'instrument a été calculé par l'erreur de mesure et le coefficient de variation de l'erreur de mesure. L'erreur de mesure moyenne de l'ensemble des positions angulaires mesurées est de 8,68°/sec avec un coefficient de variation de 3,66%. La différence moyenne entre les construits pour les vitesses considérées lentes (30 à 90°/sec) est considérée suffisante (Diff.Moy.(°/s) = 2,55±0,78 ; IC95[0,61 ; 4,49]). La différence moyenne entre les construits pour les vitesses considérées rapides (p.e, 120 à 270°/sec) est considérée incertaine (Diff.Moy.(°/s) = 6,73±3,48 ; IC95[3,08 ; 10,38]). La différence moyenne entre les construits pour les vitesses considérées très rapides (p.e, 300 à 500°/sec) est considérée insuffisante (Diff.Moy.(°/s) = 26,92±14,03 ; IC95[12,02 ; 41,64]).

La validité de construit divergente de la vitesse angulaire a été investigué par 3 études comparant la mesure de la vitesse angulaire enregistrée par l'instrument isocinétique à la mesure effectuée avec les outils comparateurs (valeur théorique, systématique photo-électrique, système cinématique)<sup>[32, 34, 36]</sup>.

Farrell et al.(1986) ont comparé la validité de construit de la vitesse angulaire de l'instrument isocinétique pour 6 vitesses angulaires différentes (30 à 210°/sec) en exerçant 2 niveaux de force (100 à 120N ; 270 à 300N) sur une plage angulaire de 90° (0 à 90°, 0° = horizontale)<sup>[34]</sup>. Les valeurs obtenues sont comparées aux valeurs de vitesse calculées par dérivation de la position angulaire en fonction du temps. La différence moyenne entre les vitesses angulaires enregistrées par l'outil isocinétique et l'outil comparateur est considérée suffisante (Diff.Moy.(°/sec) < 3,16 ; Diff.Moy.(%) < 1,5%) (Tableau V).

Bemben et al.(1988) ont étudié la validité de construit de 4 vitesses angulaires (30, 60, 180 et 240°/sec) en utilisant différents niveaux de charges (0 à 11,48kg)<sup>[32]</sup>. La différence moyenne entre les valeurs des vitesses angulaires enregistrées par le dynamomètre isocinétique et la valeur théorique est jugée suffisante (Diff.Moy.(%) = 1,35±1,10 ; IC95[-1,38 ; 4,08]) et statistiquement non significative (p>0,05) (Tableau V). Pour la vitesse angulaire 30°/sec, considérée lente, la différence moyenne entre l'instrument d'intérêt et l'outil comparateur est jugée suffisante (Diff.Moy.(°/sec) = 0,24±0,10 ; IC95[0,16 ; 0,32]). Pour la vitesse angulaire 60°/sec, considérée lente, la différence moyenne entre l'instrument d'intérêt et l'outil comparateur est jugée suffisante (Diff.Moy.(°/sec) = 0,34±0,38 ; IC95[0,04 ; 0,63]). Pour la vitesse angulaire 180°/sec, considérée rapide, la différence moyenne entre l'instrument d'intérêt et l'outil comparateur est jugée insuffisante (Diff.Moy.(°/sec) = 5,04±1,44 ; IC95[3,25 ; 6,83]).

La synthèse globale des résultats obtenus pour la validité de construit de la vitesse angulaire est considérée suffisante (+) (Tableau IV).

---

## Vitesse angulaire

### Validité de construit convergente

Auteur, année	Mode	Résultat	Évaluation
Taylor, 1991	isocinétique	$r = 0,999$	+

### Validité de construit divergente

Auteur, année	Mode	Résultat	Évaluation
Farrell, 1986	isocinétique	Diff.Moy.(%) = 1,5	+
Bemben, 1988	isocinétique	Diff.Moy.(%) = 5	+
Patterson, 1992	isocinétique	$p > 0,05$ , Diff.NS	+

---

**Tableau V :** Résultats de la validité de construit de la vitesse angulaire.

r : coefficient de corrélation ; Diff., Moy., : différence moyenne ; p : p-value ; Diff.NS : différence non-significative.

Évaluation des propriétés de mesure : suffisant (+) ; insuffisant (-) ; indéterminé (?)

## 3.5 Évaluation de la qualité des preuves

L'évaluation de la qualité des preuves de chaque construit d'intérêt et pour chaque propriété de mesure s'est basée sur l'approche *GRADE* modifiée<sup>[31]</sup>.

Le niveau de qualité de preuves a été déterminé par l'auteur de la revue systématique comme très faible pour l'ensemble des études.

Le risque de biais des études et l'imprécision des résultats par manque de conditions d'expérimentations sont les principaux facteurs venant déclasser le niveau de qualité des preuves des construits d'intérêts.

Les résultats de cette évaluation de la qualité de preuve sont détaillés dans le tableau VI.

Construit étudié	Propriété métrologique	Échantillon (nombre d'étude)	Facteurs de qualité des preuves				Résultats		Niveau de preuve
			Risque de biais	Incohérence	Imprécision	Évidence indirecte	Métriques	Hétérogénéité	
Couple de force statique	Validité de construit convergente	27(3)	Très sérieux (-2)	Non détectée	Très sérieuse (-2)	Sérieuse (-1)	r = 0,99	Faible	Très faible
Couple de force statique	Validité de construit divergente	19(2)	Très sérieux (-2)	Non détectée	Très sérieuse (-2)	Sérieuse (-1)	Diff.Moy.(%) ≤ 3,2	Faible	Très faible
Couple de force isocinétique	Validité de construit convergente	4(1)	Extrêmement sérieux (-3)	Non détectée	Très sérieuse (-2)	Très sérieuse (-2)	r = 0,98 [0.93 ; 1.00]	Faible	Très faible
Couple de force isocinétique	Validité de construit divergente	8(2)	Très sérieux (-2)	Sérieuse (-1)	Très sérieuse (-2)	Sérieuse (-1)	Diff.Moy.(%) = 9 ± 11,9	Forte	Très faible
Position angulaire statique	Validité de construit convergente	72(2)	Très sérieux (-2)	Non détectée	Très sérieuse (-2)	Non détectée	r = 0,99	Faible	Très faible
Position angulaire statique	Validité de construit divergente	50(2)	Très sérieux (-2)	Non détectée	Très sérieuse (-2)	Très sérieuse (-2)	Aucune différence, p > 0,05	Faible	Très faible
Vitesse angulaire isocinétique	Validité de construit convergente	15(1)	Extrêmement sérieux (-3)	Non détectée	Très sérieuse (-2)	Non détectée	CCI = 0,99	Faible	Très faible
Vitesse angulaire isocinétique	Validité de construit divergente	11(3)	Très sérieux (-2)	Non détectée	Très sérieuse (-2)	Sérieuse (-1)	Diff.Moy.(%) < 1,5	Forte	Très faible

**Tableau VI** : Résultats de la qualité de preuves des construits d'intérêts pour la revue systématique (recommandations GRADE).

r : coefficient de corrélation ; Diff.Moy. : différence moyenne ; CCI : coefficient de corrélation intra-classe.

## 4. Discussion

L'objectif principal de la revue systématique est d'étudier les propriétés de mesures de validité des construits fondamentaux en dynamométrie isocinétique : le couple de force, la position angulaire et la vitesse angulaire. Les données relatives à la validité de construit convergente et divergente des trois métriques d'intérêts ont été investiguées pour répondre à la question de recherche.

Les résultats de l'évaluation de la qualité des preuves, par l'approche *GRADE*, se sont révélés très faible pour l'ensemble des construits et propriétés métrologiques étudiés (Tableau VI).

Cette information est à considérer pour l'interprétation des résultats.

### 4.1 Analyse des principaux résultats

#### 4.1.1 Analyse de la validité de construit du couple de force

Les résultats portant sur la validité de construit convergente du couple de force enregistrée par les instruments dynamométriques isocinétiques ont montré des résultats suffisants dans les conditions statique et isocinétique avec un coefficient de corrélation supérieur à 0,94 pour l'ensemble de conditions expérimentales.

Ces résultats sont à mettre en relation avec ceux obtenus par les études qui évaluent la validité de construit divergente du couple de force. Les différences moyennes obtenues entre l'instrument d'intérêt et l'outil comparateur sont inférieures à 3,2% pour le mode statique et inférieures à 9% pour le mode isocinétique.

Il semblerait donc que l'utilisation du mode statique présente une validité de construit plus favorable à celle obtenue à vitesse constante pour l'évaluation du couple de force. Cependant, le caractère propre de l'utilisation de la dynamométrie isocinétique dans l'évaluation de la performance du système neuro-musculaire d'un patient est de réaliser les tests à vitesse constante pour apprécier les qualités musculaires du patient avec l'analyse des relations moment-angle et moment-vitesse angulaire.

Le spectre d'analyse des résultats peut être également exploré en sous-catégorie.

En effet, si l'on considère les vitesses isocinétiques lentes ( $< 90^\circ/s$ ) des vitesses isocinétiques rapides ( $> 90^\circ/s$ ), une analyse approfondie des résultats permet de mettre en évidence les limites d'une interprétation du résultat global.

L'étude de Bembien et al.(1988) montrent qu'à vitesse lente (p.e, 30 et  $60^\circ/s$ ) la différence moyenne (en %) de valeurs de couple de force entre l'instrument isocinétique et son comparateur est égale à  $0,58 \pm 0,12$ . Au contraire, à vitesse rapide (p.e, 180 et  $240^\circ/s$ ), les auteurs obtiennent une différence moyenne (en %) beaucoup plus élevée ( $17,42 \pm 11,90$ ), traduisant une perte de précision dans l'enregistrement du couple de force par l'instrument isocinétique lors d'utilisation de vitesse rapide<sup>[32]</sup>.

Les résultats des autres études incluses dans la revue systématique qui ont étudié la validité de construit du couple de force isocinétique ne permettent pas de conforter cette analyse.

Les conditions d'expérimentation ne comprenant qu'une vitesse angulaire (5°/s) pour l'étude de Patterson et al.(1992), alors que les résultats de Farrell et al.(1988) ne permettent pas la distinction en sous-catégories de vitesses angulaires lentes et rapides, l'ensemble étant uniformiser pour une validité de construit globale<sup>[34,36]</sup>.

La dynamométrie isocinétique est utilisée en clinique pour évaluer la qualité de force maximale d'un patient. D'après la relation moment-vitesse angulaire, enregistrée sur l'amplitude totale de mouvement, plus la vitesse augmente et plus la production de force diminue<sup>[21]</sup>.

Si l'on ajoute la diminution de précision de mesure du couple de force par l'outil dynamométrique à vitesse rapide, il semble pertinent de favoriser l'utilisation de vitesse lente en clinique. Le patient produira alors un couple de force plus important à vitesse lente qu'à vitesse rapide, et la confiance du praticien en la mesure sera plus importante. Par ailleurs, l'interprétation et l'analyse de données plus fiables et valides ne pourront que faciliter et conforter le bilan du praticien pour un suivi optimal du patient dans le temps.

Si l'on apprécie l'ensemble des résultats de la validité de construit du couple de force, il est à noter une homogénéité de ces derniers en faveur de l'utilisation de la dynamométrie isocinétique pour l'évaluation du construit dans des conditions statique et isocinétique, en admettant une préférence pour des vitesses angulaires lentes (30 et 60°/s).

Il est important de tempérer les résultats des études incluses avec le fait qu'elles n'incluent pas une dimension essentielle de l'évaluation de la force en clinique : les caractéristiques intrinsèques du patient.

Dans la littérature, certaines études se sont intéressées à la validité des construits enregistrés par l'appareil isocinétique, notamment du couple de force. C'est le cas des études menées par Guilhem et al.(2014) et Lagassé et al.(1989) qui n'ont pas pu être incluses dans la revue systématique mais qui ont des résultats intéressants à mettre en balance avec ceux obtenus dans la présente revue systématique<sup>[40,42]</sup>.

Les auteurs ont investigué la validité du couple de force sur un échantillon de population et l'ont comparé à la mesure d'outil comparateur permettant une évaluation de la performance du neuro-musculaire du patient.

Une comparaison avec l'activité électromyographique et la surface de coupe du muscle obtenue de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) que l'on peut directement relié à la production de force a été exploré par Guilhem et al.(2014).

L'étude de Lagassé et al.(1989) compare la mesure de l'instrument isocinétique à une mesure par des jauges de contraintes externes placées sur le point d'application de la force du participant de manière appareillée.

Les résultats de ces études évoquent une validité de mesure satisfaisante pour l'évaluation du couple de force et vont également en faveur d'une l'utilisation, lorsqu'elle est disponible, de la dynamométrie isocinétique par le clinicien pour l'évaluation de la force maximale d'un patient.

#### 4.1.2 Analyse de la validité de construit de la position angulaire

La validité de construit convergente de la position angulaire a montré des résultats suffisants avec un coefficient de corrélation supérieur à 0,99.

Dans l'étude de Drouin et al.(2004), cette corrélation est complétée par des données de mesure divergente comme l'erreur moyenne de mesure et son coefficient de variation, respectivement égales à 4,17° et 3%, ce qui permet d'interpréter plus aisément la validité de construit d'un point de vue du clinicien. L'écart entre la mesure du dynamomètre isocinétique et de l'outil comparateur est cliniquement négligeable et la valeur de la position angulaire donnée par l'instrument d'intérêt peut être utilisé avec confiance.

De plus, l'étude de Drouin et al.(2004) est relativement récente avec un système dynamométrique de dernière génération que l'on peut retrouver communément au sein des cliniques actuelles.

La validité de construit divergente de la position angulaire, investiguée par les études de Farrell et al.(1986) et Seger et al.(1988), a obtenu des résultats incertains du fait de l'absence de description des données de manière quantitative<sup>[34,37]</sup>. Les auteurs ont décrit les résultats et la différence entre la mesure par l'instrument d'intérêt et par le comparateur simplement de manière narrative.

Certes les deux auteurs énoncent aucune différence entre les construits des instruments, cependant, la confiance dans les résultats ressort affaiblie même si la démarche expérimentale semble correcte.

Aucune étude sur la validité de construit n'a étudié la position angulaire de manière isocinétique. Il serait donc intéressant que les prochaines études sur cette thématique investiguent la validité de construit de la position angulaire dans un contexte dynamique.

Il est important de rappeler que la revue systématique a pour objectif de faire un état des lieux sur la validité de construit de position angulaire d'un point de vue mécanique, sans échantillon de population. Cependant, aucune donnée sur la validité de mesure de la position angulaire du bras de levier du dynamomètre isocinétique par rapport à celle de l'articulation testée du patient en simultanément n'est disponible.

Pourtant, l'angle donné par l'appareil est bien celui du bras de levier dans l'espace et non celui du patient, ce qui peut mener à un litige lors de l'exploitation des résultats si la différence entre les mesures venait à être importante.

#### 4.1.3 Analyse de la validité de construit de la vitesse angulaire

La validité de construit convergente de la vitesse angulaire a été investiguée par l'étude de Drouin et al.(2004), et a montré des résultats suffisants avec un coefficient de corrélation supérieur à 0,99<sup>[33]</sup>.

Dans son étude, l'auteur évoque une erreur moyenne de mesure sur l'ensemble des vitesses testées (n = 15) de 8,68°/s et un coefficient de variation de 3,66%.

Comme la validité du couple de force, cette étude permet de venir segmenter les résultats obtenus pour différentes vitesses. En effet, si l'on considère les vitesses lentes (p.e, 30 à 90°/s), la différence moyenne de mesure de vitesse angulaire (en °/s) entre l'instrument isocinétique et l'outil comparateur est de 2,55±0,78.



Cependant, l'analyse des résultats pour les vitesses rapides (p.e, 120 à 270°/s) a montré une différence moyenne plus élevée ( $6,73 \pm 3,48$ ) et cette différence est encore plus marquée pour les vitesses considérées très rapides (p.e, 300 à 500°/s) où la différence moyenne (en °/s) est de  $26,92 \pm 14,03$ .

L'analyse plus individuelle de la validité de construit des vitesses angulaires semble donc de se tourner, une nouvelle fois, vers l'intérêt de l'utilisation de vitesse lente en clinique.

Les différentes vitesses testées par cette étude sont intéressantes du fait qu'elles couvrent l'ensemble des vitesses utilisables lors d'évaluation isocinétique. Cependant, il aurait été intéressant d'investiguer plusieurs niveaux de charges expérimentales aux différentes vitesses angulaires et possiblement conforter les résultats satisfaisants de cette étude pour l'utilisation de la dynamométrie isocinétique en clinique. Cette observation est d'autant plus pertinente que l'évaluation isocinétique est aujourd'hui utilisée pour estimer la force maximale d'un patient.

La validité de construit divergente de la vitesse angulaire étudiée par 3 études ont montré un résultat suffisant traduisant une différence moyenne non statistiquement significative et inférieure à 1,5% pour l'ensemble des études. Cependant, la segmentation des résultats en catégorie de vitesse lente et rapide, vient une nouvelle fois montrer une disparité des résultats lorsque cette analyse est réalisée.

Bemben et al. obtiennent une différence moyenne (en °/s) de  $0,34 \pm 0,38$  pour les vitesses lentes (30 et 60°/s). Les résultats considérant les vitesses rapides (180 et 240°/s) obtiennent une différence moyenne de  $6,96 \pm 3,45$ . La précision de l'instrument dynamométrique semble donc suffisante et négligeable cliniquement pour l'utilisation à vitesse lente mais insuffisante pour une utilisation à vitesse rapide dans l'ensemble des résultats.

#### 4.1.4 Synthèse générale sur la validité de construit en dynamométrie isocinétique

La fiabilité des trois construits d'intérêts a fait l'objet de nombreuses études et revues systématiques lorsque l'on étudie les propriétés de mesure de l'appareil isocinétique<sup>[13-16]</sup>.

Toutefois, pour garantir la validité, l'élément de fiabilité ne suffit pas à lui seul, car même un instrument fiable peut ne pas refléter précisément la situation réelle<sup>[17]</sup>. L'évaluation de la validité est tout aussi importante et doit être appréhendée avec la même attention, même si son investigation est plus délicate par la complexité du protocole à mettre en place pour explorer cette propriété de mesure.

En effet, une rigueur scientifique et méthodologique est nécessaire à l'élaboration de protocole d'expérimentation et à l'analyse des données pour obtenir des résultats utiles et valides, la discussion des résultats et les conclusions ne pouvant qu'en être renforcées.

Patterson et al.(1992) ont décrit, en parallèle de leur étude, un protocole d'évaluation de la propriété de mesure de validité des trois construits d'intérêts pour l'instrument isocinétique<sup>[36]</sup>.

Les différentes étapes de ce protocole seraient idéalement, (i) la mesure de l'ensemble des couples de force pouvant être enregistrés par l'instrument isocinétique (incrémentations de couple de 1 Nm), pour chaque position angulaire (incrémentations de 1°) et chaque vitesse angulaire (incrémentations de 5°/sec), (ii) la mesure de l'ensemble des positions angulaires que l'instrument peut enregistrer (incrémentations de 1°), (iii) la mesure de l'ensemble des vitesses angulaires dans toute la plage de mouvement permise par l'instrument et pour chaque couple de force pouvant être enregistré par l'instrument isocinétique (incrémentations de couple de 1 Nm).

La fiabilité peut ensuite être déterminée en répétant l'intégralité du protocole de test à une autre occasion. L'instrument isocinétique mesurant les construits d'intérêts étant comparé à la mesure d'un autre instrument de référence évaluant les mêmes construits de manière appareillée.

Cette approche d'évaluation optimale de la validité des construits d'intérêts (couple de force, position et vitesse angulaire), décrit par Patterson et al.(1992), présente un caractère chronophage évident et ne reflète pas vraiment les protocoles des études explorant cette propriété de mesure.

La faible quantité de preuve pour cette thématique et sur l'évaluation de la validité d'instrument de mesure peut s'expliquer par le caractère contraignant de la mise en place de tel protocole d'expérimentation comparativement à son homologue complémentaire, la fiabilité. Cependant, on peut retrouver des similitudes entre le protocole proposé par Patterson et al.(1992) et des études incluses dans la présente revue systématique.

Les résultats obtenus pour la validité des construits d'intérêts sont en faveur de l'utilisation, lorsqu'elle est disponible, de la dynamométrie isocinétique pour l'évaluation de la force maximale d'un patient.

Cette affirmation est d'autant plus pertinente que les procédures expérimentales ont été réalisées avec des dynamomètres isocinétiques différents. La validité des construits ne semble donc pas dépendre du modèle de dynamomètre utilisé

Une utilisation adaptée de la dynamométrie isocinétique avec un protocole explorant des contractions statiques et dynamiques, de préférence à vitesses lentes (30 à 60°/s), dans des conditions d'expérimentations reproductibles dans le temps (installation, réglages, consignes) et avec une prise en compte de l'apprentissage du patient sur l'appareil par une tâche de familiarisation semblent permettre une évaluation de la force maximale valide et une fiable en clinique pouvant constituer une méthode de caractérisation des qualités musculaires d'un patient.

## 4.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique

La présente revue systématique explore la validité de construit des indicateurs fondamentaux en isocinétisme permettant l'évaluation de la performance du système neuro-musculaire des patients en clinique : le couple de force, la position angulaire et la vitesse angulaire.

L'outil dynamométrique isocinétique permet d'enregistrer et d'analyser, sur toute la plage de mouvement du patient, les relations moment-angle et moment-vitesse angulaire. Ces relations caractérisent les qualités musculaires du patient à un instant t et constituent des indicateurs de progression et d'évolution en rééducation.

Lorsqu'un praticien kinésithérapeute, ou médecin, utilise la dynamométrie isocinétique pour évaluer les performances de son patient, il semble nécessaire que l'enregistrement et l'analyse des résultats soient les plus fiables et valides possibles. Si c'est le cas, le praticien pourra exploiter les résultats avec confiance et effectuer une restitution de qualité au patient. L'objectif principal étant d'assurer un suivi efficient du patient dans le temps.

La dynamométrie isocinétique, lorsqu'elle est disponible, représente l'instrument de référence pour l'estimation de la force maximale en clinique.

Les propriétés de mesure de fiabilité et de validité, malgré un risque de biais élevé et une qualité de preuve très faible, ont montré que son utilisation personnalisée peut permettre de caractériser avec confiance les qualités musculaires du patient.

Les revues systématiques portant sur la propriété de mesure de fiabilité et la présente revue systématique sur la validité de construit peuvent donc orienter le praticien à utiliser cette technologie lorsqu'elle est disponible.

Cependant, il faut rester vigilant en différenciant la fiabilité et la validité de l'outil par rapport à celles de la mesure.

En effet, dans la présente revue systématique, il est question de la validité des construits de l'appareil de mesure d'un point de vue mécanique, sans intégration d'une composante essentielle quand il est question d'évaluation de la performance du système neuro-musculaire : les caractéristiques intrinsèques du patient.

Le protocole d'évaluation mise en place par le praticien doit respecter des notions physiologiques de bases et une rigueur d'installation pour éviter d'interpréter des valeurs erronées<sup>[5]</sup>.

Par exemple, un patient qui réalise un test isocinétique pour la première fois n'a pas le même niveau de contrôle moteur pour la tâche demandée qu'un patient qui s'est entraîné durant toute sa rééducation avec l'outil ou qui a déjà réalisé un test auparavant.

La notion de familiarisation avec la tâche à réaliser est essentielle à prendre en compte pour s'assurer que les différences de performance observées ne soient pas dû à un processus d'apprentissage du patient évaluée.

Dans la continuité des notions fondamentales à considérer pour une évaluation efficiente en isocinétisme, ou plus globalement dans l'évaluation de la production de force en clinique, il semble pertinent d'évoquer la notion de standardisation du protocole de test.

La dynamométrie isocinétique permet une estimation de la force du patient à travers un ensemble de moment de force produit autour et à distance d'une articulation.

L'installation standardisée et individualisée pour chaque patient paraît nécessaire pour minimiser les erreurs de mesure pouvant être dues à des facteurs d'installation. Plus important encore, pour assurer un suivi optimal du patient à travers le temps et comparer des mesures intra- ou inter-patient, comme des normes spécifiques à une population, il est nécessaire de standardiser les mesures d'installations du patient et de placement des outils de mesure et accessoires.

Cette rigueur d'installation pouvant être propre à chaque praticien, l'essentiel étant qu'il reproduise la procédure avec l'ensemble de ces patients.

Au-delà des procédures de familiarisation et d'installation du patient avec l'outil de mesure, il est intéressant de venir observer les données enregistrées et questionner l'utilisation qui en est faite.

Indépendamment du protocole de test et de la méthode d'analyse, l'outil isocinétique présente donc une fiabilité et une validité satisfaisantes pour évaluer la performance du système neuro-musculaire d'un patient.

Il semble important de rappeler que l'évaluation isocinétique reste une évaluation analytique, mono-articulaire et par extension une évaluation que l'on qualifie de non-fonctionnelle. Elle est la référence pour estimer la force maximale d'un patient et s'inscrit dans un *cluster* de forces définissant les qualités musculaires d'un patient.

La dynamométrie isocinétique doit donc être prise dans un ensemble d'outil d'évaluation des qualités musculaires d'un patient, comme l'évaluation de la force d'endurance, explosive, réactive et le profil psychologique du patient constituant des critères tout aussi important dans la décision de retour au sport, à la compétition ou aux activités antérieures d'un patient<sup>[7]</sup>.

Un des principaux facteurs limitants de l'utilisation de la dynamométrie isocinétique en clinique ne réside pas dans la rigueur, les compétences nécessaires et les propriétés de mesures mais dans le coût de l'appareil qui reste très onéreux et peu accessible pour la majorité des cliniciens.

Il convient donc de recommander l'utilisation cette technologie lorsqu'elle est disponible, mais surtout de ne pas restreindre l'évaluation de la force en clinique à cette technologie.

Il existe aujourd'hui des outils financièrement accessibles et qui permettent l'exploration des composantes de la force d'un patient.

L'utilisation de la dynamométrie manuelle, de plateforme de force et de l'analyse cinématique constitue une évaluation honorable de la performance du système neuro-musculaire d'un patient et reste plus accessible et très documentée dans les bases de données.

La clef de voûte pour une mesure valide et fiable, permettant une analyse cohérente et une orientation ciblée de la rééducation d'un patient demeurant dans la rigueur et les compétences du praticien.

#### **4.3 Intérêt des résultats pour le domaine de la recherche**

En recherche, il est difficile d'évaluer la validité par rapport à la fiabilité, mais l'évaluation de la validité est tout aussi importante. Il est très important que la méthodologie et les méthodes de collecte de données soient valides pour obtenir des résultats utilisables. Cela garantit également que la discussion des résultats et les conclusions tirées soient également valables.

L'exploration de la propriété de mesure de validité est complexe et la mise en place de protocole expérimental exigeante font que la littérature disponible sur la thématique abordée dans la présente revue systématique est assez maigre.

Les études incluses sont, pour la plupart, réalisées avant l'an 2000. Il conviendrait d'évaluer la validité des construits d'intérêts avec les appareils de mesure de dernière génération et qui sont aujourd'hui utilisés en clinique. De plus, l'avancée technologique des 30 dernières années a amené des outils pouvant être utilisés comme comparateurs de l'instrument isocinétique avec un niveau de précision plus élevé que ceux présents dans les études incluses.

C'est le cas notamment pour le construit de la position angulaire qui pourrait être comparé à la mesure d'un goniomètre électronique, et de la vitesse angulaire pouvant être comparée à la mesure d'un système de mesure cinématique de dernière génération par exemple.

Enfin, il est évident que le protocole proposé par Patterson et al.(1992) est chronophage mais les futures études investiguant la validité des construits fondamentaux de l'appareil isocinétique pourrait s'inspirer de ce dernier<sup>[36]</sup>.

L'inclusion de participant serait également intéressante pour se rapprocher au plus près de la pratique clinique. Les interrogations actuelles dans le domaine de la recherche s'orientent vers la validité de construit de la position angulaire donnée par l'appareil isocinétique et la position angulaire réelle de l'articulation testée. Plusieurs facteurs pourraient être à l'origine d'une divergence entre les mesures, notamment la déformation des tissus mous du patient sur le siège de l'appareil qui n'est pas prise en compte dans la mesure faite par l'outil isocinétique et pouvant mener à une différence d'angulation potentiellement importante et une interprétation de données erronées.

Pour rappel, les mesures isocinétiques prennent en compte une dimension essentielle de la contraction musculaire : la relation moment-angle<sup>[19]</sup>. Cependant, en pratique clinique, les données quantitatives recueillies de cette relation ne sont pas exploitées par le clinicien.

L'analyse conventionnelle consiste en une comparaison de pic de couple, réduisant les données continues de moments de force en fonction du temps à une valeur unique. Cette approche par comparaison de valeurs discrètes peut mener à une perte d'information sur la performance neuro-musculaire du patient et une sous-estimation d'un déficit de force potentiel<sup>[46,47]</sup>.

Une analyse complémentaire à celle par pic de couple est explorée depuis quelques années dans le domaine de la recherche. Elle consiste en la comparaison de valeurs continues, c'est-à-dire le profil couple de force-angle sur toute la plage de mouvement<sup>[46-49]</sup>.

Cette approche pourrait apporter un complément d'information essentiel dans la pratique clinique par la considération de la relation moment-angle sur toute l'amplitude de mouvement lors de l'évaluation de la force du patient.

L'analyse par comparaison de valeurs continues, c'est-à-dire la comparaison du couple de force à tous les angles, permettrait de mieux identifier et interpréter les éventuels déficits de force<sup>[46-49]</sup>. Un indice d'asymétrie glissant pourrait être une des variables exploitable<sup>[50]</sup>.

En considérant le couple de force sur l'ensemble de la plage angulaire, il faut s'assurer que le couple de force produit par le patient soit maximal à chaque angle, du début à la fin de la contraction. Cette nouvelle approche de la dynamométrie isocinétique nécessite donc quelques adaptations de protocole.

Dans la littérature, le concept de précharge, ou pré-activation, a été exploré dans des conditions isocinétiques pour estimer son impact sur la fiabilité de la mesure de couple, notamment sur la variabilité de la production de force<sup>[51-56]</sup>. Les auteurs décrivent une diminution de la variabilité du pic de couple à mesure que le niveau de pré-activation augmente<sup>[51-56]</sup>.

L'utilisation d'une pré-activation isométrique précédant la contraction isocinétique lors d'une évaluation de la force maximale d'un patient pourrait permettre de s'assurer que le couple de force est maximal sur l'ensemble de la plage angulaire de mouvement. Le niveau d'activation du système neuro-musculaire pouvant être favorisé par cette pré-activation.

La comparaison des niveaux de force en fonction de l'angle (données continues) semble être une analyse complémentaire nécessaire à l'analyse des valeurs maximales (données discrètes) en dynamométrie isocinétique.

#### 4.4 Biais potentiels de la revue systématique

La présente revue systématique a suivi les lignes de recommandations *COSMIN* pour l'élaboration, le recueil et l'analyse des données disponibles sur la validité de construit des indicateurs suivants : le couple de force, la position et la vitesse angulaire, issus de l'évaluation dynamométrique isocinétique<sup>[30]</sup>.

Ces recommandations étant basées sur le modèle *PRISMA*, il est intéressant d'utiliser l'outil *PRISMA checklist* pour faire un état des lieux de la composition de la revue<sup>[28,29]</sup>. Toutes les parties et sous-parties énoncées dans cet outil ont été respecté et adapté pour la rédaction de la revue systématique.

L'analyse de biais potentiels de la revue systématique a été investigué par l'échelle de cotation *ROBIS tool*<sup>[57]</sup>. Cet outil segmente l'évaluation du risque biais de la revue en 4 parties permettant ensuite d'apprécier le risque de biais global de la revue.

Le principe « du pire score compte » a été utilisé pour établir le risque de biais de la revue.

Si l'on prend les résultats de chaque partie individuellement, les critères d'éligibilité de la revue présente une préoccupation de risque de biais élevée du fait des critères d'inclusion qui ne permettent pas d'inclure des études avec échantillon de population.

Les décisions prises par l'auteur de la revue (JB) concernant ce critère tient compte de l'objectif principal de la revue, qui est de regrouper un nombre de preuves sur les construits fondamentaux enregistrées par le dynamomètre isocinétique et s'assurer que l'outil mesure le construit qu'il est censé mesurer mécaniquement.

L'identification et la sélection des études montrent également des préoccupations élevées de risque de biais. Cette notation peut s'expliquer par le fait que l'auteur de la revue (JB), en suivant les lignes directrices *COSMIN* d'élaboration de revue systématique clinimétrique, a investigué au moins deux bases de données différentes (PubMed, Cochrane), en omettant l'exploration de bases de données plus spécifiques à la clinimétrie (Embase, SportsDiscuss).

Cependant, il convient de remarquer l'accès restreint de ces bases de données, l'auteur a donc privilégié l'accessibilité à l'information au plus grand nombre.

Malgré une préoccupation élevée de risque de biais dû à une limitation dans l'exploration des bases de données, l'auteur a pu contacter 3 experts dans le domaine de la dynamométrie isocinétique.

Les compléments d'informations, l'apport d'articles supplémentaires et les discussions sur le thème abordé ont permis de consolider l'élaboration de la revue systématique. Une remarque pertinente ressortie lors de la consultation d'expert, est la construction de l'équation de recherche qui devra être plus aboutie et spécifique afin de ne pas passer à côté d'articles présentant les critères d'inclusions de la revue (utilisation de la fonction *Mesh Term*).

Enfin, la restriction de la sélection des articles à 2 langues (anglais, français) pourrait être étendue (espagnol, allemand, italien, chinois) et donc apporter des articles supplémentaires à inclure dans la revue. Cependant, une maîtrise des différents langages aurait été nécessaire pour une lecture et une compréhension optimales des articles.

La collection des données et l'évaluation des études présentent une préoccupation de risque de biais faible. Les lignes de recommandations *COSMIN* ont été le fil rouge de l'élaboration de la revue

systematique, et semble être l'outil le plus adapté à la construction d'une revue systematique clinimetrique.

L'outil d'évaluation du risque de biais des études *QUADAS-2* est venu compléter l'outil *COSMIN Risk of Bias* pour avoir l'échelle la plus complète et la plus spécifique possible pour un thème abordant les propriétés clinimetriques d'un instrument de mesure.

Même si aucun consensus n'est encore décrit pour l'élaboration et l'utilisation d'outil spécifique pour une revue systematique clinimetrique, le choix de l'auteur de la revue (JB) s'est porté sur le regroupement et l'extraction d'outils les plus pertinents actuellement disponibles, permettant une limitation acceptable du risque de biais.

Les préoccupations concernant la synthèse et les conclusions des résultats présentent un niveau élevé de risque de biais du fait de la robustesse des résultats, notamment par le faible nombre d'études incluses et la qualité de ces dernières. L'analyse qualitative de la revue systematique n'est pas accompagnée d'une analyse quantitative.

Le caractère non comparable des conditions d'expérimentations, des méthodes statistiques utilisées et des outils comparateurs pour l'ensemble des études incluses constituent les raisons de l'absence de méta-analyse.

La présente revue systematique présente donc un risque de biais élevé. Cependant, il est important de noter que les résultats obtenus n'ont pas simplement été abordé par le versant significatif des statistiques mais également par la pertinence clinique.

La sous-catégorisation des résultats (vitesse lente et rapide) exprimé en différentes unités permet de se projeter plus aisément dans l'applicabilité clinique des résultats.

Enfin, il est important de noter que l'élaboration d'une revue systematique nécessite plusieurs auteurs pour limiter le nombre de biais des différentes étapes citées précédemment. La présente revue n'a été élaboré par un seul auteur (JB).

Le travail présenté pour ce mémoire manque évidemment d'expertise dans les domaines de la méthodologie de recherche, des statistiques, de la clinique mais constitue une première approche formatrice de ces derniers afin d'obtenir les bases de construction d'une revue systematique pour ancrer, dans une pratique professionnelle future, une démarche fondée sur les preuves.

## 5. Conclusion

La présente revue systématique a pour objectif d'étudier les propriétés de mesures de validité des construits fondamentaux en dynamométrie isocinétique : le couple de force, la position angulaire et la vitesse angulaire. Le critère de sélection principal porte sur la non-inclusion d'échantillon de population afin de se focaliser sur les propriétés de mesure mécaniques de l'outil et pouvoir répondre à la question : un dynamomètre isocinétique mesure-t-il les construits qu'il est censé mesurer ?

Malgré un risque de biais important et une qualité de preuve très faible, la présente revue de littérature peut témoigner que, pour les études incluses, les dynamomètres isocinétiques fournissent des mesures mécaniquement valides pour les indicateurs de couple de force, de position, et de vitesse angulaire.

Si l'on ajoute les résultats de la revue systématique aux études portant sur la propriété de mesure de fiabilité des construits de l'outil dynamométrique isocinétique, il convient de témoigner du haut niveau de fiabilité et validité mécanique de cet appareil de mesure. Particulièrement avec l'utilisation de vitesses lentes (30 à 60°/s), qui permettent une production de force accrue par le patient et présentent des propriétés de validité des construits plus satisfaisantes qu'à vitesses rapides (> 90 °/s).

La dynamométrie isocinétique permet l'enregistrement des relations moment-angle et moment-vitesse angulaire sur l'ensemble de la plage de mouvement. Ces relations définissent les qualités musculaires du patient, il est donc d'autant plus intéressant de les utiliser pour se questionner sur l'utilisation de vitesses lentes par rapport aux vitesses rapides, le but étant d'évaluer la force maximale du patient.

L'établissement des capacités de mesure mécanique du dynamomètre isocinétique, sans erreur potentielle introduite par des performances humaines variables, constitue la première étape pour garantir que la mesure réalisée évalue la fonction physiologique d'un patient qui est cliniquement pertinente avec une cohérence acceptable.

Pour autant, la fiabilité de l'outil ne garantit pas la fiabilité de la mesure qui peut être influencée par le niveau de force produite par le patient. Il convient donc de noter que plusieurs facteurs, intrinsèques et extrinsèques au patient, peuvent affecter les propriétés de la mesure lors d'une performance réalisée : la position, le système de fixation, le protocole de test, les facteurs biologiques du patient, l'échauffement, la familiarisation avec la tâche, la motivation<sup>[2,3,5,53]</sup>. La précision de mesure de la force maximale évaluée n'étant pas uniquement fonction des propriétés clinométriques de l'outil de mesure.

La dynamométrie isocinétique est donc décrite, dans les domaines de la santé, de la performance et de la recherche, comme l'instrument de référence de l'évaluation de la force maximale lorsqu'elle est disponible pour le praticien et pour un patient spécifique.

Cette évaluation analytique et mono-articulaire fait partie intégrante des prises de décision pour un retour au sport, à la compétition ou à l'activité antérieure du patient dans le cas de nombreuses pathologies. Elle peut s'accompagner de tests plus fonctionnels et permet à terme de regrouper un *cluster* de données caractérisant les qualités musculaires d'un patient<sup>[5,58]</sup>.

L'ensemble des résultats décrits dans la présente revue de littérature, l'exploration d'une nouvelle méthode d'analyse par comparaison de profil et l'utilisation d'une pré-activation maximale isométrique traduisent la réflexion qui gravite autour de l'isocinétisme et du questionnement permanent sur l'évaluation clinique des performances du système neuro-musculaire d'un patient.



## Bibliographie

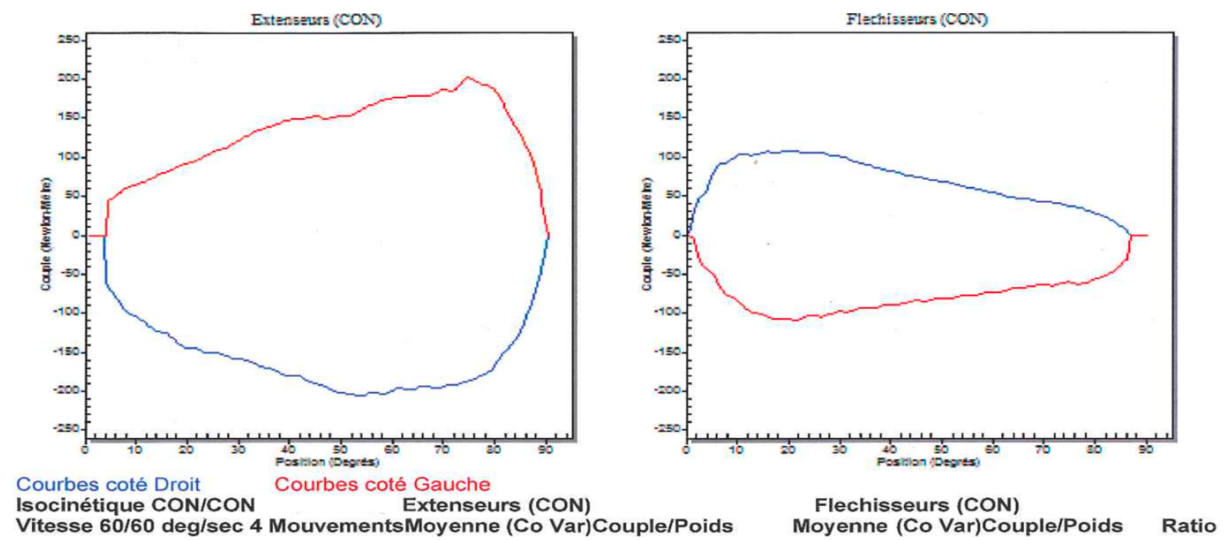
- [1] Jean-Marc Guillaumot. Apport de la dynamométrie isocinétique dans l'appréciation de la qualité et de la participation active à l'effort : détection des contractions musculaires sous-maximales. Sciences du Vivant [q-bio]. 2001. hal-01732924
- [2] Pierre Samozino. Capacités mécaniques des membres inférieurs et mouvements explosifs. Approches théoriques intégratives appliquées au saut vertical. Sciences du Vivant [q-bio]. Université Jean Monnet - Saint-Etienne, 2009.
- [3] Édouard P, Degache F, Depiesse F. Guide d'isocinétisme: l'évaluation isocinétique des concepts aux conditions sportives et pathologiques. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2016. (Collection Sport).
- [4] Cabri JMH. Isokinetic strength aspects in human joints and muscles. Applied Ergonomics. oct 1991;22(5):299-302.
- [5] Gleeson NP, Mercer TH. The Utility of Isokinetic Dynamometry in the Assessment of Human Muscle Function: Sports Medicine. janv 1996;21(1):18-34.
- [6] Stone C, Nolan B, Lawlor P, Kenny R. Hand-held dynamometry: tester strength is paramount, even in frail populations. J Rehabil Med. 2011;43(9):808-11.
- [7] Urhausen AP, Berg B, Øiestad BE, Whittaker JL, Culvenor AG, Crossley KM, et al. Measurement properties for muscle strength tests following anterior cruciate ligament and/or meniscus injury: What tests to use and where do we need to go? A systematic review with meta-analyses for the OPTIKNEE consensus. Br J Sports Med. déc 2022;56(24):1422-31
- [8] Codine P, Bernard PL, Pocholle M, Herisson C. Évaluation et rééducation des muscles de l'épaule en isocinétisme : méthodologie, résultats et applications. Annales de Réadaptation et de Médecine Physique. mars 2005;48(2):80-92.
- [9] Kannus P. Isokinetic Evaluation of Muscular Performance. Int J Sports Med. janv 1994;15(S 1):S11-8.
- [10] Université D, Jules DP. Thèse de Doctorat Maryne Cozette isocinétique 2019.
- [11] Brown LE, Weir JP. ASEP procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. J Exerc Physiol Online 2001;4:1-21.
- [12] Pallot A. Evidence Based Practise en rééducation : Démarche pour une pratique raisonnée. 1<sup>e</sup> éd. Elsevier; 2019. (Elsevier Masson).
- [13] Contreras-Díaz G, Chiroso-Ríos LJ, Chiroso-Ríos I, Intelangelo L, Jerez-Mayorga D, Martinez-Garcia D. Reliability of Isokinetic Hip Flexor and Extensor Strength Measurements in Healthy Subjects and Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. IJERPH. 28 oct 2021;18(21):11326.
- [14] Edouard P, Samozino P, Julia M, Cervera SG, Vanbiervliet W, Calmels P, et al. Reliability of Isokinetic Assessment of Shoulder-Rotator Strength: A Systematic Review of the Effect of Position. Journal of Sport Rehabilitation. août 2011;20(3):367-83.

- [15] Maffiuletti NA, Bizzini M, Desbrosses K, Babault N, Munzinger U. Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. *Clin Physio Funct Imaging*. nov 2007;27(6):346-53.
- [16] Reyes-Ferrada W, Chiroso-Rios L, Martinez-Garcia D, Rodríguez-Perea Á, Jerez-Mayorga D. Reliability of trunk strength measurements with an isokinetic dynamometer in non-specific low back pain patients: A systematic review. *BMR*. 2 sept 2022;35(5):937-48.
- [17] Ahmed I, Ishtiaq S. Reliability and validity: Importance in Medical Research. *J Pak Med Assoc*. 2021;71(10).
- [18] Servant G, Barrue-Belou S, Gojanovic B, Fourchet F. Éviter les biais cognitifs : exemple lors de l'évaluation quantifiée de la force musculaire. *Revue Médicale Suisse*. 2023;19(835):1370-3.
- [19] Thorstensson A, Grimby G, Karlsson J. Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology*. 1 janv 1976;40(1):12-6.
- [20] Alice Mazure-Bonnefoy. Modèle cinématique et dynamique tridimensionnel du membre inférieur : Estimation des forces musculaires et des réactions articulaires au cours de la phase d'appui de la marche. *Sciences du Vivant [q-bio]*. Université Claude Bernard - Lyon I, 2006.
- [21] Gülch R. Force-Velocity Relations in Human Skeletal Muscle. *Int J Sports Med*. janv 1994;15(S 1):S2-10.
- [22] Colson S, Pousson M, Martin A, Van Hoecke J. Isokinetic elbow flexion and coactivation following eccentric training. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. janv 1999;9(1):13-20.
- [23] Rostagno S, Tourlet C, Pallot A. Rééducation en neurologie, Éléments pour une pratique clinique raisonnée. Elsevier M. 2021.
- [24] Frontera WR, Ochala J. Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. *Calcif Tissue Int*. mars 2015;96(3):183-95.
- [25] Lieber RL, Bodine-Fowler SC. Skeletal Muscle Mechanics: Implications for Rehabilitation. *Physical Therapy*. 1 déc 1993;73(12):844-56
- [26] Nguyen S, Bourouina R. Manuel d'anatomie et de physiologie. Editions L. 2014.
- [27] Jean-Sébastien Affagard. Identification des propriétés hyperélastiques des muscles de la cuisse à l'état passif : couplage des techniques de corrélation d'images aux techniques d'imagerie médicale. *Human health and pathology*. Université de Technologie de Compiègne, 2013.
- [28] Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie, la Revue*. janv 2015;15(157):39-44.
- [29] Mateo S. Procédure pour conduire avec succès une revue de littérature selon la méthode PRISMA. *Kinésithérapie, la Revue*. oct 2020;20(226):29-37.
- [30] Mokkink LB, De Vet HCW, Prinsen CAC, Patrick DL, Alonso J, Bouter LM, et al. COSMIN Risk of Bias checklist for systematic reviews of Patient-Reported Outcome Measures. *Qual Life Res*. mai 2018;27(5):1171-9.

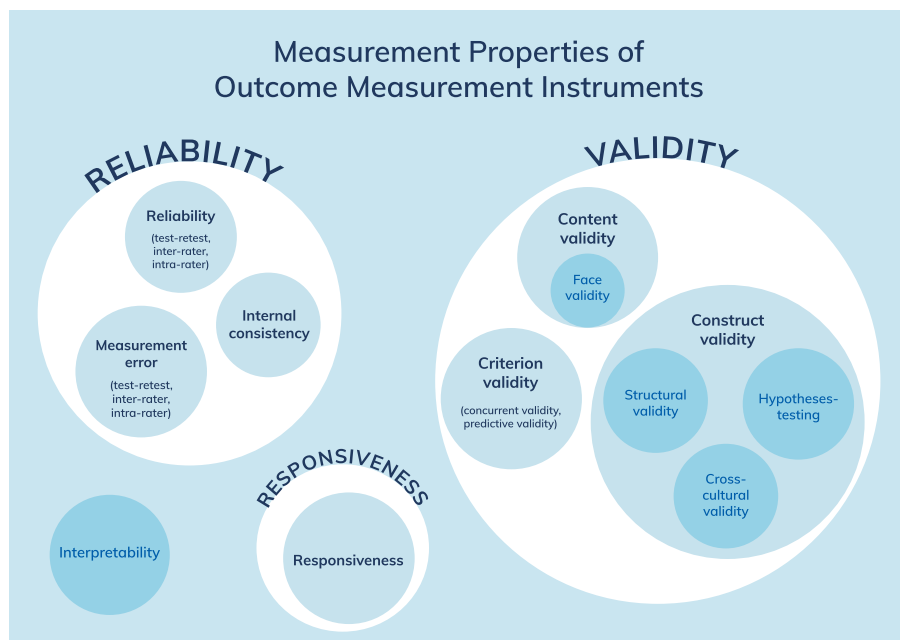
- [31] Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, Kunz R, Falck-Ytter Y, Alonso-Coello P, et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ*. 26 avr 2008;336(7650):924-6.
- [32] Bembien MG, Grump KJ, Massey BH. Assessment of Technical Accuracy of the Cybex II<sup>®</sup> Isokinetic Dynamometer and Analog Recording System. *J Orthop Sports Phys Ther*. juill 1988;10(1):12-7.
- [33] Drouin JM, Valovich-mcLeod TC, Shultz SJ, Gansneder BM, Perrin DH. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European Journal of Applied Physiology*. 1 janv 2004;91(1):22-9.
- [34] Farrell M, Richards GR. Analysis of the reliability and validity of the kinetic communicator exercise device. *American College of Sports Medicine*. 1986;18(1):44-9.
- [35] Moffroid M, Whipple R, Hofkosh J, Lowman E, Thistle H. A Study of Isokinetic Exercise. *Physical Therapy*. 1 juill 1969;49(7):735-47.
- [36] Patterson LA, Spivey WE. Validity and Reliability of the LIDO Active Isokinetic System. *J Orthop Sports Phys Ther*. janv 1992;15(1):32-6.
- [37] Seger JY, Westing SH, Hanson M, Karlson E, Ekblom B. A new dynamometer measuring concentric and eccentric muscle strength in accelerated, decelerated, or isokinetic movements: Validity and reproducibility. *Europ J Appl Physiol*. mai 1988;57(5):526-30.
- [38] Taylor NAS, Sanders RH, Howick EI, Stanley SN. Static and dynamic assessment of the Biodex dynamometer. *European Journal of Applied Physiology*. 2 oct 1990;62:180-8.
- [39] Cotte T, Ferret JM. Comparative study of two isokinetics dynamometers: CYBEX NORM vs CONTREX MJ. *IES*. 12 févr 2003;11(1):37-43.
- [40] Guilhem G, Giroux C, Couturier A, Maffiuletti NA. Validity of trunk extensor and flexor torque measurements using isokinetic dynamometry. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. déc 2014;24(6):986-93.
- [41] Kaminski TW, Perrin DH, Mattacola CG, Szczerba JE, Bernier JN. The Reliability and Validity of Ankle Inversion and Everson Torque Measurements from the Kin Com II Isokinetic Dynamometer. *Journal of Sport Rehabilitation*. août 1995;4(3):210-8.
- [42] Lagassé PP, Katch F, Katch V, Roy MA. Reliability and Validity of the Omnitron Hydraulic Resistance Exercise and Testing Device. *Int J Sports Med*. déc 1989;10(06):455-9.
- [43] Tis LL, Perrin DH. Validity of Data Extraction Techniques on the Kinetic Communicator (KinCom) Isokinetic Device. *IES*. 1 avr 1993;3(2):96-100.
- [44] Westblad P, Svedenhag J, Rolf C. The Validity of Isokinetic Knee Extensor Endurance Measurements with Reference to Treadmill Running Capacities. *Int J Sports Med*. févr 1996;17(02):134-9.
- [45] Zawadzki J, Bober T, Siemie A. Validity analysis of the Biodex System 3 dynamometer under static and isokinetic conditions.

- [46] Baumgart C, Welling W, Hoppe MW, Freiwald J, Gokeler A. Angle-specific analysis of isokinetic quadriceps and hamstring torques and ratios in patients after ACL-reconstruction. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* déc 2018;10(1):23.
- [47] Read PJ, Trama R, Racinais S, McAuliffe S, Klauznicer J, Alhammoud M. Angle specific analysis of hamstrings and quadriceps isokinetic torque identify residual deficits in soccer players following ACL reconstruction: a longitudinal investigation. *Journal of Sports Sciences.* 18 avr 2022;40(8):871-7.
- [48] Alhammoud M, Morel B, Hansen C, Wilson M, Mecca R, Nael E, et al. Discipline and Sex Differences in Angle-specific Isokinetic Analysis in Elite Skiers. *Int J Sports Med.* mai 2019;40(05):317-30.
- [49] Hart LM, Izri E, King E, Daniels KAJ. Angle-specific analysis of knee strength deficits after ACL reconstruction with patellar and hamstring tendon autografts. *Scandinavian Med Sci Sports.* déc 2022;32(12):1781-90.
- [50] Parkinson AO, Apps CL, Morris JG, Barnett CT, Lewis MGC. The Calculation, Thresholds and Reporting of Inter-Limb Strength Asymmetry: A Systematic Review. *jsportscimed.* 10 août 2021;594-617.
- [51] De Morton NA, Keating JL. The effect of preload on variability in dynamometric measurements of knee extension. *Eur J Appl Physiol.* févr 2002;86(4):355-62.
- [52] Jensen RC, Warren B, Laursen C, Morrissey MC. Static pre-load effect on knee extensor isokinetic concentric and eccentric performance: *Medicine & Science in Sports & Exercise.* janv 1991;23(1):10??14.
- [53] Keating JL, Matyas TA. The Influence of Subject and Test Design on Dynamometric Measurements of Extremity Muscles. *Physical Therapy.* 1 août 1996;76(8):866-89.
- [54] Keating JL, Matyas TA. Unpredictable error in dynamometry measurements: a quantitative analysis of the literature. *IES.* 1 juill 1998;7(3):107-21.
- [55] Narici MV, Sirtori MD, Mastore S, Mognoni P. The effect of range of motion and isometric pre-activation on isokinetic torques. *Europ J Appl Physiol.* 1991;62(3):216-20.
- [56] Newell KM, Carlton LG. Force Variability in Isometric Responses. *Journal of Experimental Psychology.* 1988;14(1):37-44.
- [57] Whiting P, Savović J, Higgins JPT, Caldwell DM, Reeves BC, Shea B, et al. ROBIS: A new tool to assess risk of bias in systematic reviews was developed. *Journal of Clinical Epidemiology.* janv 2016;69:225-34.
- [58] Sørensen L, Oestergaard LG, Van Tulder M, Petersen AK. Measurement Properties of Isokinetic Dynamometry for Assessment of Shoulder Muscle Strength: A Systematic Review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* mars 2021;102(3):510-20.

## Annexe



**Annexe 1 :** Relation moment-angle du muscle strié squelettique, obtenue par des mesures isocinétiques (issue de ressources personnelles à l'auteur de la revue systématique).



**Annexe 2 :** Taxonomie des propriétés de mesure issue des recommandations COSMIN, basée sur un consensus international<sup>[30]</sup>.

<b>Box 9. Hypotheses testing for construct validity</b>					
<b>9a. Comparison with other outcome measurement instruments (convergent validity)</b>					
<i>Design requirements</i>	<b>very good</b>	<b>adequate</b>	<b>doubtful</b>	<b>inadequate</b>	<b>NA</b>
1 Is it clear what the comparator instrument(s) measure(s)?	Constructs measured by the comparator instrument(s) is clear			Constructs measured by the comparator instrument(s) is not clear	
2 Were the measurement properties of the comparator instrument(s) sufficient?	Sufficient measurement properties of the comparator instrument(s) in a population similar to the study population	Sufficient measurement properties of the comparator instrument(s) but not sure if these apply to the study population	Some information on measurement properties of the comparator instrument(s) in any study population	No information on the measurement properties of the comparator instrument(s), OR evidence of insufficient measurement properties of the comparator instrument(s)	

**Annexe 1** : Critères d'évaluation du risque de biais d'une étude portant sur la validité de construit (domaines 1 et 2), selon les recommandations COSMIN<sup>[30]</sup>.

<i>Statistical methods</i>				
3 Were design and statistical methods adequate for the hypotheses to be tested?	Statistical methods applied appropriate	Assumable that statistical methods were appropriate	Statistical methods applied NOT optimal	Statistical methods applied NOT appropriate

**Annexe 4** : Critères d'évaluation du risque de biais d'une étude portant sur la validité de construit (domaine 3), selon les recommandations COSMIN<sup>[30]</sup>.

**DOMAINE 2 : TEST EVALUE**  
**Si plus d'un test est évalué, veuillez répondre à ces questions pour chaque test**

**A. Risque de biais**

Décrivez le test évalué, comment il a été réalisé et interprété :

❖ Les résultats du test évalué ont-ils été interprétés sans avoir connaissance des résultats du test de référence ? Oui/Non/Incertain

❖ Si un seuil de décision a été utilisé, a-t-il été spécifié ? Oui/Non/Incertain

**La réalisation ou l'interprétation du test a-t-elle pu introduire un biais ?**  
**RISQUE : FAIBLE/ELEVÉ/INCERTAIN**

**B. Préoccupations sur l'applicabilité**

**Il y a-t-il une préoccupation quant au fait que le test évalué, dans sa réalisation, interprétation, diffère de la question de recherche ?**  
**PREOCCUPATION : FAIBLE/ELEVÉE/INCERTAINE**

**Annexe 5** : Critères d'évaluation du risque de biais d'une étude portant sur la validité de construit sur l'échelle QUADAS-2 (domaines 2.A et 2.B)<sup>[23]</sup>.

**DOMAINE 3 : TEST DE REFERENCE**

**A. Risque de biais**

Décrivez le test de référence, comment il a été réalisé et interprété :

❖ Le test de référence est-il susceptible de correctement identifier la pathologie recherchée ? Oui/Non/Incertain

❖ Les résultats du test de référence ont-ils été interprétés sans avoir connaissance des résultats du test évalué ? Oui/Non/Incertain

**La réalisation ou l'interprétation du test de référence a-t-elle pu introduire un biais ?**  
**RISQUE : FAIBLE/ELEVÉ/INCERTAIN**

**Annexe 6 :** Critères d'évaluation du risque de biais d'une étude portant sur la validité de construit sur l'échelle QUADAS-2 (domaine 3.A)<sup>[23]</sup>.

Reliability	+	ICC or weighted Kappa $\geq 0.70$
	?	ICC or weighted Kappa not reported
	-	ICC or weighted Kappa $< 0.70$
Measurement error	+	SDC or LoA $< MIC^5$
	?	MIC not defined
	-	SDC or LoA $> MIC^5$
Hypotheses testing for construct validity	+	The result is in accordance with the hypothesis <sup>7</sup>
	?	No hypothesis defined (by the review team)
	-	The result is not in accordance with the hypothesis <sup>7</sup>
Cross-cultural validity\measurement invariance	+	No important differences found between group factors (such as age, gender, language) in multiple group factor analysis OR no important DIF for group factors (McFadden's $R^2 < 0.02$ )
	?	No multiple group factor analysis OR DIF analysis performed
	-	Important differences between group factors OR DIF was found
Criterion validity	+	Correlation with gold standard $\geq 0.70$ OR AUC $\geq 0.70$
	?	Not all information for '+' reported
	-	Correlation with gold standard $< 0.70$ OR AUC $< 0.70$
Responsiveness	+	The result is in accordance with the hypothesis <sup>7</sup> OR AUC $\geq 0.70$
	?	No hypothesis defined (by the review team)
	-	The result is not in accordance with the hypothesis <sup>7</sup> OR AUC $< 0.70$

**Annexe 7 :** Comparaison des résumés de preuves à des critères de mesure optimale pour les différentes propriétés de mesure, d'après les recommandations COSMIN<sup>[30]</sup>.

**Titre (en Français) :** Validité de construit du couple de force, de la position angulaire et de la vitesse angulaire en dynamométrie isocinétique : une revue systématique.

**Titre (en anglais) :** Construct validity in isokinetic dynamometry : torque, angle and velocity, a systematic review.

**Nombre de pages (avec les annexes) :** 50

**Directeur de Mémoire :** Mr ROSTAGNO Stephan

**Résumé (en français) (en minuscule) :**

En clinique, la performance du système neuro-musculaire peut être évaluée de différentes méthodes. La dynamométrie isocinétique, lorsqu'elle est disponible, est l'outil de référence pour estimer la qualité de force maximale d'un patient. Les construits fondamentaux mesurés lors d'une évaluation isocinétique sont le couple de force, la position angulaire et la vitesse angulaire. L'objectif de la revue systématique est d'explorer la validité des construits d'un point de vue mécanique, sans échantillon de population. Le but étant de questionner l'utilisation de l'outil dynamométrique isocinétique en clinique. Pour répondre à la question de recherche, 7 études ont été incluses dans la revue systématique. Les validités de construits du couple de force, de la position angulaire et de la vitesse angulaire ont montré des résultats suffisants, avec un risque biais élevé et une qualité de preuve très faible, pour une utilisation de l'appareil isocinétique afin d'évaluer la performance du système neuro-musculaire d'un patient. Les résultats de la revue et les notions fondamentales de la relation force-vitesse orientent une préférence d'utilisation de vitesse lente (30 à 60°/s) pour évaluer la force maximale d'un patient en isocinétisme. Cependant, la validité de l'outil ne traduit pas la validité de la mesure. La rigueur et la standardisation des protocoles de test, en plus de l'expérience et des compétences du praticien, sont des éléments essentiels à prendre en compte pour une mesure valide et fiable permettant l'analyse approfondie des données enregistrées par l'outil dynamométrique isocinétique et un suivi optimal du patient.

**Résumé (en anglais) (en minuscule) :**

In human, neuromuscular performance may be assessed by different methods. In literature, to quantify strength in dynamic or static conditions, isokinetic assessment remains the gold standard. Different constructs may be assessed by the isokinetic dynamometer : torque, angle and velocity. The aim of the systematic review is to explore the construct validity of the three metrics, from a mechanical point of view, without population sample. To answer the research question, seven studies were included in the systematic review. The results were sufficient for torque, angle and velocity but with a high risk of bias and very low quality of evidence. Using isokinetic dynamometry is recommended to assess neuromuscular performance of patients, particularly at low velocity (30 à 60°/s). However, the validity of the device does not reflect the validity of the measurement. The rigor and standardization of test protocols, in addition to the experience and skills of the practitioner, are essential for a valid and reliable strength measurement. The analysis of the data will be in depth and will allow optimal monitoring of the patient.

**Mots clés (en français) (en minuscule) :** Validité – Dynamomètre isocinétique – Couple de force – Position Angulaire - Vitesse angulaire

**Mots clés (en anglais) (en minuscule) :** Validity – Isokinetic dynamometry – Torque – Angle – Velocity