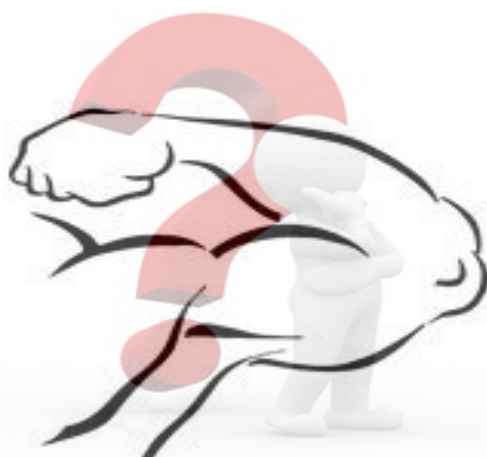




TESTING MUSCULAIRE ET EVALUATION DE LA FORCE

Vision actuelle des outils d'évaluation de la force musculaire disponibles pour le masseur-kinésithérapeute.



TESTING MUSCULAIRE ET EVALUATION DE LA FORCE

Vision actuelle des outils d'évaluations de la force musculaire disponibles pour le masseur-kinésithérapeute.

Revue de littérature

Mémoire réalisé en vue de l'obtention du diplôme d'état de masseur-kinésithérapeute

Référent de mémoire : Monsieur LAUNAY Fabien, masseur-kinésithérapeute et cadre supérieur de santé au CHU de Dijon

Directeur de mémoire : Monsieur PARDON Laurent, masseur-kinésithérapeute et formateur à l'IFMK de Dijon

Remerciements

Je voudrais remercier toutes les personnes m'ayant aidé à la réalisation de ce mémoire et tout particulièrement :

- Monsieur Fabien LAUNAY, qui m'a encouragé à poursuivre sur cette thématique ainsi pour son investissement, ses conseils et sa patience.
- L'équipe pédagogique de l'IFMK de Dijon, pour son accompagnement durant ma scolarité.
- L'ensemble de mes tuteurs de stage, qui ont participé à ma formation.
- Ma mère, pour son aide précieuse et sa disponibilité.

Abréviations

- **TMM** : Testing Musculaire Manuel
- **MRC** : Medical Research Council
- **DMM** : Dynamométrie Musculaire Manuel
- **k** : coefficient de kappa de Cohen
- **r**: coefficient de Spearman ou de Pearson
- **CCI** : coefficient de corrélation intra-classe
- **MK** : Masseur-kinésithérapeute
- **N** : Newton(s), unité de mesure de la force
- **HAS** : Haute Autorité de Santé

Sommaire

<u>Introduction</u>	1
----------------------------------	---

Cadre conceptuel

1 Évaluation, échelle et outil de mesure	2
1.1 Fonction et rôle d'un outil de mesure.....	2
1.2 Qualités d'un outil de mesure.....	2
1.3 Cahier des charges dans le choix d'un outil d'évaluation médical et para-médical.....	3
2 Testing international / MRC, standard actuel	4
2.1 Descriptif.....	4
2.2 Historique.....	4
2.3 Cotation.....	5
2.3.1 Critères d'attribution.....	5
2.3.2 Critères d'attribution de la version modifiée.....	6
2.3.3 Répétition de l'action.....	6
2.3.4 Breaktest et application de la résistance.....	6
2.4 Utilisation en masso-kinésithérapie.....	6
3 Les autres outils de l'évaluation de la force musculaire	7
3.1 Les tests RM.....	7
3.1.1 Test d'une répétition maximale (1-RM).....	7
3.1.2 Test de multiples répétitions maximales (Multiples-RM ou n-RM).....	7
3.1.3 Équipements d'évaluation pour les tests RM.....	8
3.2 Dynamomètre musculaire à main.....	8
3.3 Autres tests en lien avec l'évaluation de la force musculaire.....	9

<u>Méthodologie de recherche</u>	10
---	----

Résultats

1 Testing : Un outil d'évaluation de la force musculaire de qualité ?	12
1.1 Validité.....	12
1.1.1 Validité sur critères.....	12
1.1.2 Validité du construit.....	12
1.2 Fiabilité.....	13
1.2.1 Fiabilité intra-examineur.....	13
1.2.2 Fiabilité inter-examineur.....	14
1.3 Sensibilité au changement.....	15
1.4 Disponibilité et faisabilité.....	15
2 Les Tests RM	16
2.1 Test 1-RM.....	16

2.1.1	Validité du test 1-RM en tant qu'outil d'évaluation de la force musculaire.....	17
2.1.2	Fiabilité du test 1-RM avec utilisation de machines à charges libres.....	17
2.1.3	Qu'en est-il de l'utilisation des poids libres ?.....	18
2.1.4	Et l'utilisation des bandes élastiques.....	18
2.2	Les tests n-RM.....	19
3	La dynamométrie manuelle.....	19
3.1	Aperçu des études antérieures.....	20
3.2	Validité actuelle des dynamomètres manuels.....	20
3.3	Fiabilités actuelles des dynamomètres manuels.....	21

Discussion

1	Le testing musculaire, est-il, aujourd'hui un outil de mesure pertinent pour le masseur-kinésithérapeute ?.....	23
1.1	Le testing musculaire des intérêts indéniables.....	23
1.1.1	Faisabilité de l'outil de mesure.....	23
1.1.2	Une validité et une fiabilité acceptables (sous certaines conditions).....	23
1.1.3	Un éventail inégalable de muscles évaluables.....	24
1.1.4	Un score relativement concret.....	24
1.2	Des limites à ne pas négliger.....	24
1.2.1	Une variabilité importante.....	24
1.2.2	Une standardisation : oui mais.....	24
1.2.3	Une sensibilité et un effet plafond.....	25
2	La quantification de la force musculaire : quels outils paraissent les plus appropriés pour le MK dans sa pratique quotidienne ?.....	25
2.1	Le test 1-RM.....	25
2.2	Quels appareils de mesure utiliser dans l'établissement de la 1-RM ?.....	26
2.3	Et la n-RM.....	27
2.4	La dynamométrie manuelle : le testing quantifié ?.....	27

Conclusion.....	29
------------------------	-----------

Annexes

Introduction

Au cours de mes stages et de mes cours à l'IFMK de Dijon, j'ai découvert à quel point le bilan kinésithérapique était important. Cette évaluation participe largement à la démarche diagnostique; permettant d'orienter les techniques de rééducation et d'observer une éventuelle évolution, celle-ci devient donc nécessaire pour définir des objectifs de rééducation.

Le bilan musculaire intervient dans de nombreuses pathologies, que ce soit des atteintes neurologiques, myo-tendineuses ou ostéo-articulaires, des déficiences peuvent être retrouvées, altérant alors la fonction motrice et le niveau d'autonomie de la personne.

Comme le souligne Daniel Michon (1), l'évaluation de la « fonction d'un muscle ou d'un groupe musculaire revient à résoudre le problème de la valeur à accorder à la fonction qu'il(s) assure(nt) [...] et à raisonner sur les causes possibles des effets constatés. »

J'ai pu observer que, bien souvent, le masseur kinésithérapeute, dans l'évaluation de la force musculaire faisait référence au testing musculaire, que la pathologie soit neurologique ou non. Le testing musculaire, ayant été à la base utilisé dans l'évaluation d'affections neurologiques périphériques (comme la poliomyélite) ; la dénomination commune d' « analogie au testing » est utilisée lorsque le testing musculaire est appliqué dans l'évaluation de pathologies autres.

Il m'est paru surprenant qu'une analogie soit si utilisée dans l'évaluation de la force musculaire, d'autant plus que le testing répond à des critères purement subjectifs dans l'évaluation de muscles ayant une capacité motrice suffisante pour contrer la pesanteur, ce qui n'est pas si rare (surtout dans le cas d'affections non neurologiques).

De plus, j'ai remarqué une diversité, lors de mes différents stages, des protocoles de testing, ainsi que des justifications variées et parfois peu pertinentes, de la part de MK, sur des scores supérieurs à 3.

Je me suis donc demandé si le testing était bel et bien un outil valable dans l'évaluation de la force musculaire et si d'autres outils existaient pour une évaluation similaire, dans un contexte de prise en charge quotidienne et pratique pour le MK.

Ce qui me pousse à me poser la problématique suivante : **Quelle est la valeur actuelle du testing musculaire et quels sont les outils les plus pertinents dans l'évaluation de la force musculaire pour le MK ?**

Cadre conceptuel

1 Évaluation, échelle et outil de mesure

1.1 Fonction et rôle d'un outil de mesure

Nul ne peut nier l'intérêt de l'évaluation et de la mesure. En effet, apposer une valeur, qu'elle soit qualitative ou quantitative, permet à chacun d'émettre un jugement sur l'objet mesuré, ce qui le définit et élargit la communication. L'évaluation devient alors indissociable du savoir, et « permet d'être scientifique pour apprécier l'efficacité des interventions réalisées selon des objectifs déterminés » (2)

1.2 Qualités d'un outil de mesure

L'évaluation, pour être de qualité, ne doit cependant pas reposer sur des critères empiriques. Selon Béthoux et Calmels, certains éléments permettent de déterminer la qualité d'un outil de mesure : (3)

- **La validité** : un outil de mesure est valide lorsqu'il mesure ce qu'il est censé mesurer. La valeur a été définie comme « la précision à laquelle un instrument mesure ce qu'il est censé mesurer ». Il existe différentes méthodes pour tester la validité d'un instrument, faisant référence à plusieurs types de validité.
 - la validité d'apparence, correspondant au jugement personnel de l'utilisateur potentiel sur la valeur apparente de l'instrument. (Ce test *semble* mesurer cela)
 - la validité de contenu, qui correspond au contenu de l'évaluation en adéquation avec ce qu'il veut mesurer. (les différents items permettent, ensemble, d'évaluer ce que l'on voulait)
 - la validité sur critères, mettant en comparaison l'évaluation avec le « gold standard ».
 - la validité du construit (la plus appliquée en médecine) : ici les hypothèses formulées à partir du modèle théorique initial sont vérifiées par des analyses statistiques. (Selon des analyses de corrélation : les mesures obtenues sont corrélées avec d'autres. Par exemple la mesure de la force musculaire se retrouve liée à la mesure de la fonctionnalité de ce muscle. Selon des études de groupes extrêmes, l'outil va permettre de discriminer différents groupes intermédiaires établis en fonction de la référence théorique.)

- **Fiabilité** : elle permet de s'assurer que les résultats de l'évaluation ont une valeur reproductible et crédible.
 - la reproductibilité inter-observateur : concordance des résultats lorsqu'une mesure est administrée par plusieurs observateurs sur le même patient.
 - la reproductibilité intra-observateur : la mesure est sensiblement la même lorsqu'elle est appliquée deux fois à un même sujet, par le même observateur.

→ cohérence interne : elle évalue l'homogénéité de l'instrument à travers la corrélation de chaque item entre eux et avec le score global.

- **Sensibilité au changement** : l'instrument doit pouvoir détecter des changements significatifs, mettre en valeur les changements entre 2 évaluations successives et rester stable si il n'y a pas d'évolution constatée. Cependant elle peut être compromise par un effet « plafond » ou « plancher » limitant la mesure de l'échelle dans les valeurs extrêmes (capacité à montrer les changements au delà du score minimal/maximal). D'où la nécessité d'une échelle adaptée à l'objet de l'évaluation en cours.
- **Disponibilité et faisabilité** : La mise en pratique d'un outil va dépendre des conditions d'utilisation, de l'environnement, du budget, du temps disponible, de l'évaluateur et sa formation préalable...

N.B : Les degrés de concordance (apparaissant dans des études portant sur la validité et la fiabilité) peuvent être mesurés par différents coefficients comme le coefficient kappa de Cohen (k), le coefficient de corrélation intra-classe (CCI), le coefficient de Spearman (r), le coefficient de Pearson (r) ... etc

La valeur à partir de laquelle un coefficient de corrélation est jugée satisfaisante est variable mais, communément la valeur seuil retenue est de 0,70.

1.3 Cahier des charges dans le choix d'un outil d'évaluation médical/paramédical

Pour Bethoux et Calmels, un outil d'évaluation, notamment dans le domaine médical et paramédical, doit répondre à un cahier des charges précis pour que celui-ci soit viable et d'intérêt. (3)

→ **Pourquoi ?** But de l'évaluation ?

L'évaluation doit constituer une aide à la pratique clinique, à la recherche, à l'évaluation économique ou à l'amélioration de la qualité de soins.

→ **Qui ?** Quelle est la population étudiée ?

L'évaluation doit répondre à des caractéristiques démographiques, sociologiques (âge, niveau d'éducation, sexe, métier...) et liées à la pathologie.

→ **Quoi ?** Quelle dimension doit être évaluée ?

L'évaluation peut comporter des paramètres objectifs ou subjectifs, intégrée à une dimension spécifique...

→ **Quand ?** Quelles sont les contraintes du temps pour l'évaluation ?

Il s'agit du temps disponible, de la nécessité de répéter l'évaluation à intervalles réguliers...

→ **Où ?** Lieu de l'examen ?

Le milieu est institutionnel, dans un cadre précis (un contexte de contraintes liées aux locaux, au matériel disponible peut alors apparaître).

→ **Comment ?** Quel est le format d'évaluation préférentiel ?

L'évaluation peut-être directe, indirecte (entretien par téléphone, courrier, questionnaire oral, observation visuelle...etc)

→ **Combien ?** Quel budget peut être attribué à l'évaluation ?

Coût de l'instrument, coût de la formation des évaluateurs, coût du recueil des données, coût du traitement des données...

2 Le testing manuel musculaire

2.1 Description

Le testing musculaire manuel est une échelle permettant d'évaluer la force d'un muscle ou d'un ensemble de muscles, par le biais de l'utilisation de la pesanteur et de résistances externes, selon une cotation allant de 0 (aucune contractibilité) à 5 (force du muscle sain). (1)

2.2 Historique

- 1912 : Première description du testing musculaire incorporant l'effet de la pesanteur par Wilhemine Wright (précurseur des kinésithérapeutes d'aujourd'hui) et Robert W. Lovett. (1)(4)
- 1917 : Publication par Lovett de *Treatment of Infantile Paralysis*, dans lequel il attribue à Wright le développement du testing appliqué à la poliomyélite. (1)
- En 1925 : Stewart, médecin, publie une description du testing très brève comprenant un système de cotation fondé sur la résistance maximale pour un muscle normal, accomplissement du mouvement contre la pesanteur pour un score passable et ainsi de suite.(1)
- 1927 : Lowman décrit une échelle utilisant les effets de la pesanteur et l'amplitude complète des articulations, il en décrira les procédures, en 1940, dans *Physical Therapy*.(1)
- 1932 : Les physiothérapeutes Legg et Merrill publient un ouvrage sur le testing, beaucoup utilisé dans les écoles des années 40. Ouvrage présentant un système de cotation de 0 à 5 avec des + et des - (Brunnström) pour toutes les cotations sauf 0 et 1. (4)
- 1943 : Une échelle appelée MRC (Medical Research Council) est publié dans un document nommé « *Aids to the Investigation of Peripheral Nerve Injuries* », il est republié dans les années 70 sous le titre « *Aids to the Examination of the Peripheral Nervous System* ». Cette échelle comporte 6 grades, de 0 à 5, et est encore utilisée aujourd'hui sous la même appellation. (5)
- 1946 : 1er ouvrage complet sur le testing rédigé par Daniels, Williams et Worthingham (les 3 étant physiothérapeutes) (1)
- 1949 : 1ère édition de *Muscles : Testing and Function* par les Kendall. Avant cela, les Kendall avaient mis au point un système de pourcentage allant de 0 à 100 pour exprimer les cotations des muscles par rapport à la normale. Ils ont ensuite peu insisté sur cette échelle pour y revenir dans la dernière édition (1993) dans laquelle une échelle de 0 à 10 était utilisé. (4)

- 1952-54 : Kolb et Jacobs faisant parti du groupe du D.T Watson School of Physiatrics ont participé à une procédure de tests finalement utilisée pour les essais de terrain lesquels ont été menés sur un plan national pour examiner l'effet de l'utilisation des gamma-globulines dans la prévention de la poliomyélite.(1)(4)
- Avant les essais, Jacobs et Kolb ont été envoyés à Atlanta pour formé un groupe de kinésithérapeutes à une version abrégée du testing musculaire. Cette approche et l'évaluation par les kinésithérapeutes de la présence ou l'absence de faiblesse et paralysie chez les individus testés lors des tests de terrain a en définitive débouché sur la retentissante approbation du vaccin Salk. (1)(4)
- Depuis les années 50, de nombreuses études se sont intéressées sur le testing (notamment sur sa fiabilité) et de nombreuses rééditions paraissent, enrichissant la méthodologie du testing musculaire. (1)

2.3 Cotation

2 scores sont attribués pour la cotation du testing international :

Un score numérique → 0 à 5

Un score qualitatif → « activité nulle » à « normal »

2.3.1 Les critères d'attribution d'une cotation du muscle

La cotation répond à la fois à des critères subjectifs et objectifs (1)

→ **Subjectif** : capacité de l'examineur à percevoir la contraction d'un muscle via la palpation du corps, mais aussi capacité à évaluer la quantité de résistance manuelle apposée sur les segments et permettant l'attribution d'une cotation. Ces capacités dépendent directement de l'expérience de l'évaluateur, de son apprentissage à ressentir la contraction du muscle et/ou la puissance déployée pour contrecarrer l'intensité de ses contraintes. L'évaluateur doit apprendre à jauger via sa proprioception.

→ **Objectif** : capacité du patient à accomplir le geste dans toute l'amplitude, ou de tenir la position d'arrivée, la capacité de déplacer le segment de membre contre la pesanteur (dans un plan vertical), ou sans pesanteur (dans un plan horizontal), ou bien encore l'incapacité à faire le geste.

Tous ces facteurs font appel au jugement clinique : le testing est donc une « habilité » qui se développe par l'apprentissage et l'expérience clinique. La pratique du Testing requiert donc un examineur expérimenté pour optimiser la fiabilité des résultats.

La cotation 0 / zéro :

Le muscle est inerte, l'observation et la palpation ne détecte ni mouvement, ni contraction musculaire.

La cotation 1 / « trace » :

Une faible activité contractile est détectée à la palpation et/ou à l'observation (si le muscle est assez superficiel)

La cotation 2 / « faible » :

La contraction permet le déplacement du segment dans toute l'amplitude sans mise en jeu de l'effet gravitaire. A défaut, l'amplitude sera partielle.

La cotation 3 / « passable » :

Fondée sur une mesure objective, le muscle ou groupe musculaire peut déplacer le segment sur toute son amplitude contre l'action de la pesanteur, cependant une faible résistance additionnelle le fait céder. Une seule contraction efficace est suffisante pour attribuer la note 3.

La cotation 4 / « bonne » : Attribuée à un muscle ou à un groupe musculaire capable d'une action dans toute l'amplitude du mouvement contre la pesanteur et d'accepter une résistance additionnelle d'intensité partielle. Cependant, le muscle ne parvient pas à déplacer le segment si l'intensité devient maximale, comparable au côté sain.

La cotation 5 / « normale » :

Capacité du muscle à accomplir le mouvement dans toute l'amplitude et de vaincre une contrainte d'intensité maximale (comparable au côté sain). De plus, à 5 le muscle devient capable de reproduire l'action plusieurs fois sans s'épuiser.

2.3.2 Critères d'attribution de la cotation « + » et « - » / Cotation modifiée

Ces ajouts permettent de mettre en avant des progrès obtenus. En effet la différence fonctionnelle entre un muscle coté à 2 et un muscle coté à 3 peut être importante. C'est pourquoi la possibilité d'attribuer les signes « + » ou « - » précise le score. Par exemple, un muscle coté à 2+ sera capable de déplacer le segment contre gravité dans une amplitude incomplète ET inférieure à 50% de la course ; alors que coté à 3-, ce même muscle déplacerait le segment contre gravité dans une amplitude incomplète ET supérieure à 50% de la course. (1)

2.3.3 Répétition de l'action

- 2 et 3 = 1 seul mouvement suffit. La répétition épuise immédiatement le muscle.
- 4 = le muscle peut répéter l'action, si intensité modérée, mais s'épuise rapidement (env. 5 tâches).
- 5 = le muscle ne présente pas de fatigabilité « anormale », ce qui lui permet de répéter l'action sans perte de rendement (5 à 10 fois). Il a retrouvé son endurance (fibres lentes) et sa puissance (fibres rapides). (1)

2.3.4 Break test et application de la résistance

La résistance manuelle est appliquée en fin de course. On demande au patient de tenir la position contre la résistance du thérapeute jusqu'à ce que la résistance fasse céder (ou non) le maintien de la position. Cette procédure est communément appelée *breaktest*. (1)

2.4 Utilisation en masso-kinésithérapie

En tant que rééducateur des fonctions motrices, le kiné, selon l'article 6 du décret relatif aux actes professionnels et à l'exercice de la profession de masseur-kinésithérapeute, « est habilité à effectuer les bilans kinésithérapiques et évaluations utiles à la réalisation des traitements mentionnés à l'article 5 ». Ce dernier article mentionne la compétence du kinésithérapeute dans la rééducation orthopédique, neurologique, la rééducation des affections traumatiques ou non de l'appareil locomoteur, des troubles de l'équilibre... (6)

Toutes ces rééducations impliquent la prise en charge de la fonction motrice, l'évaluation de la force musculaire devient ainsi justifiée.

3 Les autres outils de l'évaluation de la force musculaire

3.1 Les tests RM

3.1.1 Test 1-RM (1 répétition maximale)

Ce test représente la charge maximale que le patient peut mobiliser une seule fois dans toute l'amplitude maximale. Plusieurs étapes sont fondamentales pour mener à bien ce test : (1)

→ **L'échauffement** : 3 à 5 mouvements sous-maximaux, outre l'échauffement produit, ces mouvements permettent au patient de se familiariser avec le mouvement et de corriger sa trajectoire si nécessaire.

→ **Sélection de la charge initiale** en deçà de la capacité perçue par le patient, l'augmentation des charges est progressive et il ne doit pas y avoir plus de 4 essais successifs pour déterminer la 1-RM (afin d'éviter le phénomène de fatigue musculaire) ; de plus chacun de ces essais doit être entrecoupé de 3 à 5 min de repos.

→ **Détermination de la 1-RM** par l'échec du déplacement d'une charge supérieure.

Ce test suppose que l'examineur ait une connaissance des normes de force (par exemple : si le patient peut se lever d'une chaise alors il est au moins capable avec ses quadriceps de soulever la moitié de son poids de corps avec ces derniers. Selon la réalisation plus ou moins réussie de ce geste on peut faire une estimation de force qui sera utile au choix de la charge initiale).

D'autres variables entrent bien entendu en compte : la taille du sujet, son IMC, son niveau de condition physique, l'auto-perception des capacités du sujet.

Le choix de la 1-RM répond cependant lui aussi à certains critères subjectifs (notion de contrôle et d'harmonie du mouvement dans le déplacement de la charge) même s'il apporte des données numériques objectivables.

3.1.1 Test de multiples répétitions maximales / (multiples-RM ou n-RM)

Le test n -RM est fondé sur le même principe que la 1-RM. Il représente la charge maximale que le patient soulève un nombre n de fois jusqu'à la défaillance du muscle. Sa précision est inférieure au test 1-RM mais il peut représenter une bonne alternative à ce dernier lorsque les contraintes exercées (notamment les force de compression) lors du test de la 1-RM sont trop inconfortables ou représentent un danger pour le patient évalué (lésions des articulations ou des tissus mous).

Une estimation de la 1-RM peut-être faite à partir du test de n -RM. (1)

3.1.1 Équipements d'évaluation pour les tests RM

Ces 2 tests peuvent être accomplis à l'aide de : (1)

→ **Poids libres** : Ils ont l'avantage de la simplicité d'utilisation, ainsi qu'une bonne accessibilité. Les modes concentriques et excentriques peuvent être utilisés lors du test avec une amplitude physiologique.

→ **Appareils de musculation** : l'utilisation de « presse », machines utilisant des systèmes à poulies peuvent être de bons outils pour évaluer des muscles difficilement évaluables par système de poids libres. Ils ont l'avantage d'apporter plus de stabilité lors de l'exécution du mouvement. De plus, certains appareils (type presse) permettent d'évaluer des groupes musculaires dans leur fonction physiologique (chaîne cinétique fermée).

→ **Bandes élastiques** : l'utilisation de bandes élastiques peut-être une bonne alternative à l'utilisation de poids libres ou de machines, notamment lorsque l'utilisation de ces derniers entraîne des douleurs. Les bandes sont de plusieurs couleurs, chacune représentant une résistance spécifique. Plus la bande est épaisse, plus la résistance sera importante (augmentant aussi avec le pourcentage d'allongement de la bande par rapport à la longueur initiale). Il existe une corrélation entre l'élongation de l'élastique et la force musculaire, qui est cependant valable uniquement pour les bandes élastiques de la marque Theraband®

→ **Traction sur un câble** : la méthode de traction sur un câble consiste en l'exécution d'un mouvement isométrique contre résistance du câble, ce dernier apportant des données numériques, le rendant parfaitement reproductible. Cependant cette méthode ne teste que dans un seul plan, ce qui limite l'utilisation à quelques groupes musculaires

3.2 Dynamomètre musculaire à main

En 1916, Lovett et Martin ont décrit l'utilisation d'un système à ressort pour attribuer des valeurs quantitatives à la force musculaire ; ces derniers plébiscitaient l'utilisation de ces appareils pour mesurer l'amélioration ou la détérioration de la force musculaire, plus rapidement et objectivement que par l'utilisation du testing manuel. En 1949, Newman développe le myomètre, appareil ne nécessitant ni pile, amplificateur, ou circuit électrique. L'utilisation de ces appareils était alors réservée pour des muscles ne dépassant pas 30 kgs (Newman) voir 50 kgs (Lovett et Martin), ce qui limitait leur utilisation aux muscles du membre supérieur. (1)(4)

Depuis ces dernières années, les dynamomètres à main gagnent en popularité ; en effet ils sont beaucoup plus précis et permettent de mesurer une force musculaire importante par des données objectivées à l'aide de l'appareil. La dynamométrie à main s'appuie sur les mêmes positionnements précis que demande le testing musculaire manuel. Le dynamomètre musculaire à main MicroFET2® est devenu le plus commun, car il est maniable dans la paume de la main et peut servir à la plupart des tests manuels. Deux essais sont en général utilisés lors de la mesure (on prend alors la valeur la plus haute ou la moyenne des 2. Il n'y a, pour le moment, pas de standardisation au niveau du protocole de prise des mesures). (1)

3.3 Autres tests en lien avec l'évaluation de la force musculaire

Dans ce travail, je ne ferai que citer les évaluations spécialisées (comme l'utilisation d'un périnéomètre) qui représentent un intérêt certain dans l'objectivation de l'évaluation musculaire et de confort pour le patient.

De plus, le choix sera fait de ne pas parler des tests d'évaluation de puissance ni d'évaluation de la performance fonctionnelle (préhension, transferts, marche...). En effet, ces tests montrent des résultats indiscutablement liés à la force musculaire du sujet mais d'autres facteurs entrent aussi en compte (capacité (an)aérobique, endurance musculaire, motricité suffisante, sensibilité, cognition...etc)

Ce mémoire ne s'intéressera donc qu'aux tests et autres outils de mesure indiqués dans l'évaluation directe de la force musculaire de muscles isolés ou agonistes. Le score additif MRC ou le testing musculaire global ne seront pas traités dans ce travail.

L'évaluation par machines d'isocinétisme ne sera pas non plus abordée pour des raisons expliquées en méthodologie de recherche.

Méthodologie de recherche

Mes premières recherches, pour ce travail, se sont centrées sur la qualité d'un outil d'évaluation et sur testing à partir d'ouvrages francophones sur le bilan musculaire ainsi que des revues francophones comme Kiné Scientifique. Ces différents ouvrages m'ont permis rapidement, en raison de la facilité de lecture, de développer mes connaissances sur le sujet ainsi que d'obtenir de nombreuses références pour la suite de mes recherches.

J'ai ensuite regardé si des recommandations existaient quant à la cotation de la force musculaire sur la HAS, qui n'apportait malheureusement des données que sur la dynamométrie informatisée et motorisée que je ne traiterai pas dans ce travail pour plusieurs raisons.

J'ai pu observer dans un premier temps le nombre important d'articles portant sur l'isocinétisme, avec de grandes variabilités sur les paramètres étudiés lors de l'évaluation comme les modes de contraction, la vitesse angulaire, le moment de force, les ratios agonistes/antagonistes...etc. Pour des soucis de cohérence, l'étude de l'évaluation par isocinétisme ne peut s'intégrer dans un travail de 30 pages maximum seulement en plus de celle du testing et d'autres techniques alternatives moins complexes. De plus, l'isocinétisme s'inscrit difficilement, avec ses contraintes de coût, de niveau d'expertise et de faisabilité dans une application quotidienne pour le MK ; c'est pourquoi il ne fera pas parti de ce travail.

De surcroît, devant la pauvreté du nombre d'études scientifiques valables quant à la mesure avec traction par câble, celle-ci ne sera ni étudiée ni corrélée avec les autres outils dans ce travail.

Un biais peut apparaître dans cette étude étant donné le nombre important d'études sur le sujet.

Ressources sélectionnées et mots-clés :

Des recherches complémentaires ont été effectuées au sein de différentes bases de données comme Google Scholar, Kinedoc, Pubmed, EM-consulte...

La base de données Pubmed a largement été la plus utilisée en raison du nombre important d'articles en anglais traitant mon sujet.

Les mots-clés utilisés dans mes recherches francophones étaient « testing musculaire » associé à « évaluation », « force », « validité », « fiabilité », cependant au vu du nombre restreint d'articles francophones, il m'a fallu transposer ces mots-clés en anglais : « MRC scale » ; « manual muscle testing » ; « assessment » ; « muscular strenght » ; « validity » ; « reliability ».

Pour les recherches sur les autres outils, les mêmes mots clés étaient employés en remplaçant les dénominations du testing par « 1-RM test » ; « RM test » ; « bandes élastiques » ; « elastic bands » ; « free weight » ; « dynamométrie manuelle » ; « hand-held dynamometer ».

Critères de sélection des articles :

En ce qui concerne le testing et la 1-RM, les articles sélectionnés ont été triés selon la pertinence des revues scientifiques (Impact Factor) ou ouvrages qui les publient. Il a été privilégié, dans les articles portant sur le testing et dans la mesure du possible, des études à haut niveau de preuve ayant largement influencé la communauté scientifique. Ces critères sont devenus moins strictes pour la 1-RM et les n-RM, en prenant en compte le nombre plus limité d'articles. Concernant les méthodes d'évaluation en lien avec une avancée technologique, les critères de sélection se basaient sur le caractère récent des études (moins de 3 ans). Des études, ayant un Impact Factor inférieur à 2 ont tout de même été retenues concernant la dynamométrie manuelle, laquelle offre peu d'études à haut niveau de preuve (celles-ci seront indiquées dans les résultats).

Les articles exploités, ont été répertoriés dans des tableaux récapitulatifs, selon l'outil étudié, en annexe.

Ci-dessous se présente un tableau de synthèse (Tab.I), vierge (complété en annexe) présentant les études traitées et leur intérêt pour ce travail.

Tab.I : « Tableau comparatif vierge utilisé lors de l'établissement des résultats »

Source	Auteurs	Année	Objectifs de l'étude	Protocole utilisé	Résultats	Intérêt pour le mémoire

Résultats

1 Testing : Un outil d'évaluation de la force musculaire de qualité ?

1.1 Validité

1.1.1 Validité sur critères

Les études, sur la validité du testing, s'appuient généralement à établir la validité sur critères (définie dans le cadre conceptuel) mettant en lien les résultats du testing musculaire avec des données objectivables (comme la dynamométrie).

Beasley (8) fut le premier à étudié la corrélation entre le testing et les mesures dynamométriques. Son étude portait sur des enfants (9 à 12 ans) souffrant de poliomyélite. Un manque de corrélation a été retrouvé (surtout au niveau des cotations « moyen » à « normal »), la même cotation testing étant attribuée à des muscles présentant des différences de force de 20 à 25% à la dynamométrie manuelle. Un résultat similaire est retrouvé par Bohanon (9) sur la mesure de l'extension de genou, avec cependant de meilleurs résultats pour les cotations inférieures à 4 ($r = 0.768$; $p < 0.001$).

Aitkens et coll. (10), en 1989, étudie lui aussi la relation des mesures faites par le testing et celles prises par le système QIS (Quantitative Isometric Strenght) au niveau de la force des muscles fléchisseurs et extenseurs des coudes, genoux et hanches. Ses résultats montrent une réelle adéquation entre les 2 outils de mesure, avec cependant une corrélation des mesures s'étalant de 0,481 à 0,877 (les meilleures se faisant encore sur les cotations inférieurs à 4). Il est rejoint par Shwartz et coll.(11), en 1992, qui montre des résultats similaires, sinon plus optimistes vis à vis de la validité du TMM, avec 22 corrélations sur 24 significatives entre TMM et dynamométrie, au niveau des muscles du membre supérieur. Herbison et coll. (12), 4 ans plus tard, rejoint lui aussi l'idée que le testing manuel est valide, mais que la mesure dynamométrique est plus adaptée à détecter les changements de force musculaire (cf. sensibilité au changement).

Bohannon (13) montre que les mesures dynamométriques confirment (dans plus de 96% des cas) les déficits musculaires des extenseurs de genoux, identifiés par le TMM. L'évaluation manuelle de la force musculaire est, pour lui, commode dans l'évaluation des muscles impliqués dans les processus douloureux, traumatismes et pathologies neuromusculaires. Plus récemment, l'étude de Paternostro-Sluga et coll. montre, elle aussi, une bonne corrélation (r de 0,78) des valeurs prises par le testing manuel musculaire (ainsi que celles de la version modifiée) avec les mesures dynamométriques pour les muscles du membre supérieur atteints de paralysie radiale. (14)

1.1.2 Validité du construit

Le TMM a selon l'étude de Brown (15) une bonne valeur prédictive car les scores de TMM, 72 heures après une lésion spinale étaient de bons indicateurs de la récupération musculaire au niveau du territoire lésé ; confirmant l'étude de Lazar, (16) 3 ans plus tôt, sur la bonne corrélation des scores TMM avec l'état de la fonction motrice de patients quadriplégiques.

Dernièrement l'étude de Hermans (17) a mis en valeur la bonne capacité du testing musculaire à identifier la faiblesse sévère des patients en services de soins intensifs (kappa : 0,93). Cependant l'étude de Connolly (18), 2 ans après, montre que sur des patients aussi issus de services de soins intensifs (mais cette fois-ci dans les premiers moments de la prise en charge), le testing avait une validité diagnostique moyenne (CCI à 0,60).

1.2 Fiabilité

Une des premières études sur la fiabilité du TMM, fut celle de Liliensfield (19), publiée en 1954, montrant une corrélation entre examinateurs dans 60 à 66% des cas et une concordance supérieure (90%) à plus ou moins une cotation. L'étude de Blair (20), en 1957, retrouve des résultats semblables. Cependant, ces études n'ont rapporté que des statistiques descriptives. De plus, les TMM étaient modifiés par un facteur de pondération de masse musculaire. C'est pourquoi ces études ne seront pas plus détaillées et seront incomparables aux études postérieures suivantes.

1.2.1 Fiabilité intra-examineur

Une fiabilité intra-examineur assez faible a été retrouvée par Iddings (21), en 1961, relatant des taux de concordance complète intra-observateur dans 54 à 65% des cas, passant cependant à plus de 95 % pour une concordance à plus ou moins un grade. Il est intéressant de spécifier que, pour cette étude, chaque examinateur pouvait utiliser son propre protocole d'utilisation du TMM.

L'étude de Wadsworth, en 1967, (22) s'intéresse à la fiabilité intra-examineur, pour 5 groupes musculaires (fléchisseurs de hanche et de genoux, abducteurs de l'épaule, extenseurs du coude et du poignet). Les protocoles étaient cette fois-ci standardisés. L'étude montre des coefficients de corrélation allant de 0,63 (pour les fléchisseurs de genoux) à 1 (extenseurs de poignet et de coude).

Dans l'étude de Florence, (23) des kinésithérapeutes expérimentés ont réalisé une évaluation de 18 groupes musculaires chez des patients atteints de myopathie de Duchenne. Une version modifiée de la cotation était utilisée (système de + et de -). On retrouve une fiabilité importante pour chaque groupe musculaire, avec la plus faible fiabilité pour les fléchisseurs du poignet (0,65), la plus forte étant pour les extenseurs de genoux (0,93). L'étude de Florence s'est aussi intéressée à la dépendance du score sur la fiabilité, elle retrouve que les cotations 5-, 3+ et 3 étaient moins fiables.

Brandsma (24) s'est, lui, intéressé à la fiabilité intra-examineur du testing manuel des muscles intrinsèques des mains. Il est à noter qu'une sélection des muscles à évaluer a été faite (les muscles doublement innervés ou ayant une organisation structurelle variante selon l'individu ne sont pas retenus), excluant ainsi les fléchisseurs et adducteurs du pouce. Les fiabilités ont été exprimées, selon le coefficient de kappa pondéré, de 0,71 (muscles intrinsèques de l'annulaire) à 0,96 (abduction du pouce et du 5ème doigt).

Dans une étude plus récente de 2008, Paternostro-Sluga et coll. (14) montre une fiabilité intra-examineur, pour le testing des muscles atteints de paralysie radiale, supérieure à 0,80 (que ce soit la version modifiée du testing ou non)

1.2.2 Fiabilité inter-examineur

La plupart des études évaluant la fiabilité intra-examineur ont aussi étudié la fiabilité inter-examineur. Il est alors normal de retrouver les travaux d'Iddings (21) qui montrent des taux de concordance complète de 41% à 51% entre divers examineurs, valeurs passant à 87-93% à plus ou moins une cotation.

L'étude de Frese (25), montre aussi une mauvaise fiabilité inter-examineur. Son étude s'appuyait sur les scores TMM du moyen fessier ainsi que du trapèze moyen, chez 110 patients. Les 11 examineurs, étaient eux aussi libres de choisir leur propre protocole de mesure ; 8 utilisaient le bilan musculaire selon Kendall, 2 celui de Daniels et Worthingham et 1 les deux techniques. Les coefficients de fiabilité s'étaient de 0,04 à 0,66.

Dans l'étude récente de Mahony et coll.(26), s'intéressant à la fiabilité du testing (version modifiée) des muscles fléchisseurs et abducteurs de hanche ainsi qu'aux extenseurs de genou d'enfants souffrant de Spina Bifida, on retrouve une fiabilité très faible pour les fléchisseurs de hanche et les extenseurs de genou (CCI à 0,37 et 0,40) alors que les abducteurs de hanche ont une fiabilité correcte (CCI à 0,75). Il est à noter, que les examineurs étaient expérimentés de plus de 10 ans (sauf 1 étudiant) et que le protocole était standardisé. Cependant on peut aussi noter que pour la cotation des muscles fléchisseurs de hanche et extenseurs de genou, la plupart de ces muscles avaient des cotations supérieures ou égales à 4.

Dans l'étude de Brandsma et coll. (24) portant sur le testing musculaire des muscles intrinsèques des mains (cf.fiabilité intra-examineur), une fiabilité inter-observateur, selon le coefficient kappa de Cohen,est retrouvée comprise entre 0,72 et 0,93.

Dans l'étude d'Escholar (27), en 2001, 3 groupes d'examineurs distincts ont évalué 12 enfants souffrant de maladies neuromusculaires. Cette étude se déroulait en 2 sessions de mesure séparées de 2 mois. Chaque groupe était composé de 4 examinateurs (kinésithérapeutes et professionnels de médecine physique et réadaptative). Cinq groupes musculaires ont été évalués (l'abduction d'épaule, la flexion de hanche, du coude et de la cheville ainsi que l'extension du genou). Une première session d'apprentissage du même protocole leur a été donnée ; une deuxième (identique), 2 mois après, fut dispensée avant la reprise des tests. La première session montre une moyenne des CCI allant de 0,622 jusqu'à 0,762 ; la deuxième session montre une amélioration des CCI avec une moyenne supérieure à 0,87. Une analyse des CCI, muscle par muscle, reporte des résultats allant de 0,561 à 0,986.

Paternostro-Sluga (14), dans son étude sur l'intérêt du testing dans l'évaluation de paralysie radiale montre une fiabilité inter-examineur pour l'échelle MRC allant de 0,77 à 0,78 tandis que l'échelle MRC modifiée s'étalonne de 0,78 à 0,81.

Cependant ces valeurs peuvent être nuancées en excluant les cotations maximales (0 et 5), le kappa est alors compris entre 0,26 et 0,62 pour l'échelle MRC et entre 0,42 et 0,61 pour la MRC modifiée.

L'étude de Hermans (17), en 2011, relève une fiabilité inter observateur très bonne avec une reproductibilité à 0,83 en moyenne (coefficient de kappa) pour chaque muscle. Son étude s'appuyait sur les mêmes groupes musculaires que l'étude d'Escholar (27). Les patients étaient tous en soins intensifs, présentant soit des neuropathies ou des myopathies. Cette fois-ci, l'étude de Connolly (18) présentait un résultat semblable (k : 0,94).

1.3 Sensibilité au changement

Beasley (8), montre que des muscles côtés à 3 avaient une force d'environ 10% au lieu des 50% de la normale et que ceux côtés à 4 pour l'extension du genou étaient seulement à 43% de la normale (une norme de 75% est traditionnellement appliquée pour cette cotation).

Bohannon (28), s'intéresse aux limites de la cotation 5. Il se reporte aux résultats de ses 4 études précédentes. L'ensemble de ces 4 études regroupait des patients variés (hommes adultes sains, femmes âgées, adultes et personnes âgées étant dans un contexte de rééducation). Parmi ces patients, ayant eu la cotation 5 au TMM, on retrouve des forces allant de 85,4 à 650 N.

5 ans plus tard, Bohannon (13) recherche la précision du testing musculaire à différencier les forces musculaires des extenseurs de genou de la jambe droite et gauche du patient. Ces différences de force s'étalonnaient de 15 à 30%. Pour une différence de force de 30%, le testing musculaire montre une sensibilité à 0,72 ; pour des différences de 15% on retrouve une sensibilité diminuée à 63%.

1.4 Disponibilité et faisabilité

Ces derniers critères font l'objet de peu d'études. La plupart des auteurs(1)(3)(4), traitant du testing, s'accordent cependant sur le fait que l'évaluation par le TMM, est une manière sûre d'évaluer la force musculaire des patients, qu'ils soient intégrés dans des situations de prise en charge aiguë ou au long cours. La douleur est une donnée à prendre en compte car elle pourrait biaiser le test et, de plus, les contraintes mécaniques exercées lors du test pourraient avoir un impact néfaste sur les tissus. L'utilisation d'un grand bras de levier lors des tests peut aussi être délétère à la consolidation osseuse par la mise du point de fracture en porte-à-faux. L'évaluation par le TMM est donc un acte nécessitant l'appui médical et requérant un évaluateur expérimenté.

La force requise de l'évaluateur à l'application de la résistance a cependant été évaluée. Les cotations 4 et 5 répondent à des besoins de résistance conséquents de la part de l'examineur pour évaluer la force musculaire du patient.

En 1961, Beasley (8) s'était intéressé à la force des patients cotés à 5, il relève que la moyenne de force pour ces patients était seulement de 53% de la force des sujets normaux.

Dans une étude parue en 1991, Wickholm et Bohannon, mènent une étude (29) sur les relations entre la quantité de force nécessaire et la fiabilité des mesures. Leur étude se base sur la force des rotateurs externes d'épaule, les fléchisseurs de coude et les extenseurs de genou. Les protocoles étaient standardisés et les examinateurs expérimentés.

On retrouve respectivement pour les rotateurs externes de l'épaule : un CCI supérieur à 0,90 ; pour les fléchisseurs de coude : un CCI supérieur à 0,75 et pour les extenseurs de genou : un CCI à 0,226.

Une mesure dynamométrique montrait que les rotateurs externes avaient une force ne dépassant pas 130 N alors que la force minimum mesurée au niveau des extenseurs de genou était de 225 N (maximum mesuré à 430N). Il en conclut que la force du thérapeute est trop limitante pour coter de manière fiable des muscles dépassant 120 N.

Mulroy et al. (30) met aussi en évidence le manque de force du thérapeute, en comparant les résultats de thérapeutes masculins et féminins sur la mesure de force des extenseurs de genou avec une mesure dynamométrique. Il montre que la sur-cotation, due à la faiblesse des résistances développées par les thérapeutes féminins, était de 14 patients sur 19, a contrario des thérapeutes masculins ayant surcoté 2 patients sur 19.

Tous ces auteurs semblent être d'accord sur la nécessité d'une résistance importante pour l'évaluation de certains groupes musculaires, notamment les extenseurs de genou. Ce facteur devient donc limitant pour une évaluation de la force musculaire de qualité.

2 Les tests RM

2.1 Le Test 1-RM

2.1.1 Validité du test 1-RM en tant qu'outil d'évaluation de la force musculaire

Le test étant établi comme le « gold standard » de l'évaluation de la force musculaire dans des situations hors laboratoires (31) et les données quantifiables n'apportant que peu de doutes sur la validité du testing : il devient évident que les études se soient plutôt penchées sur sa fiabilité.

Cependant une étude de Verdijk (32), compare, par la validité sur critères, les mesures obtenues par le test 1-RM avec des mesures dynamométriques. La force des extenseurs de genou était étudiée dans une population hétérogène. Pour les tests 1-RM, les extenseurs ont été testés en chaîne cinétique ouverte ET fermée (presse). Ainsi, on retrouve une corrélation forte entre les 2 outils : le coefficient de corrélation de Pearson (r) était étendu entre 0,83 et 0,93 (chaîne cinétique ouverte) et entre 0,64 et 0,76 (chaîne cinétique fermée). Quelque soit la population étudiée (adultes, jeunes, personnes âgées), le test fut démontré valide dans l'évaluation de la force musculaire.

2.1.2 Fiabilité du test 1-RM avec utilisation de machines à charges libres

Le test 1-RM peut-être utilisé dans une grande variété de la population. (1)

En 2009, chez des adultes non sportifs, l'étude de Levinger et coll. (31) comportait 3 sessions : la première fut mise en place pour que les patients prennent connaissance des exercices et la manière d'utiliser le matériel ; les 2 suivantes ont été par la suite étudiées et reportées. Les groupes musculaires évalués étaient les adducteurs de l'épaule, les abaisseurs de l'épaule, les fléchisseurs du coude, les extenseurs du coude et du genou (en chaîne cinétique ouverte ET fermée). On retrouve des CCI allant de 0,97 à 0,99.

En 2012, on retrouve une fiabilité encore très bonne (CCI : 0,98 minimum) dans l'étude d' Unaise (33), explorant la fiabilité du test 1-RM sur les muscles des membres supérieurs et inférieurs chez des patients diabétiques (type 2), avec la fiabilité la plus grande observée sur le test d'extension unilatérale du genou (CCI : 0,99).

La même année, chez des adolescents sportifs, ayant plus d'un an d'expérience dans l'exécution des exercices du test 1-RM, Faigenbaum (34) étudie la fiabilité du test et retrouve aussi une fiabilité importante (CCI de 0,98) sur les muscles du membre supérieur (adducteurs, abaisseurs du bras) et du membre inférieur (extenseurs du genou). Quelques années plus tôt (2003), il avait effectué une étude comparable chez des enfants sains retrouvant une très bonne fiabilité mais légèrement inférieure (CCI allant de 0,93 à 0,98).

L'étude de Seo (35) a voulu montrer la fiabilité du test selon les groupes musculaires étudiés et selon le genre de la personne évaluée. Tous les exercices étaient effectués sur machines (Cybex) et les groupes musculaires étaient très nombreux. Un CCI supérieur à 0,91 a été retrouvé pour tous les groupes musculaires étudiés et aucune différence n'a été retrouvée entre les thérapeutes.

2.1.3 Qu'en est il de l'utilisation des poids libres ?

Dans une étude de 2008, la NASA (36), voulait prouver la validité et la fiabilité d'un nouvel équipement par rapport à celles des machines et des poids libres. On retrouve alors, sur des exercices de squat et de soulevé de terre réalisés avec poids libres, un coefficient de reproductibilité supérieur à 0,90. La même année, McKurdy(37), compare les résultats obtenus avec des machines à charge libre (développé-couché « coudé à la machine ») versus ceux obtenus avec des poids libres en exercice de développé-couché (travail des pectoraux). Une excellente corrélation ($r : 0,95$) est retrouvée, ainsi qu'une bonne fiabilité par les mesures faites avec poids libre (CCI compris entre 0,93 et 0,99).

Cependant, en 2006, l'étude de Thoma (38), montre que l'utilisation de machines à charges libres est plus valable que l'utilisation de poids libres dans l'évaluation de la force musculaire. En effet, il retrouve une sous-estimation de la force musculaire dans toutes les mesures prises avec des poids libres dans l'évaluation des muscles du membre supérieur (adducteurs et élévateurs du bras ; extenseurs et fléchisseurs du coude) allant jusqu'à plus de 100 N (exercice de développé-couché).

2.1.4 Et l'utilisation de bandes élastiques ?

Dans la plupart des études d'évaluation quantitative de la force, les appareils de mesure sont constitués de machines à charges libres, des poids libres ou de dynamomètres. Cependant, certains auteurs, jugent intéressant de quantifier les mesures par des outils moins agressifs(1). L'utilisation de bandes élastiques peut alors être utile.

Dans une étude de Newsam, (39) portant sur l'intérêt de l'utilisation des bandes élastiques (Dura Band®) dans la détermination de la 8-RM de muscles du membre supérieur, la mesure de la rotation interne montre une forte fiabilité intra-examineur (CCI à 0,91). La rotation externe montre une fiabilité légèrement plus faible (CCI à 0,77), la mesure des abaisseurs montre un score plus mauvais (CCI à 0,65). Il est à noter que lors de cette étude, seule la mesure de la rotation externe a permis l'inclusion des 15 sujets dans le test. Pour les rotateurs externes et les abaisseurs du bras, 4 sujets furent exclus car ils avaient réalisé plus de 8 répétitions sur la bande la plus résistante. De plus, on retrouve généralement une meilleure fiabilité (supérieur à 0,90) lorsque les bandes utilisées étaient les moins résistantes.

L'année suivante, l'étude de Mannor (40), porte sur l'utilisation des bandes élastiques (Thera Band®), suivant une prédiction de la 1-RM par un protocole particulier mesurant le nombre de répétitions maximales durant 30 secondes. Il trouve une corrélation moyenne avec les mesures par haltères ($r : 0,62$) et mauvaise avec les mesures dynamométriques ($r : 0,46$) ; cependant une bonne reproductibilité des tests avec bandes élastiques est notée (CCI à 0,89).

Par la suite, le développement de bandes élastiques plus résistantes a permis la mise en place de « vrais » tests 1-RM.

En 2015, l'étude de Guex (41), porte sur la validité et la fiabilité des mesures par bandes élastiques sur les extenseurs et les fléchisseurs de genou d'adultes sains. Une corrélation forte est retrouvée par rapport aux mesures dynamométriques ($r : 0,93$) ainsi qu'une excellente fiabilité (CCI à 0,98 pour les fléchisseurs et 0,99 pour les extenseurs).

Récemment (42), la validité des bandes élastiques a été, à nouveau, confirmée sur l'évaluation musculaire des extenseurs du genou chez les personnes âgées. Comparativement à l'utilisation d'une machine d'isocinétisme, les bandes élastiques (Thera Band®) montrent une excellente corrélation (coefficient de Pearson à 0,90) et une bonne reproductibilité (CCI à 0,88).

2.2 Les tests n -RM

Il a été montré qu'un test de la 1-RM pouvait être évalué à partir de tests n -RM. Plusieurs études ont d'ailleurs étudié les prédictions d'équations de la 1-RM (Annexe 1). Cependant, les estimations trouvées peuvent être variables (43).

Dohoney (44) a relaté, chez des personnes saines, des résultats différents selon l'utilisation d'un test 4-6 RM ou d'un test 7-10 RM. La concordance avec le test 1-RM est généralement plus forte pour les tests 4-6 RM (r compris entre 0,82 et 0,97) que pour les tests 7-10 RM ($0,76 < r < 0,95$). De plus, il démontre que les plus faibles fiabilités sont constatées au niveau des extenseurs du genou.

L'étude de Shimano (45) confirme ce point. En effet, ce dernier trouve également qu'un nombre plus conséquent de répétitions est possible pour les extenseurs de genou (squat) par rapport aux muscles du membre supérieur. Il en conclut que le nombre de répétitions possibles est défini par la quantité musculaire recrutée lors des exercices. Ainsi, les gros groupes musculaires (comme les extenseurs) permettent plus de répétitions d'exercices que les petits groupes musculaires. Ceci créant un biais dans l'estimation de la 1-RM. Il n'a pas été noté, non plus, de différences entre les personnes entraînées et non entraînées dans le nombre de répétitions exécutées. Une étude iranienne (46) confirme aussi tous ces points précisant que l'entraînement n'influence que très peu le nombre de répétitions dans l'estimation de la 1-RM. Seule une légère différence fut perçue sur les fléchisseurs du coude.

Toutes ces études sont en accord et tendent vers cette conclusion : L'estimation de la 1-RM par des tests avec n répétitions est soumise à la quantité musculaire répétant cet exercice, plus le groupe musculaire est important et plus le nombre de répétitions sera conséquent. La valeur de n influe sur l'estimation de la 1-RM, si celle-ci est basse l'estimation devient alors plus valide.

3 La dynamométrie manuelle

L'objectif de ce travail étant d'apporter une vision actuelle des moyens d'évaluation de la force musculaire et, la technologie évoluant constamment, les études traitées dans cette partie ne se feront que sur les appareils récents (moins de 3 ans). Un rappel sera détaillé concernant les rapports et études antérieures, basé sur une compilation de résultats effectuées dans le bilan musculaire par dynamométrie manuelle de Reese (4).

3.1 Aperçu des études antérieures

La plupart des études menées ont cherché à évaluer la fiabilité de l'outil. On distingue plusieurs types de fiabilités évaluées (fiabilité intra-examineur ; fiabilité inter-examineur ; fiabilité inter-examens).

Les études portant sur la fiabilité intra-examineur montrent généralement des résultats assez élevés (r ou CCI allant de 0,64 à 1, CV inférieurs à 15%).

L'évaluation des études portant sur la fiabilité inter-examineurs est cependant plus nuancée. Les valeurs sont plus faibles, pouvant même être inacceptables. Les études de Barr et de Sexton montrent des CCI descendant à 0,03 et 0,35 respectivement. Notons toutefois que beaucoup d'études apportaient des corrélations acceptables. (4)

En ce qui concerne la fiabilité inter-examens, celle-ci met en avant une bonne fiabilité (CCI proches de 0,90 généralement), semblable à la fiabilité intra-examineur. En effet, dans ces études, l'examen était réalisé par la même personne.

La validité du DMM a aussi été étudiée, montrant des corrélations variables avec les mesures prises par d'autres instruments ou le TMM.

Les études de Bohannon, Sullivan et coll., Reed et coll., Deones et coll. (4) trouvent de bonnes corrélations (r supérieurs à 0,70) ; alors que l'étude de Hayes et Falconner trouve de faibles valeurs (notamment pour la corrélation des données du DMM avec la cotation 4/ « bon » des extenseurs de genou. De plus, l'étude de Trudelle-Jackson en 1994, a montré qu'une bonne corrélation existait entre les dynamomètres manuels et les appareils d'isocinétisme (r compris entre 83 et 85) mais elle montre aussi qu'un mauvais calibrage du DMM peut influencer significativement sur les mesures. (4)

Il est à noter que, dans la plupart des études décrites précédemment, la quantification de la force était exprimée en Newtons (N).

3.2 Validité actuelle des dynamomètres manuels

En 2016, l'étude d'Iwamoto et coll. (47) montre une très bonne corrélation avec la « Functionnal Balance Scale » chez des patients ayant eu un AVC. Le coefficient de Spearman était de 0,83 entre ces 2 outils de mesures, démontrant une bonne validité du construit chez ces patients.

Dernièrement (48), les dynamomètres manuels se sont révélés valides en comparaison d'un système d'isocinétisme pour la mesure des extenseurs du dos en position debout (r de 0,824, $p < 0,001$). Cependant la validité est remise en question sur des mouvements plus complexes comme l'inversion et l'éversion. En effet, l'étude d'Alfuth et coll. (49) retrouve une sous estimation des mesures prises par dynamomètre manuel. L'isocinétisme relevant des données toujours plus élevées quelque soit la position du patient (assis, couché, assis-couché). La corrélation entre ces 2 outils s'étale de 0,205 à 0,562, c'est à dire de mauvaise à moyenne.

3.3 Fiabilités actuelles des dynamomètres manuels

En 2014 (50), paraît une revue recensant les études sur la fiabilité intra-examineur concernant les muscles du membre supérieur depuis 2011. Elle recense sur 54 études, 26 montrant une bonne fiabilité intra-examineur. Parmi les études, on note que la mesure de la flexion et de l'extension est souvent fiable. Cependant, pour des mouvements comme l'abduction et la rotation externe du bras, les résultats sont plus discutables. Quant aux autres mouvements du membre supérieur, les résultats trouvés montrent souvent une mauvaise fiabilité.

Cependant, dans une étude plus récente (2016), Awatani et coll. (51) montre une excellente fiabilité intra-observateur ainsi qu'inter-observateur sur la mesure des muscles abaisseurs du bras. La différence notée est que dans cette étude, les muscles étaient placés en fin de course externe (abduction maximale) alors que dans les autres études, le bras était mis en abduction sur un angle précis. Il montre aussi des résultats semblables, la même année (52), sur la mise en position articulaire à 90° d'abduction ainsi que pour les rotateurs internes. Il faut cependant préciser que les études d'Awatani et coll. ne portaient que sur des sujets sains et présentent un faible niveau de preuve.

Chez des sujets présentant des troubles respiratoires, l'étude de Dowman et coll.(53) présente une bonne fiabilité que ce soit pour les fléchisseurs de coude ou les extenseurs de genou (CCI toujours supérieur à 0,90).

L'étude de Harding et coll. (54) montrait aussi une excellente fiabilité (CCI supérieure à 0,90) sur l'évaluation des extenseurs du dos (décrite précédemment).

Chez des sujets athlétiques, l'étude de Jakson (55) montre une excellente reproductibilité intra-observateur avec un dynamomètre présentant un système de stabilisation articulaire sur de nombreux groupes musculaires des membres inférieurs (abducteurs/adducteurs et rotateurs externes de hanches, extenseurs de genoux et fléchisseurs plantaires, voir annexe 3). Les CCI étaient pour les plus faibles 0,93 et au mieux de 0,98 avec des erreurs de mesure ne dépassant jamais 17,2 N.

L'étude d'Alfuth (49), décrite précédemment, montrait, elle, une fiabilité plus contestable. La fiabilité intra-observateur était plutôt bonne (CCI allant de 0,60 à 0,83) alors que la fiabilité inter-observateur était plus nuancée, avec pour les muscles éverseurs une fiabilité correcte (CCI toujours supérieur à 0,70) et les muscles inverseurs une fiabilité un peu moindre (CCI toujours supérieure à 0,52).

Chez des personnes âgées, la mesure des forces des fléchisseurs de coude et des extenseurs de cheville a été évaluée par dynamomètre manuel (56). Les CCI étaient de 0,60 et de 0,85 respectivement pour les extenseurs de cheville et les fléchisseurs de coude concernant la fiabilité intra-observateur. Pour la fiabilité inter-observateur (seulement 2 observateurs), les CCI s'étalent de 0,62 à 0,87, elles ne sont donc pas différentes de la fiabilité intra-observateur.

Les fiabilités intra-examineur, inter-examineur et inter-appareil, selon Mentiplay (57), furent montrées de bonne à excellente ($CCI > 0,70$) concernant l'évaluation de la force des muscles du membre inférieur chez des adultes sains, en particulier pour les muscles proximaux.

Discussion

1 Le testing musculaire est-il, aujourd'hui, un outil de mesure pertinent pour le masseur-kinésithérapeute ?

1.1 Le testing musculaire : des intérêts indéniables

1.1.1 Faisabilité de l'outil de mesure

Le testing manuel musculaire est un outil très utilisé. En effet, il paraît invraisemblable, pour les MK, d'évaluer la force musculaire d'un patient sans penser à cette méthode. Comme le souligne Béthoux et Calmels, « l'intérêt d'un outil de mesure est conditionné par d'autres critères que ses qualités psychométriques. » (3) Que ce soit dans des situations de prises en charge aiguë, chronique ; dans un centre hospitalier ou de rééducation, au cabinet ou à domicile, le testing musculaire bénéficie d'un avantage certain sur les autres outils d'évaluation de la force musculaire : sa faisabilité. Aucun matériel, exceptés les mains du thérapeute, n'est indispensable à sa réalisation.

De plus, son coût nul, n'est pas à négliger. Comparativement à des machines d'isocinétisme (complètement hors d'atteintes pour certaines structures) ou à un nombre important d'appareils de musculation nécessaire à l'évaluation quantitative, le testing musculaire représente une manière d'évaluer la force sans impact sur le budget de l'institut ou du cabinet. Pour des jeunes MK libéraux n'étant pas pourvu d'un grand nombre de matériels, l'utilisation du testing musculaire représente alors une économie importante. L'espace nécessaire à son utilisation, est lui aussi, un critère important, pour des raisons évidentes d'optimisation de l'espace (cela est particulièrement valable pour les cabinets libéraux situés dans des grandes villes).

1.1.2 Une validité et une fiabilité acceptables (sous certaines conditions)

La fiabilité intra-observateur est jugée bonne dans la plupart des études (surtout en présence d'examineurs expérimentés et d'une évaluation standardisée). Sa fiabilité inter-observateur, elle, a longtemps été remise en question, cependant les études relevant de faibles valeurs ne comportaient pas de protocoles strictes ou/et d'utilisateurs expérimentés. Seule, l'étude de Mahony (26), dénote dernièrement une mauvaise fiabilité mais celle-ci met en avant un autre problème. En effet, cette étude montrait que la plupart des sujets avaient un niveau de force permettant le mouvement contre pesanteur, les cotations 4 et 5 étant les véritables points faibles du testing (ce point sera détaillé dans la parties concernant les limites du testing).

Concernant la validité, la plupart des études corrélent les résultats à ceux du testing (surtout dans les cotations inférieures à 3) et montrent que les mesures dynamométriques confirment les déficits de force musculaire retrouvés par le TMM, ce qui fait du testing musculaire un bon outil spécifique.

1.1.3 Un éventail inégalable de muscles évaluables

Le testing est un outil de mesure de la force musculaire applicable aussi bien pour les muscles des membres que ceux du tronc et de la face. Pourtant la plupart des études, comparant le testing avec d'autres outils, se portent sur des muscles facilement évaluables (extenseurs de genou, adducteurs d'épaule, fléchisseurs du coude...etc). Peu d'études portent, malheureusement, sur l'intérêt du testing pour des petits groupes musculaires difficilement évaluables de manière quantitative (muscles de la mimique et de la face, diaphragme...etc).

1.1.4 Un score relativement « concret »

Le testing repose sur des données cliniques. Comparativement à des données numériques de force pouvant être abstraites pour le patient, la passation d'un score 2 à 3, par exemple, se manifeste par l'affranchissement du membre à la pesanteur, ce qui fournit un *feedback* non contestable et facilement interprétable pour le patient. (1)

Cependant, cela n'est valable que pour des scores inférieurs ou égales à 3, l'attribution de la résistance reposant, elle, sur des facteurs subjectifs propres à l'examineur ; il devient alors préférable d'opter pour des outils de mesure fournissant des valeurs quantitatives.

1.2 Des limites à ne pas négliger

1.2.1 Une variabilité importante

Il est important de rappeler que le niveau requis pour un muscle à s'affranchir de la pesanteur n'est pas le même quelque soit le muscle, comme le rappelle van der Ploeg et al (58). Ainsi, un quadriceps ne développera pas la même force qu'un biceps brachial à développer un mouvement contre pesanteur. Un quadriceps cotée à 3 sera alors plus proche d'une force normale qu'un biceps brachial. Le même score ne sera donc pas représentatif pour chaque muscle.

De plus, l'étude de Dvir (59), montre que pour les muscles mobilisant le coude ou le genou, une graduation à 4 sur l'échelle MRC équivalait à moins de 10% de la force maximale des muscles concernés (valeur pouvant aller jusqu'à 30-40% pour des muscles de l'épaule ou de la hanche). Il rapporte que la cotation 4 ne doit donc pas être considérée comme un critère valide de mesure de la force étant donné l'importance des variations de force constatés dans cette même cotation.

De surcroît, une grande variabilité de population et de pathologies existent, modifiant ainsi les niveaux de force requis pour accomplir certaines actions. Par exemple, il est estimé que, selon Piering (60), à l'âge de 80 ans une personne a perdu environ 50% de sa masse et force musculaire, or les praticiens ont tendance à surcoter ces patients, pensant que cette force est « normale » par rapport à l'âge du patient.

1.2.2 Une standardisation : oui mais...

Les études montrent que le respect d'un protocole strict est un critère indispensable à la reproductibilité. Cependant, dans toutes les études avec protocole, celui-ci était revu juste avant les mesures. En pratique, un clinicien est confronté à la mesure de force musculaire sans révision du protocole de mesure au préalable, entraînant un biais dans l'exécution due à la mémoire de l'examineur. L'étude d'Escholar (27) a bien montré qu'une différence significative existait après une première session de formation au protocole de mesure et la deuxième.

De plus, plusieurs protocoles existent et sont valables pour le testing d'un muscle, selon le patient et la préférence du praticien. Or, l'installation du patient, le point d'application de la résistance, l'angle articulaire sont autant de critères pouvant influencer sur la force produite et mesurée. (61)

Sur le terrain, l'existence d'une standardisation du testing musculaire avec un protocole strict demeure, pour moi, une utopie.

1.2.3 Une sensibilité faible et un effet plafond

Presque toutes les études précédentes montrent un problème de sensibilité pour le testing, notamment pour les cotations 4 et 5. Une même cotation 4 pour un muscle peut présenter des différences de force très importantes. En effet, surtout pour les gros groupes musculaires, comme les extenseurs de genou, plus de 500 N de différences peuvent exister pour une même cotation. (28) L'examineur étant le seul élément permettant de juger la force musculaire, la force résistante de celui-ci est particulièrement limitante lorsque cette dernière est inférieure à celle du patient. Les études ont montré que la force d'évaluation du praticien était peu adaptée à l'évaluation de muscles développant des forces trop importantes.(29) (30) Cela entraîne manifestement une tendance à la sur-cotation lors de l'évaluation. Le thérapeute se retrouve alors dans un flou décisionnel sur le choix de la cotation à attribuer, altérant de ce fait fortement la validité et la fiabilité du testing pour des muscles ayant une force supérieure ou égale à 4.

2 La quantification de la force musculaire : quels outils paraissent les plus appropriés pour le MK dans sa pratique quotidienne ?

2.1 Le test 1-RM

Dans toutes les études montrées précédemment, le test 1-RM se révèle être un outil valide et fiable. Sur de nombreuses populations, ce test est approprié, en particulier chez les sportifs. Bien que son panel de muscles évaluables soit inférieure à celui du testing musculaire, il offre la possibilité d'évaluer, quantitativement, de nombreux groupes musculaires à l'aide d'appareils largement utilisés par le MK lors de la rééducation (presse, haltères, bandes élastiques...). Comparativement à l'isocinétisme, le test 1-RM offre des données relativement proches pour un coût largement diminué ; cependant la sélection de la charge initiale lors du test est une étape importante nécessitant un évaluateur expérimenté ayant une connaissance des normes ; à défaut la réalisation d'un *breaktest* est une solution pertinente pour aider le MK dans le choix de cette charge. De plus, il faut prendre en compte que de nombreuses machines sont nécessaires afin d'évaluer un nombre suffisant de groupes musculaires et que l'espace nécessaire est donc conséquent.

2.2 Quels appareils de mesure utiliser dans l'établissement de la 1-RM ?

Nous avons vu qu'il existait plusieurs appareils permettant d'établir la 1-RM. Cependant les études font ressortir une certaine hiérarchie, quant à l'utilisation de certains appareils. De ce fait, les machines à charges libres montrent des résultats avec une excellente reproductibilité alors que l'utilisation de poids libres montre une sous-estimation de la force musculaire avec des résultats pourtant fiables. Cela s'explique par le recrutement de muscles stabilisateurs de l'articulation lors du déplacement de la charge puisque les mouvements ne se déroulent plus dans un seul plan. (1) Cet inconvénient n'est pas négligeable sachant que, chez certains patients, le contrôle et la qualité du mouvement sont déficients. De plus, l'utilisation de poids libres est plus à risque car les poids peuvent tomber et provoquer ainsi des blessures. Enfin, les poids libres ne peuvent couvrir une résistance égale sur toute la course articulaire, pouvant engendrer des contraintes, lors du test, sur des secteurs lésionnels.

On peut nuancer ce propos en rendant compte de la fonctionnalité du geste accompli par poids libres. En effet, le mouvement effectué, avec recrutement des muscles stabilisateurs, s'inscrit dans le mouvement « physiologique » qui est plus intéressant que le mouvement analytique pur. Par exemple, une différence très importante de force entre un test 1-RM réalisé par machine et un test 1-RM par poids libres en abduction de bras peut signifier un déficit important des muscles stabilisateurs de la scapula, de la coiffe des rotateurs... Son utilisation peut donc aussi orienter le bilan par la suite.

L'utilisation de bandes élastiques est encore assez récente pour déterminer la 1-RM directement, elle montre pourtant déjà des intérêts : la validité et la fiabilité sont bonnes (si le protocole s'appuie sur la distance maximale d'élongation de la bande), le code couleur apporte un *feedback* facilement compréhensible pour le patient et c'est une méthode sécurisée donnant peu d'inconfort (1). Cependant, il existe encore une difficulté de standardisation quant à la position du patient, la distance de traction, l'interprétation des tests, rendant les études difficilement comparables entre elles. Il existe de plus, une différence entre les marques de bandes élastiques (ex. Duraband® et Theraband®), n'ayant pas le même code couleur, ni le même rapport entre la force développée et le pourcentage d'élongation. Cependant, la plupart des études se concentrent actuellement sur l'utilisation des bandes élastiques de la marque Theraband® étant les seules à fournir des indices de force (annexe 2).

2.3 Et la n -RM ?

L'estimation de la 1-RM par des tests avec n répétitions s'établit par une équation ; celle ci est soumise à plusieurs facteurs comme la quantité musculaire du muscle évalué et le nombre de répétitions effectuées. Si n est petit, la prédiction de la 1-RM est plus valide(43)(44)(45). Même si la 1-RM est un test plus fiable et valide pour évaluer la force musculaire, le test n -RM est une excellente alternative si un inconfort, une douleur ou des lésions sont présentes chez le patient.(1)

2.4 La dynamométrie manuelle : le testing musculaire quantifié ?

La dynamométrie manuelle offre généralement une validité et une fiabilité moindre par rapport aux tests RM. Cela est due à son manque de standardisation. Le positionnement de l'appareil doit être très stricte et nécessite un évaluateur expérimenté car il est important de noter que l'appareil ne mesure par une force mais un moment de force à distance de l'articulation (61). Le moment de force, s'exprimant en N.m (produit de la force générée et de la distance entre son point d'insertion et l'axe de rotation), est dépendant du positionnement de l'appareil, devant être scrupuleusement précisé pour chaque mesure afin que celle-ci soit valide et reproductible. Chaque étude offrant souvent ses propres protocoles de mesure, cela les rend difficilement comparables entre elles et une uniformisation des protocoles de mesure améliorerait grandement la fiabilité de l'appareil. (4)(50)

On distingue aussi une variation entre les muscles évalués. L'évaluation par dynamométrie manuelle de certains groupes musculaires (comme ceux de la cheville) n'est pas recommandée car les mouvements complexes (>1 plan) et la surface de pose du dynamomètre ne permettent pas des mesures valides et reproductibles. (50)

La force de l'examineur, afin d'exercer une résistance au mouvement, pourrait constituer une limite, comme pour le testing, cependant certains protocoles offrent des versions alternatives avec utilisation de sanglage, ce qui, pour des groupes musculaires comme les extenseurs de genou est une solution recommandée.

Malgré ces inconvénients, le dynamomètre manuel représente une manière relativement peu coûteuse, non encombrante et facilement transportable pour le MK, pour évaluer la force de nombreux groupes musculaires.

Conclusion

Ce travail a permis d'éclairer mon point de vue sur le testing et sur les différentes manières d'évaluer la force musculaire de patients.

J'observe que le testing se révèle être un bon outil, pour le MK, valide et reproductible, sous certaines conditions. Tout d'abord, son utilisation doit respecter un protocole strict et il est nécessaire que celui-ci soit identique à chaque patient et pathologie afin d'éviter la sur-cotation ; ensuite, on observe que l'utilisation du testing est surtout réservée à des muscles particulièrement faibles tels que ceux rencontrés dans des pathologies neuromusculaires (paralysie, maladie de Duchenne...) et qu'elle manque cruellement de sensibilité pour des muscles ou groupes musculaires permettant l'affranchissement de la pesanteur et de résistances supplémentaires.

Il devient préférable d'utiliser des méthodes d'évaluation quantitatives, certes plus contraignantes (coût, espace requis, temps de passation), mais plus reproductibles et valides pour objectiver une évolution et mesurer des éventuelles progrès pour des muscles dépassant la cotation 3.

Parmi les méthodes quantitatives, le test 1-RM se montre être la meilleure façon (en excluant l'isocinétisme) de mesurer la force musculaire. Cette méthode est à la fois valide et très reproductible, offrant pour le thérapeute une manière relativement simple d'évaluer avec des appareils couramment utilisés dans la rééducation.

Une hiérarchisation des appareils apparaît, mettant en avant une meilleure reproductibilité avec des machines à charge libres (comme une presse), ainsi qu'un possible travail en chaîne cinétique fermée (mouvement fonctionnel), comparativement à des poids libres qui sous-entendent un contrôle musculaire supplémentaire nécessaire à la stabilisation articulaire lors du test.

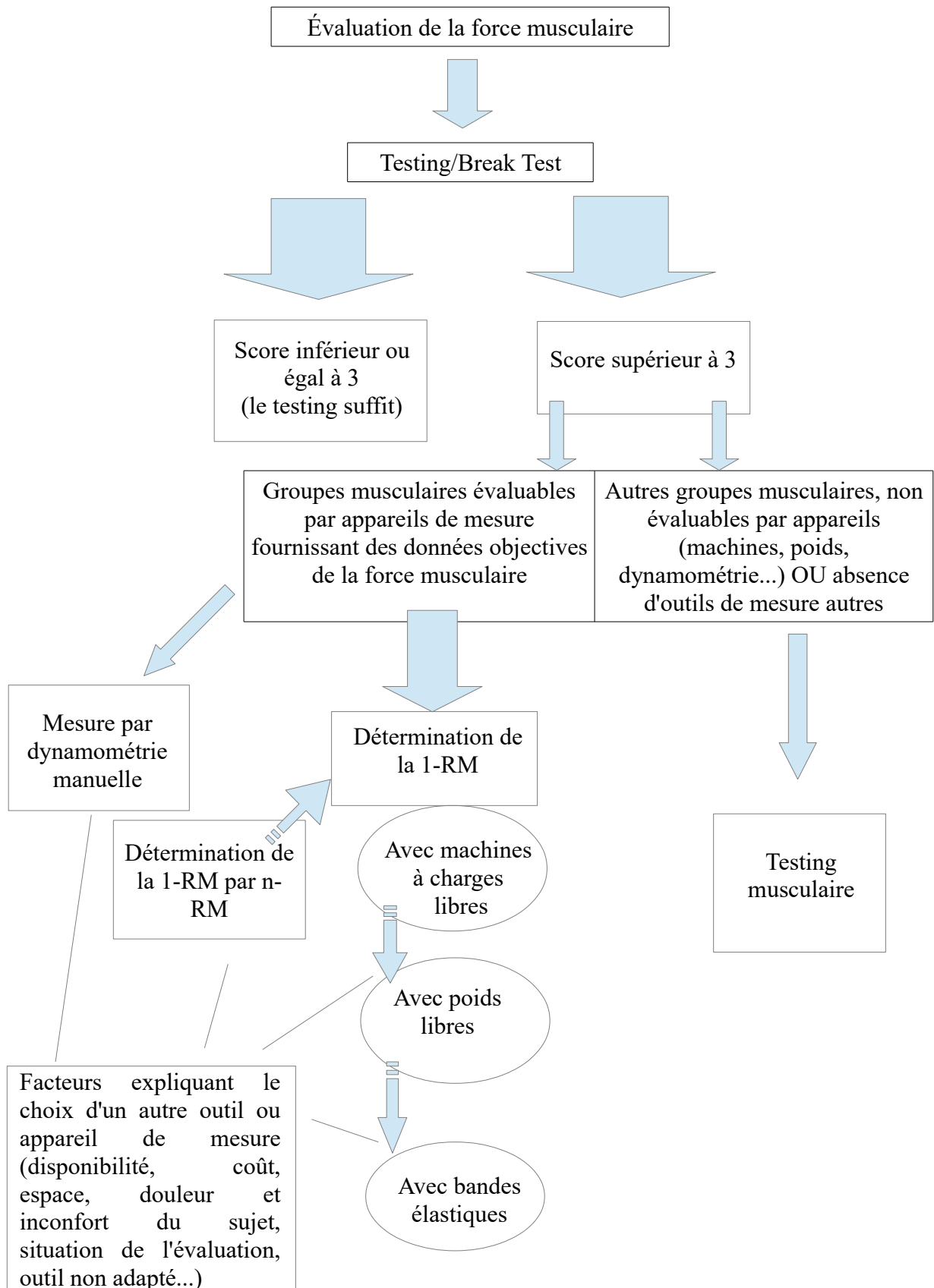
Une méthode par bandes élastiques existe aussi, pouvant être une excellente alternative aux poids libres ou machines pour des personnes ayant une atteinte des tissus mous ou éprouvant une douleur et/ou un inconfort à l'utilisation des appareils précédemment cités. On peut noter aussi, l'utilisation d'un test n -RM pour les mêmes raisons, tout en privilégiant le minimum de répétitions si possible, ce qui améliore la reproductibilité.

Quant au dynamomètre manuel, son utilisation est encore assez discutable au vu des fiabilités variables selon les groupes musculaires. Cependant, il possède des avantages non négligeables en terme de faisabilité et permet d'évaluer un nombre important de groupes musculaires. Son avancée technologique, une formation généralisée sur son fonctionnement ainsi qu'une standardisation des protocoles de mesure permettraient de renforcer la validation de cette méthode qui, dans la continuité du testing musculaire, offre une manière rapide d'évaluer la force musculaire.

Une synthèse schématisée par un arbre décisionnel est représentée page suivante.

La force musculaire étant intimement liée à la fonction motrice, il serait intéressant d'observer la relation entre force musculaire et performance fonctionnelle dans un travail futur.

Fig.1 : « Arbre décisionnel du choix de l'outil dans l'évaluation de la force musculaire »



N.B : Dans ce schéma, la détermination de la 1-RM sera prioritaire par rapport à la mesure par dynamométrie manuelle en l'absence de facteurs expliqués ci-dessus.

Annexes

Sommaire

Annexe 1 : Tableau présentant des études sur la prédiction de la 1-RM à partir de la n-RM

Annexe 2 : Tableau de représentation des moments de force en fonction de l'angle bras-tronc selon les différentes bandes élastiques (Thera Band) disponibles

Annexe 3 : Résultats de l'étude de Jackson et Coll.

Tableau de recherche utilisé pour l'exploitation des résultats sur le Testing

Tableau sur les méthodes quantitatives

Bibliographie

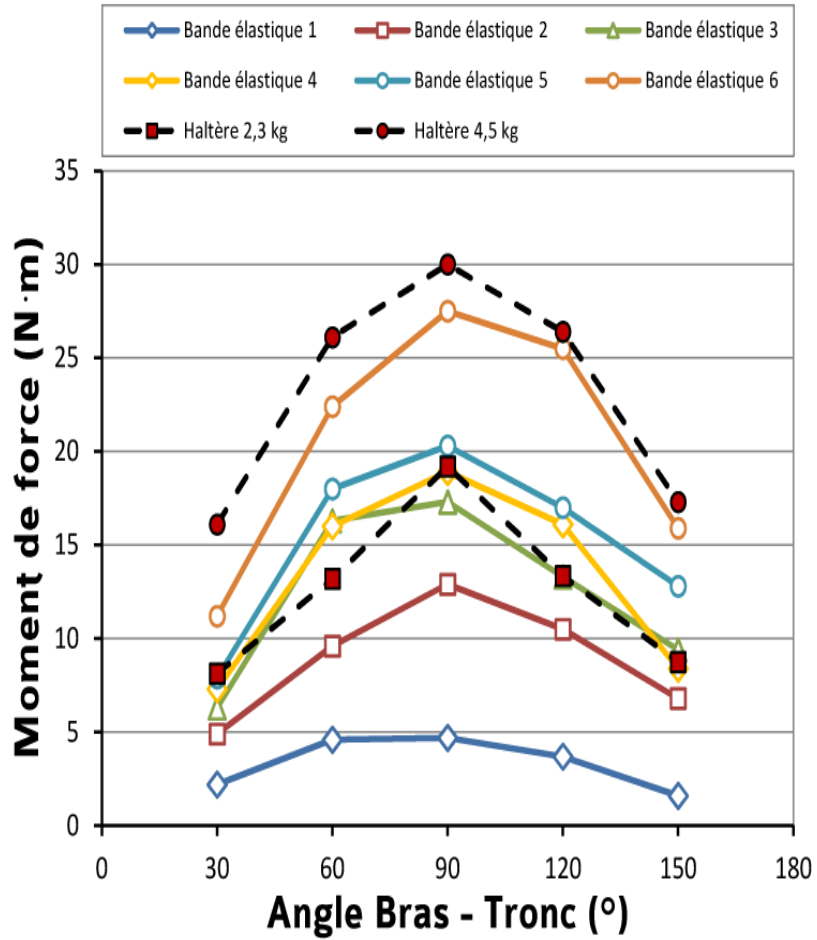
TABLE 5
Results from studies on prediction of 1RM from the nRM test

Study	Sample	Test	Exercise	Prediction
Pereira and e Gomes ²⁷	M (n =11) and F (n =13)	8-10RM 25°·s ⁻¹ and 100°·s ⁻¹	squat bench press	25°·s ⁻¹ : M: r =0.83; F: r =0.86 100°·s ⁻¹ : M: r =0.94; F: r =0.91 25°·s ⁻¹ : M: r =0.92; F: r =0.95 100°·s ⁻¹ : M: r =0.94; F: r =0.95
Pereira and Gomes (unpublished data)	M (n =4) and F (n =6)	8-10RM 25°·s ⁻¹ and 100°·s ⁻¹	squat bench press	25°·s ⁻¹ : ~75%1RM 1RM(kg) = 1.79·load-30.02 100°·s ⁻¹ : ~86%1RM 1RM(kg) = 1.01·load+15.27 25°·s ⁻¹ : ~70%1RM 1RM(kg) = 1.65·load-4.78 100°·s ⁻¹ : ~79%1RM 1RM(kg) = 1.30·load-1.70
Kraemer et al. ²⁸	M (n =8) untrained w/ experience	10RM 15 reps·min ⁻¹	bench press, lat pulldown, knee extension, knee flexion	~75%1RM
Braith et al. ⁹	M (n =33) and F (n =25) sedentary	7-10RM pre- and post-training	bilateral knee extension	pre ~70%1RM 1RM(kg) = 1.554·load-5.181 r =0.94 SEE =9.3 kg post ~80%1RM 1RM(kg) = 1.172·load+7.704 r =0.95 SEE =9.9 kg
Cummings and Finn ³⁰	F (n =57) untrained	4-8RM	bench press	1RM(kg) = 1.149·load+0.7119 R =0.93 SEE =1.92 kg 1RM(kg) = 1.175·load+0.839·reps-4.2978 R =0.94 SEE =1.73 kg
Hopkins et al. ²⁶	M (n =3) and F (n =16) untrained (3 w/ no adaptation)	7-10RM pre- and post-training	shoulder press knee extension	-85%1RM pre r =0.98; post r =0.99 -80%1RM pre r =0.96; post r =0.98
Abadie and Wentworth ²⁹	F (n =30) untrained	5-10RM	chest press shoulder press knee extension	1RM(lb) = 7.24+1.05·load r =0.91 SEE =2.5 kg 1RM(lb) = 1.43+1.20·load r =0.92 SEE =1.6 kg 1RM(lb) = 4.67+1.14·load r =0.94 SEE =2.3 kg

M – males; F – females; R – multiple correlation coefficient; r – Pearson's or simple correlation coefficient; SEE – standard error of the estimate; reps – number of repetitions.

Annexe 1

Tableau présentant des études sur la prédiction de la 1-RM à partir de la n-RM



Annexe 2

Tableau de représentation des moments de force en fonction de l'angle bras-tronc selon les différentes bandes élastiques (Thera Band ®) disponibles

Table 2. The reliability of test and retest in male, female, and total.

Test		Male (n=15)	Female (n=15)	Total (n=30)
Biceps curl	CV	.325	.64	
	ICC	.993**	.996**	.998**
Triceps extension	CV	.30	.55	
	ICC	1.000**	.995**	1.000**
Shoulder press	CV	.22	.44	
	ICC	.644**	.998**	.913**
Lat pull down	CV	.205	.44	
	ICC	.979**	.998**	.995**
Low row	CV	.23	.48	
	ICC	.836**	1.000**	.961**
Bench press	CV	.29	.535	
	ICC	.997**	1.000**	.999**
Hip flexion	CV	.17	.31	
	ICC	.969**	.996**	.992**
Hip extension	CV	.05	.20	
	ICC	1.000**	.999**	1.000**
Leg curl	CV	.12	.325	
	ICC	.998**	.994**	.998**
Leg extension	CV	.155	.31	
	ICC	.997**	.994**	.999**
Leg press	CV	.235	.315	
	ICC	.997**	.997**	.998**
Squat	CV	.345	.53	
	ICC	.992**	.973**	.994**

ICC, intraclass correlation coefficient; CV, coefficient of variation; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Annexe 3

Résultats de l'étude de Jackson et coll. (55)

Tableau de recherche utilisé pour l'exploitation des résultats sur le Testing

Source	Auteurs	Année	Objectifs de l'étude	Protocole utilisé	Résultats	Intérêt pour le mémoire
Bilan musculaire de Daniels et Worthingham, 2015 (1)	Beasley et coll.	1956	Influences des méthodes utilisées sur la mesure de force des extenseurs de genoux chez des enfants post-polio.	Enfants de 9 à 12 ans, cotation testing et mesures dynamométriques, nombre de sujets non détaillé	Manque de corrélation, différence de force 20% à 25% pour une même cotation	Corrélation des mesures dynamométriques avec le testing
	Bohannon	1986	Corrélation des mesures dynamométriques avec le testing musculaire	50 patients, tau de Kendall comme outil de corrélation	Bonne corrélation avec surestimation pour le testing des cotations	Corrélation des mesures dynamométriques avec le testing
Pubmed	Aitkens et coll.	1989	Corrélation des mesures dynamométriques avec le testing musculaire chez des patients ayant des pathologies neuro-musculaires	21 patients souffrant de maladies neuro-musculaires évalués 26 fois, outil de corrélation : Spearman	Bonne corrélation sauf pour mesures égales ou supérieur à 4 ; 16 à 24% d'écarts	Corrélation des mesures dynamométriques avec le testing
Pubmed	Schwartz et coll	1992	Corrélation des mesures dynamométriques avec le testing musculaire sur les muscles du membre supérieur	122 patients avec lésions de la moelle entre C4 et C6, corrélation de Spearman Plusieurs mesures prises respectivement à 72h, 1 semaine, 2 semaines et post lésion à 1,2,3,4,6,12,mois	22 sur 24 corrélations significatives ; meilleure corrélation pour scores inférieurs à 4	Corrélation des mesures dynamométriques avec le testing

Pubmed	Herbison	1996	Myomètre contre testing musculaire	88 patients avec lésion complète sur le secteur C4 à C8 testés 2 intervalles distincts, force de flexion du coude étudiée	Le myomètre détecte des changements autres que le testing. Testing peu précis	Corrélation des mesures dynamométriques avec le testing
PubMed	Bohannon	2005	Étude sur le testing musculaire comme outil de diagnostic	107 patients de centre de rééducation, force des extenseurs de genou mesurée avec testing et dynamométrie	Spécificité du testing acceptable (plus de 80%) manque de sensibilité (toujours inférieur à 75%) pour distinguer les différences de forces entre jambe droite et gauche	Corrélation des mesures dynamométriques avec le testing
Pubmed	Paternostro-sluga	2008	Validité et fiabilité du testing pour les muscles intrinsèques de mains	31 patients avec paralysie radiale. Outil de Spearman(validité) coefficient de kappa (fiabilité intra-examineur) pour corréler les mesures dynamométries avec testing	Corrélation bonne et bonne fiabilité validité supérieur à 0,78 fiabilité entre 0,77 et 0,88	Corrélation des mesures dynamométriques avec le testing + fiabilité intra-examineur du testing
Arch Phys Med rehab	Brown et coll.	1991	Validité d'un test 72 h après lésion spinale	29 patients avec lésion complète entre C4 et C7	Le testing était utilisée dans cette étude et a permis de mettre en évidence la supériorité de mesure sur un test 72h après en comparaison d'un test 24h après, outil corrélé avec le Fisher exact test	Testing comme outil diagnostic
Arch Phys Med rehab	Lazar et coll	1989	Relation des capacités motrices avec le devenir	52 quadriplégiques et 26 paraplégiques. Corrélation de l'indice de Barthel avec le testing à 30	Corrélation significative	corrélation des scores TMM avec l'état de la fonction motrice de

			d'un patient post lésion spinale	et 60 jours post-lésion		patients quadriplégiques.
Muscle Nerve	Hermans et coll.	2012	Fiabilité du Testing comme outil de mesure de force de flexion du poignet chez patients en soins intensifs	75 patients étudiés pour le testing Coefficient de Kappa et coefficient de corrélation intra-classe utilisés	CCI de 0,95 k allant de 0,68 (déficience significative) à + de 0,90 (déficience sévère de force)	fiabilité intra-examineur du testing + validité diagnostic
Critical Care	Connolly	2013	Valeur prédictive du testing pour patients en service de soins intensifs + fiabilité inter-observateur	20 patients (fiabilité) 94 patients (validité diagnostic) kappa et CCI utilisés	Fiabilité de 0,94 , validité diagnostic à 0,60 selon le kappa	Fiabilité inter-observateur+ validité diagnostic du testing
Phys Ther Rev	Lilienfield	1954	Fiabilité inter-observateurs	Non obtenu, statistiques descriptives utilisées + utilisation d'un facteur de pondération de masse musculaire	Concordance à 60-66% des cas	Fiabilité testing
Phys Ther Rev	Blair	1957	Fiabilité du testing	Non obtenu	Concordance moyenne	Fiabilité testing
Phys Ther Rev	Iddings et coll.	1961	Étude de fiabilité inter et intra observateur	Statistiques descriptives, protocole au choix selon l'examineur	41 à 51% de concordance complète et 87 à 93% à plus ou moins une cotation	Fiabilité testing
Phys Ther Rev	Wadsworth	1987	Fiabilité intra-examineur du testing	5 groupes musculaires étudiés sur 11 patients, protocoles standardisés	Coefficient de corrélation allant de 0,63 à 0,98	Fiabilité testing
Phys Ther Rev	Florence et coll.	1992	Fiabilité intra	102 patients atteints de maladie	Corrélation allant de 0,65 à	Fiabilité

			observateur du testing	de duchenne, de 5 à 12 ans, 18 muscles étudiés	0,99	testing
J Hand Ther	Brandsma	1995	Fiabilité inter et intra du testing sur muscles de la main	28 patients atteints de neuropathie ulnaire ou médian, 9 muscles étudiés	Fiabilité intra allant de 0,71 à 0,96 et inter-examineur de interobservateur de 0,72 à 0,93	Fiabilité testing
Phys ther rev	Frese	1987	Fiabilité testing	110 patients évalués et 11 examinateurs ; trapèze moyen et moyen fessier étudiés, pas de standardisation	Faible fiabilité, corrélation de 50 à 60%	Fiabilité testing
Phys Occup Ther Pediat	Mahony	2009	Fiabilité interobservateur du testing	20 enfants atteints de spina bifida de 5 à 15 ans,	CCI allant de 0,37 à 0,75	Fiabilité testing
Muscle Nerve	Escholar	2001	Fiabilité testing	12 enfants atteints de maladie de duchenne, 2 thérapeutes de plus de 10 ans d'expérience	CCI supérieurs à 0,75	Fiabilité testing
Percept Mot skills	Bohannon	2000	Étude rétrospective sur la sensibilité du testing	Basée sur 4 études précédentes de bohannon sur des patients présentant des scores égales à 5	Plus de 560 N de différences peuvent exister dans une même cotation	Sensibilité testing
J Ortho Sports Phys Ther	Wikholm	1991	Comparaison des mesures de différents testeurs avec mesures dynamométriques	3 examinateurs, sur 27 adultes étudiés sains, rotation externe d'épaule flexion du coude et extension du genou étudiés	Force non adapté du thérapeute si le muscle possède une force dépassant 120 N	Effet plafond du testing
J Ortho Sports Phys Ther	Mulroy	1997	Comparaison homme femmes sur la possibilité de mesurer la force	Quadriceps de 7 hommes et 12 femmes évalués post polio	Surcotation observée plus souvent chez thérapeutes femmes	Effet plafond limite du testing

Tableau sur les méthodes quantitatives

Source	Auteurs	Année	Objectifs de l'étude	Protocole utilisé	Résultats	Intérêt pour le mémoire
J Sci Med Sport	Levinger	2009	Fiabilité de la 1-Rm pour personnes non entraînés	53 personnes évalués 2 fois de 4 à 8 jours d'intervalle pour 7 groupes musculaires différents	CCI supérieur à 0,99	Fiabilité 1 RM
J Sport Sci	Verdijk	2009	Validité 1-Rm pour mesure de force du quadriceps	Corrélation par outil de Pearson avec dynamométrie chez 55 personnes (population hétérogène)	R toujours supérieur à 0,70	Validité 1 -Rm
Asian J sport	Abdul-Hameed	2012	Fiabilité 1 RM	Population de diabétiques type 2 (25), muscles du membre inférieur et supérieur	Cci toujours supérieurs à 0,98	Fiabilité 1-RM
J Strenht Cond Res	Faigenbaum	2012	Fiabilité 1-RM	36 adolescents athlètes masculins ayant plus d'un an d'entraînement	CCI supérieurs à 0,98	Fiabilité 1-RM
J Sport Sci	Seo	2012	Fiabilité 1-RM	30 personnes de 18 à 35 ans avec expérience minimum de 3 mois aux exercices	CCI supérieurs à 0,91	Fiabilité 1-RM
Nasa	Kirk	2008	Comparaison méthode avec 1-Rm	6 personnes non entraînés	Fiabilité supérieur à 0,89 pour la 1-RM avec poids libres	Fiabilité 1 RM avec poids libres
J Strenht Cond Res	Mc Kurdy	2008	Validité et fiabilité 1-RM avec outils non stables	9 hommes et 7 femmes	Fiabilité supérieur à 0,93 et validité en corrélation avec machines à charges libres de 0,80	Validité et Fiabilité 1-RM avec poids libres

Western Kentucky University	Thoma	2006	Comparaisons 1 Rm avec poids libres	31 hommes entraînés ayant plus de 4 ans d'expérience sportives minimum	Sous estimations mesures avec poids libres par rapport aux machines à charges libres	Limite poids libres dans 1-RM
Journal of Sport Rehab	Newsam	2005	Fiabilité 1-rm avec bandes élastiques	Prédiction de 1 RM par 8 RM, 15 personnes évaluées, Duraband, rotation d'épaule externe et internes + extension du bras	CCI élevés pour les rotations d'épaule mais moyen pour abaisseur (0,65)	Utilité bandes élastiques dans la mesure de force
Journal of geriatric physical therapy	Manor	2006	Validité et fiabilité mesures avec bandes élastiques chez personnes âgées	48 personnes âgées, 3 sessions de mesures, protocole différent avec maintien de position pendant 30 secondes, comparaison de validité avec haltères	Corrélation moyenne avec haltères (r : 0,62) mais faible avec isocinétisme (r < 0,45) et fiabilité correcte (CCI de 0,89)	Utilité bandes élastiques
Journal of novel Physiotherapy and physical rehabilitation	Nyberg	2016	Validité des bandes élastiques chez les personnes âgées (mesure de force des extenseurs de genoux)	24 personnes âgées, comparaison avec système isocinétique, protocole selon distance d'élongation, theraband	Fiabilité bonne (CCI de 0,88) et validité correcte	Utilité bandes élastiques
J Strenht Cond Res	Schimano	2006	Relation du nombre de répétitions avec la force musculaire maximale	8 hommes entraînés et 8 non entraînés, tests faits à 60, 80, 90% de la 1-RM	Nombre de répétitions important diminue la validité de la prédiction 1-RM	Validité n-RM
JEP online	Dohoney	2002	Comparaison prédictions d'équation 4-6 RM ET 7-10RM	34 personnes saines de 19 à 32 ans. Mesures séparés par 48h d'intervalle minimum	Le 4-6 RM est plus fiable que le 7-10RM.	Validité et fiabilité n-RM
J Strenht Cond Res	Schimano	2006	Relation du nombre de	8 hommes entraînés et 8 non	Un nombre de répétitions	Utilité n-RM

			répétitions avec la force musculaire maximale avec poids libres	entraînés, tests faits à 60, 80, 90% de la 1-RM	important la validité du test 1-RM par prédiction	
University of Guilan	Arazi	2011	Relation entre pourcentages de la 1-RM et nombre de répétitions	9 hommes entraînés et 9 non entraînés. Test à 75, 85 et 95% de la 1-RM, étude randomisée	Plus le pourcentage est faible plus le nombre de répétitions est important	N-RM, nombre de répétitions
J phys Ther Sci	Iwamoto	2016	Fiabilité et validité DMM chez patients post AVC	Randomisée, 60 patients post-AVC, corrélation avec FBS	Fiabilité entre 0,91 et 0,98(CCI) et validité en comparaison à la FBS de 0,83	Validité et fiabilité dynamomètre manuel
SAGE open Med	Harding	2017	Fiabilité + validité DMM pour extenseurs du dos	2 sessions séparés de 5 jours, 52 personnes saines, comparaison avec système isocinétique	Fiabilité supérieure à 0,90 et 11% de variance avec isocinétisme	Utilité DMM
J Sport Phys Ther	Alfuth	2016	Validité fiabilité DMM sur inverseurs et éverseurs de pied	31 personnes évaluées par 2 thérapeutes sur 2 jours	Fiabilité intra de moyenne à bonne (CCI de 0,6 à 0,8) inter de mauvaise à bonne (0,5 à 0,8)	Utilité DMM
J phys Ther Sci	Awatani	2016	Intérêt du DMM pour les mesures d'extension de l'épaule	13 volontaires, mesure effectuée en pronation et abduction maximale, 2 sessions, 3 essais autorisés par session	CCI des mesures supérieurs à 0,94, moins de 20 N d'erreurs	Utilité DMM
J phys Ther Sci	Awatani	2016	Intérêt du DMM pour les mesures d'extension de l'épaule	12 volontaires, mesure en pronation à 90° d'abduction, 2 sessions, 3 essais autorisés par session	CCI supérieurs à 0,90	Utilité DMM
Physiotherapy	Downman	2016	Fiabilité du DMM chez patients en	30 patients, mesure de la flexion du coude,	CCI supérieurs à 0,95	Utilité DMM

			insuffisance respiratoire	2 examinateurs		
Musculoskeletal Sci Pract	Jackson	2017	Fiabilité DMM avec stabilisation pour muscles du membre inférieur	15 volontaires d'une population athlétiques (coureurs)	CCI de 0,93 à 0,98 avec des erreurs max de 17,2 N	Utilité DMM
Clin Physiol Funct Imaging	Buckinx	2015	Fiabilité du DMM chez les personnes âgées	30 résidents de maison de retraite mesurés par DMM avec espacement de 4 jours après première mesure et 8 jours avec un second opérateur, muscles de la flexion du coude et de la cheville étudiés	CCI allant de 0,60 à 0,85 pour un même opérateur et de 0,62 à 0,87 entre 2 opérateurs	Utilité DMM
Plos One	Mentiplay	2015	Étude de validité et fiabilité du DMM pour les muscles du membre inférieur	30 personnes saines, 2 sessions	Bonne fiabilité observée (CCI supérieurs à 0,70) mais validité de faible à bonne en comparaison dynamométrie stable isocinétique (CCI de 0,31 à 0,79)	Utilité DMM

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages :

- (1) Hislop H.J, Avers D, Brown M, Le bilan musculaire de Daniels et Worthingham. Édition Elsevier Masson, 2015 : préface (VIII ; XIII-XIV) ; 1-5 ; 13-18 ; 336-338 ; 341-342 ; 344-348
- (2) Minaire P : Évaluation globale mesurable en médecine de rééducation et réadaptation. Édition Arnette, 1993 : 3
- (3) Calmels P, Béthoux F. Guide des outils d'évaluation en médecine physique et de réadaptation : Édition Frison-Roche, 2^o édition, 2012 : 25-34 ; 37-38.
- (4) Reese N.B, Bilan musculaire et sensitif, Édition Maloine, 2003 : 2-9 ; 382-394

Sites internet :

- (5) MRC (page consultée le 12 mars 2017). Medical Research Council. [En ligne] <https://www.mrc.ac.uk/research/facilities-and-resources-for-researchers/mrc-scales/mrc-muscle-scale> ; 12 mars 2017
- (6) Legifrance, Décret no 96-879 du 8 octobre 1996 relatif aux actes professionnels et à l'exercice de la profession de masseur-kinésithérapeute, articles 5 et 6 (page consultée le 17 mars 2017). [En ligne] ; <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000195448> ; 17 mars 2017
- (7) Kinésithérapie Scientifique. (page consultée le 13 décembre 2017). Site de la Maison des Kinés presse édition, [En ligne] ; <http://www.ks-mag.com/article/959-l-evaluation-musculaire-manuelle-par-l-echelle-mrc> ; 13 décembre 2017
- (61) Pascal Prevost. Force musculaire en fonction de l'angle articulaire : relation couple-angle (page consultée le 19 janvier 2017) <http://prevost.pascal.free.fr/theorie/muscle/relFA.htm> ; [en ligne] 6 février 2004

Articles scientifiques :

- (8) Beasley WC. Influence of method on estimates of normal knee extensor force among normal and postpolio children. *Phys Ther Rev.* 1956. 36 : 21-41
- (9) Bohannon RW : Manual muscle test scores and dynamometer test scores of knee extension strenght. *Arch Phys Med Rehabil.* 1986. 67 : 390-392
- (10) Aitkens S, Lord J, Bernauer E, Fowler WM, Lieberman JS, Berck P. Relationship of manual muscle testing to objective strenght measurements. *Muscle Nerve* 1989. 8 : 101-116
- (11) Schwartz S, Cohen ME, Herbison GJ, Schah A. Relationship between two measures of upper extremity strenght. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992 ; 73 : 1063-1068
- (12) Herbison G, Isaac Z, Cohen ME, Ditunno JF. Strenght post-spinal cord injury : Myometer vs manual muscle test. *Spinal Cord.* 1996 ; 34 : 543-548
- (13) Bohannon RW. Manual muscle testing: does it meet the standards of an adequate screening test? *Clin Rehabil.* 2005. 19 : 662-667

- (14) Paternostro-Sluga T, Grim-Stieger M, Posch M, Schuhfried O, Vacariu G, Mittermaier C. Reliability and validity of the medical research council scale and a modified scale for testing muscle strength in patients with radial palsy. *J Rehabil Med* 2008; 40: 665–671
- (15) Brown P, Marino R, Herbison G, Ditunno J. The 17-hour examination as a predictor of recovery in motor complete quadriplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* 1991 ; 72 : 546-548
- (16) Lazar R, Yarkony G, Ortolano D, et al. Prediction of functional outcome by motor capability after spinal injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 1989 ; 70 : 819-822
- (17) Hermans G, Clerckx B, Vanhullebush T, Segers J, Vanpee G, Robbeets C, Casaer MP, Wouters P, Gosselink R, Van Der Berghe G. Interobserver agreement of medical research council sum-score and handgrip strength in the intensive care unit. *Muscle Nerve.* 2012. 45 : 18-25, 2012
- (18) Connolly BA, Jones GD, Murphy PB, Douiri A, Hopkinson NS, Polkey MI, Moxham, Hart N. Clinical predictive value of manual muscle testing during critical illness : an observational cohort study. *Critical Care* 2013. 17 : R229
- (19) Lilienfield AM, Jacobs M, Willis M : A study of the reproducibility of muscle testing and certain other aspects of muscle scoring. *Phys Ther Rev.* 1954 ; 34 : 279-289
- (20) Blair L : The role of the physical therapist in the evaluation studies of the poliomyelitis vaccine field trials. *Phys Ther Rev* 1957 ; 37 : 437-447
- (21) Iddings DM , Smith LK, Spencer WA : Manual Muscle Testing : Part 2 Reliability in clinical use. *Phys Ther Rev* 1961. 41 : 249-256
- (22) Wadsworth CT, Krishnan R, Sear M, Harrold J, Nielsen DH. Intrarater reliability of manual muscle testing and held dynamometric muscle testing. *Phys Ther* 1987. 67 : 1342-1347
- (23) Florence JM, Pandya S, King WM, et al. Intrarater reliability of manual muscle test grades in Duchenne's muscular dystrophy. *Phys Ther* 1992. 72 : 115-126
- (24) Brandsma JW, Schreuders TAR, Birke JA, Piefer A, Oostendorp R. Manual muscle strength testing : Intraobserver and interobserver reliabilities for the intrinsic muscles of the hand. *J Hand Ther.* 1995. 8 : 185-190
- (25) Frese E, Brown M, Norton BJ : Clinical reliability of manual muscle testing. Middle trapezius and gluteus medius muscles. *Phys Ther.* 1987. 67:1072-1076
- (26) Mahony K, Hunt A, Daley D, Sims DBS, Adams R. Inter-Tester Reliability and Precision of Manual Muscle Testing and Hand-Held Dynamometry in Lower Limb Muscles of Children with Spina Bifida. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2009, 29 : 44-60
- (27) Escholar DM, Henricson EK, Mayhew J, Florence J, Leshner R, Patel KM, Clemens PR. Clinical evaluator reliability for quantitative and manual muscle testing measures of strength in children. *Muscle Nerve.* 2001, 24 : 787-793
- (28) Bohannon RW, Corrigan D. A broad range of forces is encompassed by the maximum manual muscle test grade of five. *Percept Mot Skills* 2000 ; 90 : 747-50
- (29) Wikholm JB, Bohannon RW. Hand held dynamometry measurements : test strength makes a difference. *J Ortho Sports Phys Ther.* 1991 ; 12 : 191-198
- (30) Mulroy SJ, Lassen KD, Chambers SH, et al. The ability of male and female clinicians to effectively test knee extension strength using manual muscle testing. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997. 26 : 192-199
- (31) Levinger I, Goodman C, Hare DL, Jerums G, Toia D, Seling S. The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. *J Sci Med Sports.* 2009 ; 12(2):310-6

- (32) Verdijk LB, Loon LV, Meijer K, Savelberg HCM. One-repetition maximum strength test represents a valid means to assess leg strength in vivo in humans. *Journal of Sports Science*. 2009. 27 : 59-68
- (33) Unaise AH, Prattek R, Mohd YS, Mohd EH. Reliability of 1-Repetition Maximum Estimation for Upper and Lower Body Muscular Strength Measurement in Untrained Middle Aged Type 2 Diabetic Patients. *Asian J Sports Med*. 2012. 3 : 267-273
- (34) Faigenbaum AD, McFarland JE, Herman RE, Naclerio F, Ratamess NA, Kang J, Myer GD. Reliability of the one-repetition-maximum power clean test in adolescent athletes. *J Strength Cond Res*. 2012. 26 : 432-437
- (35) Seo D, Kim E, Fahs CA, Rossow L, Young K, Ferguson SL, Thiebaud R, Sherk VD, Loenneke JP et al. Reliability of the One-Repetition Maximum Test Based on Muscle Group and Gender ; *J Sports Sci Med*. 2012. 11 : 221-225
- (36) Kirk L, James A, Mitzi A, Stuart MC, Donald R. Reliability of Strength Testing using the Advanced Resistive Exercise Device and Free Weights. NASA technical report. 2008. abstract
- (37) McKurdy K, Langford G, Jenkerson D, Doshier M. The validity and reliability of the 1-RM bench press using chain loaded resistance. *Journal of strength and Conditioning Research*. 22 : 678-683
- (38) Thoma M. Hammer Strength vs. Free Weights: Upper Body 1-RM Comparisons. Western Kentucky University. 2006. 7
- (39) Newsam CJ, Leese C, Fernandez-Silva J. Intratester Reliability for Determining an 8-Repetition Maximum for 3 Shoulder Exercises Using Elastic Bands. *J Sports Rehabil*. 2005. 14 : 35-47
- (40) Manor B, Topp R, Page P. Validity and reliability of measurements of elbow flexion strength obtained from older adults using elastic bands. *J Geriatr Phys Ther*. 2006;29(1):18-21.
- (41) Guex K, Daucourt C, Borloz S. Validity and reliability of maximal strength assesment of knee flexors and extensors using elastic bands. *Journal of Sports Rehabil*. 2015. 24 : 151-155
- (42) Nyberg A, Lindström B, Aronsson N, Näslund M, Wadell K. Validity of using elastic bands to measure knee extension strength in older adults. *Journal of Novel Physiotherapy and Physical Rehabilitation*. 2016. 3 : 16-21
- (43) Hoger WW, Hopkins DR, Barette SL, et al. Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum : a comparison between untrained males and females. *J Strength and Cond Res*. 1990 ; 4 : 47-54
- (44) Dohoney P, Chromiak JA, Lemire D, Abadie BR, Kovacs C. Prediction of one repetition maximum (1RM) strength from a 4-6 RM and a 7-10 RM submaximal strength test in healthy young adult males. *JEP. Online* 2002 ; 5: 3
- (45) Shimano T, Kraemer WJ, Spiering BA et al. Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weights exercises in trained and untrained men. *J Strength Cond Res*. 2006. 20 : 819-23
- (46) Arazi H, Asadi A. The relationship between the selected percentages of one repetition maximum and the number of repetitions in trained and untrained males. *Physical Education and Sports* 2011. 9 : 25-33

- (47) Iwamoto K, Yoshio M, Takata Y, Kozuka N. Reliability and validity of standing balance assessment index using a hand-held dynamometer in stroke patients. *J Phys Ther Sci*. 2016. 28 : 3158-3161
- (48) Harding AT, Weeks BK, Horan SA, Little A, Watson SL, Beck BR. Validity and test-retest reliability of a novel simple back extensor muscle strength test. *Sage Open Med*. 2017. 10:5.
- (49) Alfuth M, Hahm MM. Reliability, comparability and validity of foot inversion and eversion strength measurements using a hand-held dynamometer. *Phys Ed and Sports*. 2016. 11 : 72-84
- (50) **Revue.** Schrama PP, Stenneberg MS, Lucas C, Van Trijffel E. Intraexaminer reliability of hand-held dynamometry in the upper extremity: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014. 12 : 2444-2469
- (51) Awatani T, Morikita I, Shinohara J, Mori S, Nariai M, Tatsumi Y, Nagata A, Koshihara H. Same-session and between-day intra-rater reliability of hand-held dynamometer measurements of isometric shoulder extensor strength. *J Phys Ther Sci* 2016. 28 : 936-939
- (52) Awatani T, Morikita I, Shinohara J, Mori S, Nariai M, Tatsumi Y, Nagata A, Koshihara H. Intra- and inter-rater reliability of isometric shoulder extensor and internal rotator strength measurements performed using a hand-held dynamometer. *J Phys Ther Sci* 2016. 28 : 3054-3059
- (53) Downman L, McDonald CF, Lee A, Barker K, Boote C, Glaspole I, Goh N, Southcott A, Burge A, Ndongo R, Martin A, Holland AE. Reliability of the hand held dynamometer in measuring muscle strength in people with interstitial lung disease. *Physiotherapy*. 2016. 102 : 249-255
- (54) Harding AT, Weeks BK, Horan SA, Little A, Watson SL, Beck BR. Validity and test-retest reliability of a novel simple back extensor muscle strength test. *SAGE open Med*. 2017. 10:5
- (55) Jackson SM, Cheng MS, Smith AR Jr, Kolber MJ. Intrarater reliability of hand held dynamometry in measuring lower extremity isometric strength using a portable stabilization device. *Musculoskelet Sci Pract*. 2017. 27 : 137-141
- (56) Buckinx F, Croisier JL, Reginster JY, Dardenne N, Beudart C, Slomian J, Leonard S, Bruyère O. Reliability of muscle strength measures obtained with a hand-held dynamometer in an elderly population. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2015
- (57) Mentiplay BF, Perraton LG, Bower KJ, Adair B, Pua YH, Williams GP, McGaw R, Clark RA. Assessment of Lower Limb Muscle Strength and Power Using Hand-Held and Fixed Dynamometry: A Reliability and Validity Study. *Plos One* 2015
- (58) Van Der Ploeg RJ, Oosterhuis HJ. Physical examination measurement of muscle strength. *Ned Tijdschr Geneesk*. 2001. 145 : 19-23
- (59) Dvir Z. Grade 4 in manual muscle testing: the problem with submaximal strength assessment. *Clin Rehabil*. 1997. 11 : 36-41
- (60) Piering AW, Janowski AP, Moore MT, et al. Electromyographic analysis of four popular abdominal exercises. *J Athl Train*. 1993 ; 28 / 120-6

Résumé : « testing musculaire » ; « validité » ; « fiabilité »
« évaluation force musculaire » ; « 1-RM » ; « dynamométrie »

Le testing musculaire, aujourd'hui, se révèle être un bon outil, valide et reproductible mais sous certaines conditions : le protocole doit être strict et son utilisation n'est valable que pour des muscles ayant des cotations inférieurs ou égales à 3. Des méthodes quantitatives doivent être utilisées pour des muscles plus forts, comme la 1-RM, « gold standard » de l'évaluation de la force musculaire. La dynamométrie manuelle est, elle aussi, une méthode valide bien qu'encore discutable pour le moment.

Abstract : « manual muscle testing » ; « validity » ; « reliability » ;
« assessment of muscular strenght » ; « 1-RM » ; « dynamometer »

The manual muscle testing, now, is a good manner, valid and reliable. However, a standardization is necessary and is reserved to weak muscles. Quantitatives methods are preferred, as 1-RM test, « gold standard » of the assessment of muscular strenght for muscles strongest. The hand-held dynamoter are also good tools although their utilization is doubtful for the time being