

Validité et reproductibilité d'un dynamomètre inertiel basé sur l'accélérométrie

Validity and reliability of an inertial dynamometer using
accelerometry

Jidovtseff Boris¹, Crielaard Jean-Michel¹, Cauchy Sébastien¹, Croisier Jean-Louis¹

1 Département des Sciences de la Motricité

Université de Liège

JIDOVTSEFF Boris

ISEPK - B21

Allée des Sports, 4

B-4000 Liège

Belgique

Tel : 0032 4 366 38 94

E-mail : B.jidovtseff@ulg.ac.be

Résumé

Introduction : L'objectif de cette étude est d'étudier la validité et la reproductibilité d'un dynamomètre inertiel basé sur l'accélérométrie.

Synthèse des faits : Quatorze sujets ont réalisé à trois reprises une évaluation musculaire inertielle en développé couché à 30, 50, 70 et 95% du 1RM. Les valeurs maximales de force, de vitesse et de puissance étaient simultanément mesurées par le Myotest (Myotest S.A., Suisse), un dynamomètre inertiel basé sur l'accélérométrie, et par un autre dynamomètre contrôlé combinant un accéléromètre à un capteur de déplacement. Aux trois premières charges, les différences entre les dynamomètres apparaissent faibles, les corrélations s'avèrent extrêmement élevées et les coefficients de variation restent bons et comparables. Par contre, à 95% du 1RM, la validité et la reproductibilité du Myotest deviennent insuffisantes.

Conclusion : L'évaluation inertielle en développé couché à partir d'un accéléromètre apparaît reproductible et valide à 30, 50 et 70% du 1RM, mais pas à 95% du 1RM.

Mots clés : évaluation musculaire, inertiel, validité, reproductibilité, développé couché, musculation, accélérométrie

Abstract

Introduction : the purpose of this study was to investigate the validity and reliability of an inertial dynamometer using accelerometry.

Methods : fourteen subjects were tested during three successive sessions at four increasing loads (30, 50, 70 and 95% of the 1RM). Maximal force, velocity and power performances were simultaneously assessed by the Myotest (Myotest S.A., Switzerland), an inertial dynamometer using accelerometry, and by another control valid dynamometer which combine accelerometer and linear position transducer. At three first loads, only minor differences appeared between both dynamometers, correlations were excellent and coefficients of variation were good and similar. However, at 95% of the 1RM, Myotest validity and reliability became insufficient.

Conclusion : Bench press inertial assessment with accelerometer appeared valid and reliable at 30, 50 and 70% of the 1RM, but not at 95% of the 1RM.

Key words : muscular assessment, inertial, bench press, reliability, validity, resistance training, accelerometry

Introduction :

L'évaluation dynamométrique inertielle consiste à évaluer, grâce à un capteur physique, la force, la vitesse et la puissance développées lors d'un mouvement de musculation réalisé avec une charge sous maximale. Cette technique offre, que ce soit en laboratoire ou sur le lieu même de l'entraînement, une approche novatrice de l'évaluation musculaire qui intéresse directement les entraîneurs et scientifiques. La plupart des dynamomètres utilisés dans le cadre scientifique sont de conception artisanale, limitant la portée des résultats, réduisant les possibilités d'échange, et compliquant les approches comparatives [1-3]. Par ailleurs, les technologies utilisées pour mesurer l'effort varient énormément. Le plus souvent, les dynamomètres utilisent des capteurs optiques ou des capteurs de déplacement. Jidovtseff et al [2] proposent même, afin de garantir la mesure la plus précise possible, de combiner la mesure d'un capteur de déplacement à celle d'un accéléromètre. Ce concept original reste cependant difficilement transportable et utilisable sur toutes les machines de musculation. Depuis quelques années, la Société Myotest S.A. (Suisse, Sion) a introduit sur le marché un dynamomètre inertielle accélérométrique permettant l'appréciation des qualités musculaires de force, de vitesse et de puissance : le Myotest. Grâce à l'utilisation d'un accéléromètre, cet outil apparaît maniable, peu encombrant et très facilement utilisable sur le terrain.

L'objectif de cette étude était de vérifier la validité et la reproductibilité de cet instrument dans le cadre d'une évaluation en développé couché. Dans cette optique, nous avons comparé les performances musculaires obtenues simultanément avec un dynamomètre de référence [2] et avec le Myotest dans le cadre d'une évaluation inertielle en développé couché.

Matériel et méthodes

Quatorze sujets (9 hommes et 5 femmes), tous étudiants en éducation physique et exempts de blessure au niveau des membres supérieurs, ont volontairement participé à l'entièreté du protocole. Ils sont tous venus quatre fois au laboratoire avec une semaine d'intervalle. La première séance (accoutumance) était mise à profit pour définir la position d'évaluation, se familiariser avec le mouvement du développé couché et déterminer le 1RM. Les trois autres séances étaient parfaitement identiques et concernaient l'évaluation proprement dite des profils force-vitesse-puissance. Chaque sujet était évalué à quatre charges relatives

croissantes (30, 50, 70 et 95% du 1RM). Le nombre d'essais et la récupération accordée variaient selon la charge.

Le développé couché était réalisé en concentrique selon une procédure standardisée. La barre reposait initialement juste au-dessus de la poitrine sur des taquets de sécurité. L'écart des mains sur la barre correspondait à la largeur coudes écartés réduite de 20 centimètres. Le couloir de la barre se situait à mi-distance entre l'appendice xiphoïde et la fourchette sternale. Lors de chaque mouvement, le sujet recevait comme instruction de développer le plus de vitesse possible jusqu'à la fin du mouvement.

Pour chaque essai, nous avons mesuré les performances à partir du Myotest (MYO) et à partir d'un dynamomètre contrôle développé dans notre laboratoire (CON) [2]. Les deux dynamomètres étaient systématiquement placés du même côté de la barre

Le Myotest est un dynamomètre inertiel basé sur l'accélérométrie. Le capteur se fixe très simplement à partir d'une bande velcro sur la charge soulevée et est relié à un boîtier transportable sur batterie, qui mémorise le signal mesuré. Avant chaque test, les informations de base (identité du sujet, type de test et masse soulevée) sont introduites dans le boîtier. L'échantillonnage des données se réalise à une fréquence de 500 Hertz. Au terme de l'évaluation, les données sont transférées par câble USB vers le logiciel Myotest Labo qui se charge du traitement des données brutes.

Le dynamomètre contrôle a été mis au point dans notre Institution et a déjà fait l'objet d'une étude de reproductibilité/validité [2]. Il utilise conjointement un accéléromètre et un capteur de déplacement. Les signaux mesurés sont numérisés par une carte d'acquisition PMCIA (Dacqcard 6024^E, National Instrument, USA), puis transmis vers le logiciel Labview National Instrument, USA où ils sont traités et analysés.

Trois paramètres principaux proposés par les deux dynamomètres sont retenus : la force maximale (Fmax), la vitesse maximale (Vmax) et la puissance maximale (Pmax).

Le traitement statistique des données a été réalisé à partir du programme Statistica 7.1 (StatSoft, France). Nous retenons, pour chaque séance et à chaque niveau de charge, le meilleur essai sur base de la Vmax la plus élevée. Un test t pour échantillons appariés détermine la signification des différences observées entre les deux dynamomètres. Le coefficient de corrélation « r » permet d'établir l'intensité de la relation entre les valeurs obtenues à partir du Myotest et du dynamomètre contrôle. La reproductibilité inter-séance

des paramètres inertiels s'apprécie à chaque niveau de charge par un coefficient de variation calculé par la formule suivante :

$$CV(\%) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{\sigma}{\bar{x}} \right)^2}{n}} \times 100$$

où σ représente l'écart type des performances enregistrées pour chaque sujet ; \bar{x} la moyenne de chaque sujet ; et n le nombre de sujets.

Résultats

La validité du Myotest est vérifiée en mettant en parallèle les valeurs observées avec celles obtenues à partir du dynamomètre contrôle. Les résultats (tableau 1) montrent aux trois premières charges relatives, des valeurs moyennes très proches entre les deux dynamomètres. Les différences, bien que faibles ($\leq 6\%$), apparaissent souvent très significatives ($p < 0,001$) car elles vont systématiquement dans le même sens (CON > MYO). A 95% du 1RM la différence entre les deux dynamomètres avoisine 35% pour Pmax et Vmax. Une telle différence n'est toutefois pas observée pour Fmax.

Tableau 1 – Valeurs moyennes (écart-type) de Fmax, Vmax et Pmax obtenues à chaque niveau de charge à partir des deux dynamomètres MYO et CON.

Charge	Fmax (N)		Vmax (m.s ⁻¹)		Pmax (w)	
	MYO	CON	MYO	CON	MYO	CON
30%	332 (95)*	353 (97)	2,25 (0,20)*	2,32 (0,21)	547 (194)	541 (194)
50%	417 (125)*	434 (133)	1,57 (0,16)*	1,61 (0,16)	528 (187)*	553 (198)
70%	479 (138)*	479 (138)	1,15 (0,17)*	1,17 (0,15)	510 (186)*	527 (189)
95%	576 (164)*	576 (164)	0,52 (0,19)*	0,71 (0,13)	275 (121)*	390 (136)

* différences hautement significatives entre les deux dynamomètres ($p < 0,001$)

L'analyse corrélative réalisée pour chaque paramètre aux quatre niveaux de charge est reportée dans le tableau 2. Les corrélations, reprenant les performances maximales des 14 sujets aux trois séances, s'avèrent extrêmement élevées, se rapprochant de l'unité dans 10 cas sur 12. Seules les relations observées pour Vmax et Pmax à 95% du 1RM apparaissent un peu plus faibles.

Tableau 2 – Corrélations entre les paramètres ($r<1$) (Fmax, Vmax et Pmax) obtenues à partir des deux dynamomètres (MYO et CON) aux différents niveaux de charge.

Charge	Fmax	Vmax	Pmax
30%	0,992	0,987	0,990
50%	0,996	0,981	0,998
70%	0,996	0,973	0,996
95%	0,995	0,831	0,849

Reproductibilité

Les coefficients de variation inter-séances (tableau 3) représentent la variabilité des meilleurs essais d'une séance à l'autre pour chaque paramètre et à chaque niveau de charge. Les deux dynamomètres démontrent, pour les trois premières charges (30, 50 et 70% 1RM), des CV relativement faibles et comparables. A 95% du 1RM, la variabilité de Vmax et Pmax est plus importante pour les deux dynamomètres mais surtout pour le Myotest (CV>24%). A contrario, Fmax présente pour cette même charge une excellente reproductibilité (CV<2%).

Tableau 3 – Coefficients de variation inter-séances de Fmax, Vmax et Pmax observés à chaque niveau de charge pour les deux dynamomètres MYO et CON.

Charge	Fmax (CV %)		Vmax (CV %)		Pmax (CV %)	
	MYO	CON	MYO	CON	MYO	CON
30%	2,8	4,6	3,4	3,2	4,9	4,2
50%	2,8	3,3	3,2	3,6	5,6	6,7
70%	2,3	3,6	6,6	5,9	8,2	7,6
95%	1,6	3,2	24,4	11,8	25,3	11,2

Discussion

Le Myotest est une dynamomètre inertiel commercialisé depuis quelques années, n'ayant fait l'objet d'aucune étude de validité-reproductibilité. C'est ce que nous avons exploré en comparant les mesures obtenues par cet instrument, lors d'une évaluation en développé couché, avec celles obtenues par un dynamomètre contrôle déjà validé [2].

Le Myotest apparaît tout à fait valide aux trois premières charges (30, 50 et 70% du 1RM) pour tous les paramètres. Les différences apparaissent significatives car elles vont toujours

dans le même sens, mais elle restent faibles (<6%). Il est extrêmement fréquent d'observer des petites différences d'un dynamomètre à l'autre à partir du moment où le système de mesure n'est pas parfaitement identique. Les dynamomètres isocinétiques par exemple n'apparaissent pas compatibles entre eux [4]. A 95% du 1RM, les résultats montrent par contre que la validité du Myotest se détériore significativement pour Vmax et Pmax (différences proches de 35%). La force maximale, dépendant de la mesure directe de l'accélération et de la masse, n'apparaît toutefois pas concernée. L'étude corrélative démontre d'ailleurs pour Fmax une relation quasiment parfaite entre les deux dynamomètres ($r=0,995$), alors que pour Vmax et surtout Pmax, les corrélations s'amoindrissent à 95% du 1RM. La transformation mathématique de l'accélération en vitesse apparaît problématique à une telle charge. Le mouvement, réalisé très lentement, s'accompagne en fait d'un signal d'accélération faible, mais aussi d'un bruit proportionnellement plus important. Dans ce contexte, l'utilisation d'un accéléromètre reste délicate pour obtenir la vitesse, et il est probable qu'à une charge de 95% du 1RM on aie dépassé la limite de validité du Myotest.

Les profils charge-Vmax et charge-Pmax observés pour le dynamomètre contrôle à toutes les charges et pour le Myotest aux trois premières charges s'accordent étroitement avec ceux décrits dans la littérature [1-3]. La force maximale s'accroît proportionnellement à la charge, alors que Vmax diminue selon une relation non linéaire. La puissance maximale varie peu entre 30 et 70% du 1RM, mais s'effondre à 95% du 1RM.

L'étude de reproductibilité va dans le même sens que l'étude de validité : le Myotest apparaît reproductible jusqu'à 70 % du 1RM, mais ne l'est plus à 95% du 1RM pour Vmax et Pmax. Aux trois premières charges, les CV des deux dynamomètres sont très proches et varient entre 1,6 et 8,2% selon les paramètres, conformément à la littérature [1-3]. Comme d'autres auteurs [1-3], nous observons pour la puissance une reproductibilité sensiblement inférieure à celle de la vitesse et de la force. A 95% du 1RM, les petites variations de l'état de forme auraient un impact beaucoup plus important sur les paramètres inertIELS, justifiant une reproductibilité plus faible [2]. Les CV du Myotest sont par contre beaucoup trop élevés pour Vmax et Pmax ($CV \geq 24,4\%$) : à cette charge il n'est plus reproductible. En fait, la non-validité du Myotest à cette charge se répercute inévitablement sur sa reproductibilité. L'excellente reproductibilité de Fmax à toutes les charges confirme que ce n'est pas la mesure de l'accélération mais bien son intégration en vitesse qui s'avère problématique.

Conclusion

En conclusion, ce travail a permis de mettre en évidence que le Myotest, dans le cadre d'une évaluation standardisée en développé couché, constitue un instrument valide, reproductible et sensible jusqu'à 70% du 1RM. A charge élevée, lorsque le mouvement devient très lent, la limite de validité serait dépassée. Le problème proviendrait des logarithmes utilisés pour obtenir la vitesse et la puissance car la mesure directe de la force apparaît valide et reproductible, même à 95% du 1RM.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement les sujets qui se sont prêtés aux expérimentations ainsi que la Société Myotest d'avoir mis à disposition le matériel nécessaire à la réalisation de cette étude.

Références

1. Bosco C, Belli A, Astrua M, Tihanyi J, Pozzo R, Kellis S, et al. A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *Eur J Appl Physiol* 1995 ; 70 : 379-386.
2. Jidovtseff B, Croisier JL, Lhermerout C, Serre L, Sac D, Crielaard JM. The concept of iso-inertial assessment: reproducibility analysis and descriptive data. *Isokinetics Exerc Sci* 2006 ; 14 : 53-62.
3. Rahmani A, Dalleau G, Viale F, Hautier C, Lacour JR. Validity and reliability of kinematic device for measuring the force developed during squatting. *J Appl Biomech* 2000 ; 16 : 26-35.
4. Wrigley T, Strauss G. Strength assessment by isokinetics dynamometry. In : Gore CJ ed. *Physiological tests for elite athletes*. Human Kinetics Champaign ; 1995 .p. 155-99.