

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts financier ou personnel en rapport avec cet article.

Article reçu en janvier 2020, accepté en mars 2020.

Validité et fiabilité du test d'équilibre dynamique (*Y balance test*) en condition chaussée par rapport à la condition pieds nus

Validity and reliability of a dynamic balance test (*Y balance test*) in shoes and barefoot conditions

Anne-Violette Bruyneel* (PT, PhD)

MOTS-CLÉS

Équilibre / dynamique / *Y balance test* / validité – fiabilité / théorie de généralisation

KEY WORDS

Balance / dynamic / *Y balance test* / validity – fidelity / generalizability theory

RÉSUMÉ

Introduction: Le *Y balance test* propose une évaluation de l'équilibre dynamique principalement dans un contexte sportif et/ou de pathologies musculo-squelettiques. L'activité physique étant souvent pratiquée en chaussures, il est intéressant d'explorer l'équilibre dans cette condition. L'objectif était d'évaluer la validité et la fiabilité du *Y balance test* avec et sans chaussures.

Méthode: Vingt sujets jeunes asymptomatiques ont été testés au cours d'une journée. Une première session consistait à réaliser le *Y balance test* avec et sans chaussures par deux évaluateurs différents dans un ordre aléatoire. Après un repos de 2h, une deuxième session similaire a été menée. Pour évaluer la validité entre les résultats obtenus en condition chaussée et pieds nus, un coefficient de corrélation de Pearson a été calculé. L'étude de la fiabilité a été menée par le calcul du coefficient de dépendabilité (φ), avec GENOVA (generalizability theory) par la méthode G-study et D-study, ainsi qu'une représentation graphique de Bland Altman.

Résultats: La validité concourante de la condition chaussée par rapport à pieds nus était modérée à forte ($0.68 \leq r \leq 0.93$). Pour la fiabilité, les facteurs expliquant le plus la variance des résultats étaient les sujets (34.74 à 59.56 % de la variance), puis l'interaction sujets, évaluateurs, sessions (4.03 à 15.15 % de la variance). Les coefficients de dépendabilité (φ) étaient bons à excellents pour les fiabilités intra-évaluateur ($0.68 \leq \varphi \leq 0.83$) avec 3 essais et inter-évaluateurs ($0.65 \leq \varphi \leq 0.88$) avec 2 essais dans les conditions chaussée et pieds nus.

Discussion – conclusion: Le *Y balance test* peut être pratiqué en clinique avec ou sans chaussures, ce qui peut constituer une approche intéressante pour s'approcher des conditions réelles de terrain. Néanmoins, l'analyse par D-Theory montrait qu'il faut un minimum de 3 essais pour obtenir une excellente fiabilité.

ABSTRACT

Introduction: The *Y balance test* is an evaluation of dynamic balance – mainly in the context of sports – and musculoskeletal disorders. Because physical activity or sports are often performed with shoes, it is important to explore balance under this specific condition. The present study aimed to assess the validity and reliability of the *Y balance test* with shoes and in barefoot condition.

Method: Twenty asymptomatic, young, healthy subjects were tested in one day. The first session included a *Y balance test* with shoes and in barefoot conditions by two different raters (random order). After a break of 2 hours, a second, similar session was conducted. To assess the validity between the results obtained with shoes and in barefoot condition, a Pearson correlation coefficient was calculated. Reliability was estimated with a dependability coefficient (φ), GENOVA (generalizability theory) by the G-study and D-study methods, and Bland-Altman plots.

Results: The concurrent validity of the condition with shoes compared with barefoot condition was moderate to strong ($0.68 \leq r \leq 0.93$). For reliability analysis, the main factors explaining the variance in the results were subjects (34.74–59.56 % of variance) and the interaction between subjects, evaluators, and sessions (4.03–15.15 % of variance). The coefficients of dependability (φ) were good to excellent for the intra-rater reliability ($0.68 \leq \varphi \leq 0.83$) with three trials and for inter-rater reliability ($0.65 \leq \varphi \leq 0.88$) for two trials in both barefoot condition and with shoes.

Discussion and conclusion: The *Y balance test* can be performed in clinical practice with shoes or in barefoot condition, which can be a noteworthy approach to explore dynamic balance in ecological conditions. The G-study and D-study analysis showed that a minimum of three trials was required to obtain good to excellent reliability.

Mains Libres 2020 ; 1: 25-32

En ligne sur: www.mainslibres.ch

* Professeure assistante Filière Physiothérapie, Haute école de santé, HES-SO//Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale, Genève, Suisse

INTRODUCTION

Le *Y balance test*, développé par Plisky *et al.* en 2009, est une version simplifiée du *Star Excursion Balance Test*, qui consiste à tester les capacités d'équilibre dynamique⁽¹⁾. Le sujet est positionné debout sur un pied et il doit déplacer son membre oscillant le plus loin possible dans trois directions différentes sans poser le pied au sol⁽²⁾. La distance parcourue reflète la capacité du sujet à maintenir son équilibre lors d'une instabilité intrinsèque générée par le déplacement du membre oscillant. Ce test est surtout pratiqué dans le milieu sportif dans le cadre des bilans physiques pré-saison^(3,4), afin d'évaluer l'influence de la fatigue sur l'équilibre dynamique⁽⁵⁾, pour prédire certaine blessure⁽⁶⁾ et pour évaluer la récupération de l'équilibre dynamique suite à une blessure⁽⁷⁾. Dans le cadre sportif, il est utilisé chez des adolescents⁽⁸⁾ et des jeunes adultes⁽⁵⁾, mais, le *Y balance test* est également proposé chez les personnes âgées afin d'établir des programmes de prévention des risques de chutes^(9,10).

Le test doit être réalisé avec une méthodologie rigoureuse et une bonne connaissance du contexte car de nombreux paramètres intrinsèques et extrinsèques influencent la qualité du test et la performance. Les facteurs intrinsèques principaux sont des paramètres morpho-démographiques, de mobilité articulaire, de force musculaire et la présence de pathologie. Ainsi, l'augmentation de la taille des membres inférieurs⁽¹¹⁾, de l'amplitude de flexion dorsale de cheville et de la flexion de hanche⁽¹²⁾ ainsi que de la force musculaire du membre inférieur^(13,14) sont corrélés positivement à la performance. D'autre part, les pathologies d'instabilité et les douleurs diminuent les distances de déplacements⁽¹⁵⁾. Les facteurs extrinsèques sont directement liés à la méthodologie du test qui est appliquée. Ainsi, la qualité du *Y balance test* est améliorée lorsqu'une vidéo de démonstration est montrée avant l'exécution du test⁽¹⁾, puis après le respect d'un temps d'apprentissage du test avant la réalisation des essais mesurés⁽¹⁶⁾.

La validité du *Y balance test* par rapport au *Star Excursion Balance Test* est modérée à bonne ($r=0.57$ à 0.78)⁽¹⁷⁾, alors que la performance est peu corrélée avec le test d'équilibre statique monopodal⁽¹⁸⁾ ce qui montre que les tests statiques et dynamiques sont complémentaires et ne peuvent pas se substituer. Une revue systématique récente⁽¹⁹⁾ sur des adultes sains a montré une excellente fiabilité intra-évaluateur (indice de corrélation intra-classe – ICC entre 0.85 et 0.88) et inter-évaluateur (ICC entre 0.85 et 1.00) pour le *Y balance test* avec une valeur maximale de changement minimal détectable de 9.70% de la taille du membre inférieur. Chez les adolescents et les adultes âgés, la fiabilité du test est modérée à bonne^(8,10).

Les études intégrant les tests d'équilibre dynamique semblent avoir évalué l'équilibre dynamique principalement en condition pieds nus et plus rarement en chaussures⁽¹⁾. Lors de l'équilibre statique, Lobo Da Costa *et al.* 2013⁽²⁰⁾ ont montré chez les danseurs que la performance pieds nus était meilleure qu'en chaussures, alors que Natarnicola *et al.* 2015⁽²¹⁾ ont montré chez les footballeurs que l'équilibre était amélioré en chaussures. Ces différences mettent en évidence l'intérêt de tester l'équilibre dynamique pieds nus, mais, également en chaussures pour s'approcher des conditions réelles de terrain. Cependant, aucune étude ne semble avoir testé

la validité avec chaussures et comparé la fiabilité entre les deux conditions.

L'objectif de cette étude était de tester la validité concurrente et la fiabilité intra et inter-évaluateur du *Y balance test* en condition chaussée, par rapport à la condition pieds nus, chez des jeunes sujets adultes asymptomatiques. Notre hypothèse était que la relation entre les résultats du test en chaussures et du test standard est bonne, mais, que la fiabilité en chaussures était inférieure à la condition pieds nus du fait de la diminution du feedback perceptif de la calle avec la chaussure.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Population

Vingt jeunes adultes ont été inclus dans cette étude (âge : 24 ± 3.1 ans, taille : 170.5 ± 9.2 cm, poids : 67.5 ± 9.7 kg, 16 femmes et 4 hommes). Pour être inclus, il fallait avoir entre 18 et 30 ans et être capable de rester en appui unipodal pendant une durée de 30 secondes. Les participants ne devaient pas présenter de pathologies affectant l'équilibre (ex: troubles neurologiques, musculo-squelettiques, troubles de la vue non corrigeables...), ni de douleur au niveau des membres inférieurs et du dos. Tous les sujets ont été recrutés à l'école de pédicurie-podologie de l'Association pour la Formation, la Recherche et l'Évaluation en Podologie (AFREP) suite à une information verbale et écrite expliquant les objectifs et le déroulement du projet. Tous les participants étaient volontaires et ont signé une lettre de consentement.

Pour la collecte de données, deux évaluateurs ont été recrutés par tirage au sort. Ils étaient étudiants en pédicurie-podologie en troisième année d'étude.

Dispositif expérimental

Afin d'obtenir un dispositif expérimental de qualité, un menuisier a construit le *Y balance test* selon les recommandations issues des publications scientifiques sur la validité et la fiabilité⁽¹⁾. Celui-ci était constitué de trois planches de 10cm de large en bois, avec un mètre fixé pour la prise de mesure. La forme du dispositif est en Y avec un angle entre les deux branches postérieures de 90° ce qui induit un angle de 135° avec la branche antérieure. La partie centrale était un rectangle de bois permettant de placer le pied au centre de convergence des trois branches (*figure 1*). L'ensemble était fixé avec des vis afin que le dispositif reste fixe et stable au cours de l'ensemble des tests. Sur chaque branche en bois, il y avait une calle mobile afin de faciliter la prise de mesure.

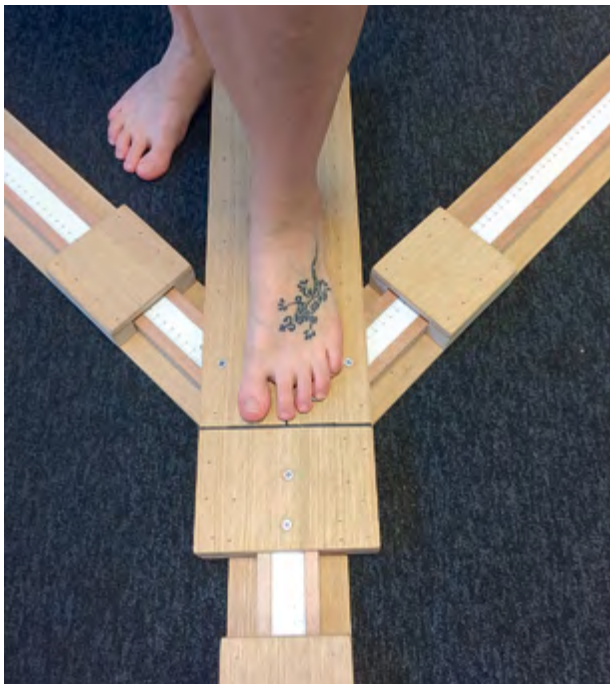
Description de la procédure

Tous les tests ont été réalisés à la même heure pour tous les participants, dans une salle destinée à la pratique avec une lumière constante et un environnement calme. Préalablement aux tests, la longueur du membre inférieur a été relevée pour chaque sujet en mesurant la distance entre l'épine iliaque antéro-supérieure et la malléole interne⁽¹⁾. Cette mesure anthropométrique a été réalisée afin de normaliser en pourcentage les valeurs obtenues lors du *Y balance test*, pour supprimer l'influence de la longueur du membre sur la performance⁽¹⁾.

La dominance podale a été évaluée par trois poussées postérieures au niveau de la partie centrale du dos. Lors de ce

Figure 1

Dispositif expérimental et position du pied d'appui au centre du dispositif du Y balance test.



déséquilibre induit par l'évaluateur le pied réalisant le pas stabilisateur était considéré comme dominant⁽²²⁾. Tous les sujets

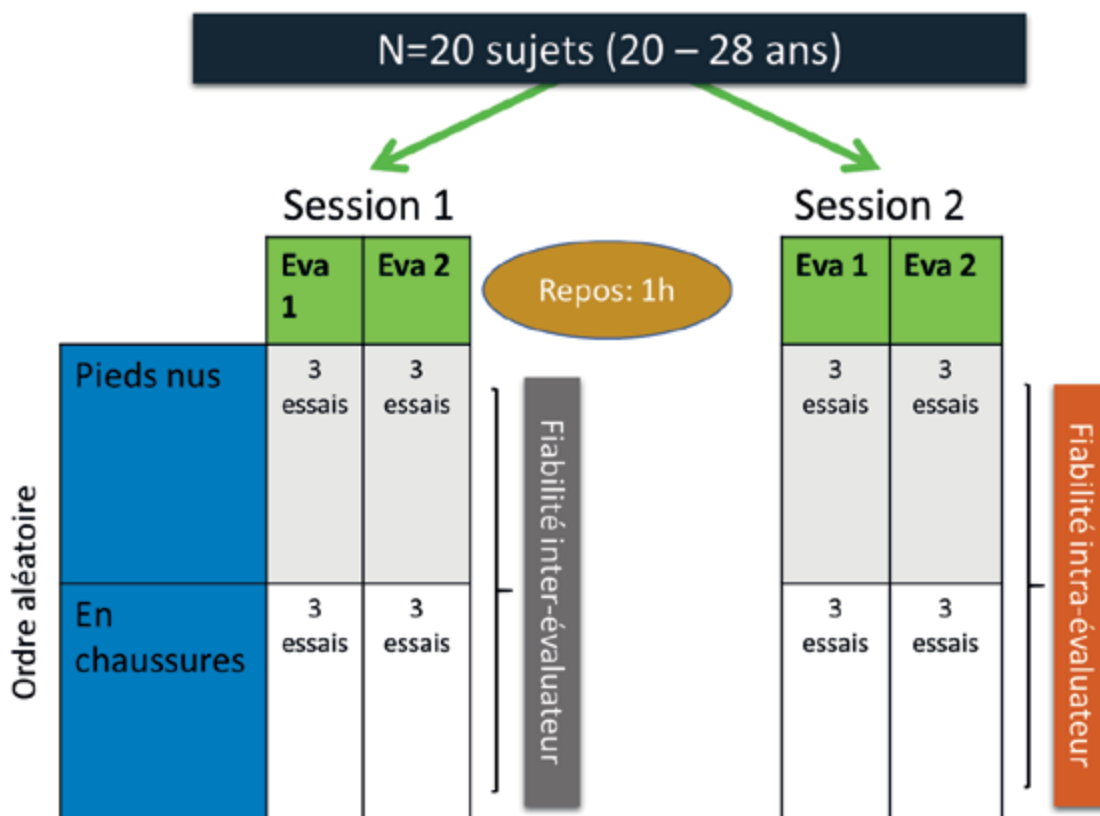
ont réalisé le *Y balance test* sur le membre non dominant car il est considéré comme étant le membre d'appui. Seul un côté a été testé car aucune différence ne semble avoir été trouvée entre les membres pour le *Y balance test*⁽²³⁾.

Afin d'homogénéiser l'apprentissage, une vidéo du *Y balance test* avec les consignes était montrée à chaque sujet et un essai non comptabilisé était réalisé. Pour évaluer la validité, la fiabilité inter-évaluateur et intra-évaluateur, la procédure globale consistait à réaliser une première session de test, puis après une période de deux heures de repos, une deuxième session était menée. Chaque session comprenait les tests par les deux évaluateurs et dans les deux conditions pieds nus et chaussée (baskets de sport habituelles). L'ordre des évaluateurs et des conditions était tiré au sort pour chaque sujet (figure 2). Les tests ont été réalisés dans deux salles différentes afin de garantir l'aveugle entre les deux évaluateurs.

Le pied non dominant du participant était placé au centre du rectangle en bois (figure 1) et les membres supérieurs étaient croisés. Il devait ensuite déplacer le pied dominant dans la direction de la branche antérieure, puis postéro-latérale puis postéro-médiale, sans jamais poser le pied oscillant sur le sol et en gardant le pied d'appui à plat sur le sol. Lors du déplacement du membre, le pied poussait la calle dans chaque direction, sans prendre appui dessus. Si le participant posait le pied au sol ou décroisait les membres supérieurs, l'essai était annulé et recommencé avec un maximum d'une erreur sur l'ensemble des tests. Lorsqu'un essai était fini, l'évaluateur relevait les 3 mesures au niveau des calles sur le mètre (cm). Trois essais ont été réalisés pour chaque condition.

Figure 2

Schéma expérimental



Traitement des données et statistiques

La première étape consistait à normaliser en pourcentage les valeurs avec la taille du membre inférieur :

$$\frac{\text{Distance parcourue (cm)}}{\text{Taille du membre (cm)}} \times 100 \quad (2).$$

Les trois essais étaient ensuite moyennés.

Pour évaluer la validité concourante entre les résultats obtenus en condition chaussée et pieds nus, un coefficient de corrélation de Pearson a été calculé pour chaque branche (0.1 à 0.3 doit être considéré comme mauvais, 0.4 à 0.6 modéré, 0.7 to 0.9 fort et 1=corrélation parfaite)⁽²⁴⁾. Un $p < 0.05$ était considéré comme significatif.

Ensuite l'étude de la fiabilité a été menée avec GENOVA (generalizability theory) par la méthode G-study et D-study⁽²⁵⁾. Cette théorie est basée sur le fait que la fiabilité d'une mesure s'accroît avec le nombre d'essais, de juges ou d'occasions. Cet énoncé suppose que les erreurs de mesure finiront par s'annuler si on répète le test un grand nombre de fois. Le participant était défini comme l'objet de mesure et les facteurs, appelés facettes, étaient considérés comme les conditions de mesure. Dans cette étude, les facettes étaient les évaluateurs (E), les visites (V) et les essais (Ess). Cette méthode comprend deux étapes. La première étape était l'identification de l'amplitude des sources d'erreurs et leurs interactions ainsi que la variance attribuable aux participants (G-study). A partir des résultats normalisés, une analyse de variance (ANOVA) était calculée pour les évaluateurs, les sessions, les essais et les participants. Dans la section des résultats, l'amplitude de variance est exprimée en pourcentage de la variance totale pour simplifier l'interprétation.

Une deuxième étape de cette méthode était d'identifier les stratégies pour améliorer la fiabilité (Mixed D-study). Pour identifier les stratégies d'amélioration de la fiabilité, il fallait définir une facette fixe, c'est-à-dire un facteur qui ne sera pas pris en compte. Ainsi, lorsque les évaluateurs étaient désignés comme la facette fixe, c'est la fiabilité intra-évaluateur qui était testée. Alors, que si c'étaient les sessions qui étaient désignées comme facette fixe, c'était la fiabilité inter-évaluateur qui est évaluée.

Pour chaque volet de la fiabilité, un coefficient de dépendabilité (φ) qui prend en compte les erreurs systématiques et randomisées a été calculé. Une valeur inférieure à 0.40 est considérée comme mauvaise, entre 0.40 et 0.59 faible, entre 0.60 et 0.74 bonne et supérieure à 0.75 excellente⁽²⁶⁾. Pour apprécier les erreurs en termes d'unités de mesure, l'erreur standard de mesure (SEM – unité de mesure) était calculée. Cette partie statistique a été menée sur GENOVA V.1. statistical software, UdeM, Montréal, Canada.

Ces analyses ont ensuite été complétées par l'évaluation de la fiabilité absolue par une analyse graphique de Bland et Altman pour évaluer l'erreur systématique. La limite d'accord à 95% (LOA 95%) représentait 2 écart-types au-dessous et en-dessous de la moyenne des différences (biais) soit entre les sessions, soit entre les évaluateurs ou soit entre les conditions pieds nus / chaussée.

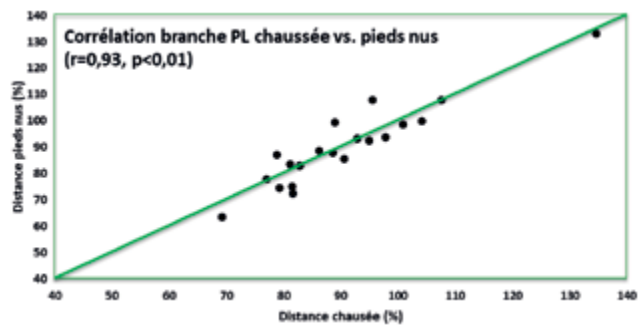
RÉSULTATS

Validité concourante entre la condition chaussée et la condition pieds-nus

Pour la session 1, le coefficient de corrélation était supérieur à 0.70 pour la branche antérieure ($r = 0.75, p < 0.01$) et la branche postéro-latérale ($r = 0.91, p < 0.001$), alors que la branche postéro-médiale avait une validité modérée ($r = 0.68, p < 0.01$). Par rapport à la première session, la validité était augmentée lors de la deuxième session pour les deux branches postérieures (postéro-latérale : $r = 0.93, p < 0.001$ et postéro-médiale : $r = 0.93, p < 0.001$, figure 3) et très proche pour la branche antérieure ($r = 0.69, p < 0.01$).

Figure 3

Graphique de la corrélation la plus élevée entre les conditions chaussée et pieds nus. C'est la branche postéro-latérale (PL) qui est représentée en pourcentage de la taille du membre. La ligne verte représente la corrélation théorique parfaite ($r=1$).



G-study

Les résultats montraient que la source principale de variance était liée aux participants. Pour les sujets, l'erreur systématique de variance représentait 34.74% (branche antérieure) à 48.77% (branche postéro-latérale) de la variance totale du Y *balance test* lorsque le test était réalisé en condition chaussée (tableau 1). Lorsque le test était pieds nus, 44.05% (branche postéro-médiale) à 59.56% (branche antérieure) de la variance était attribuable aux sujets.

La seconde source de variance la plus élevée était l'interaction entre les sujets, les évaluateurs et les sessions (explication de 4.03% à 15.15% de la variance), alors que les essais semblaient constituer une source très faible de la variance. Le pourcentage de variance était plus élevé pour la condition chaussée pour les branches antérieure et médio-latérale, alors que c'est la condition pieds nus qui avait le plus de variance en postéro-latéral (tableau 1).

D-study

Fiabilité intra-évaluateur

Pour la fiabilité intra-évaluateur, lorsque les évaluateurs étaient désignés comme facette fixée, le coefficient de dépendabilité s'améliorait avec le nombre d'essais. Ainsi, lors d'un seul essai, les valeurs du Y *balance test* variaient entre 0.48 et 0.65 ($4.86\% \leq SEM \leq 8.70\%$) en condition chaussée et entre 0.61 et 0.74 ($3.11\% \leq SEM \leq 9.80\%$) pieds nus (figure 4). Lorsque 3 essais étaient moyennés, les coefficients de dépendabilité étaient améliorés (condition chaussée : $0.68 \leq \varphi \leq 0.83, 3.23\% \leq SEM \leq 6.69\%$; condition pieds nus : $0.70 \leq \varphi \leq 0.84, 2.37\% \leq SEM \leq 8.19\%$), alors que la différence était faible avec 4 essais moyennés.

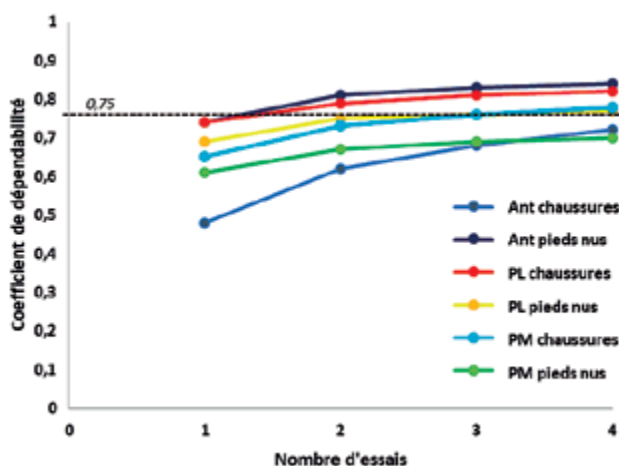
Tableau 1

Résultat de G-Study pour les facteurs expliquant la variance des tests pour les trois directions et pour les conditions chaussée et pieds nus

Sources de la variance	Antérieur		Postéro-latéral		Médio-latéral	
	Chaussures	Pieds nus	Chaussures	Pieds nus	Chaussures	Pieds nus
Sujets (S)	34,74	59,56	48,77	53,42	42,85	44,05
Évaluateurs (E)	2,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Visites (V)	1,95	1,77	0,00	0,00	0,00	0,00
Essais (Ess)	0,51	1,39	0,47	0,77	0,00	0,00
S x E	0,38	0,33	10,87	0,00	5,40	0,00
S x V	0,00	7,79	5,83	4,89	0,00	15,51
S x Ess	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E x V	0,89	0,00	12,66	7,91	5,03	9,67
E x Ess	1,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V x Ess	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,42
S x E x V	9,26	5,90	4,03	15,15	13,89	5,53
S x E x Ess	9,34	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
S x V x Ess	1,30	0,00	0,16	0,00	10,00	0,00
E x V x Ess	0,00	0,61	0,50	0,00	0,00	0,00
S x E x V x Ess	38,11	22,62	16,53	17,86	22,84	24,82
Total variance (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Figure 4

Coefficient de dépendabilité pour la fiabilité intra-évaluateur selon le nombre d'essai pour les branches antérieure (ANT), postéro-latérale (PL) et postéro-médiale (PM). La ligne en pointillés représente la ligne théorique à 0.75 qui est considérée comme le seuil pour utiliser un test en pratique clinique.



L'analyse graphique de Bland Altman montrait une erreur systématique qui mettait en exergue des valeurs plus élevées pour la session 2 (figure 5).

Fiabilité inter-évaluateur

Pour la fiabilité inter-évaluateur, lorsque les sessions étaient désignées comme facette fixée, la mesure réalisée avec un seul essai montrait un coefficient de dépendabilité systématiquement meilleur pour la condition pieds nus (condition pieds nus : $0.74 \leq \varphi \leq 0.82$, $2.62\% \leq SEM \leq 8.29\%$) que chaussée

($0.54 \leq \varphi \leq 0.71$, $6.26\% \leq SEM \leq 8.36\%$). Lorsqu'une moyenne sur deux essais était réalisée, les valeurs du coefficient de dépendabilité étaient améliorées (condition chaussée : $0.65 \leq \varphi \leq 0.75$, $3.44\% \leq SEM \leq 7.53\%$; condition pieds nus : $0.75 \leq \varphi \leq 0.88$, $2.04\% \leq SEM \leq 6.88\%$). Il faut donc un minimum de deux essais pour réaliser les tests avec une bonne fiabilité inter-évaluateur.

L'analyse graphique de Bland Altman montrait une erreur systématique qui mettait en exergue des valeurs plus élevées pour l'évaluateur 2 (figure 6).

DISCUSSION

La validité concourante du Y balance test en chaussures

La validité concourante du Y balance test de la condition chaussée par rapport à pieds nus est modérée à forte. La deuxième session met en évidence une relation entre les deux tests augmentée pour les deux branches postérieures, alors que peu de changements sont visibles pour la branche antérieure qui obtient également les valeurs de corrélation les plus faibles. Le déplacement du pied vers l'avant correspond habituellement à la performance la plus faible⁽²⁾. En effet, l'amplitude de flexion dorsale de cheville semble fortement influencer la capacité à déplacer le membre vers l'avant⁽¹²⁾ et semble donc moins représenter la capacité d'équilibre dynamique. De plus, pour des sujets sains, la variance inter-sujets est inférieure aux autres branches⁽²⁾, alors que l'homogénéité des valeurs a tendance à diminuer les valeurs de corrélation. L'amélioration de la validité concourante pour les branches postérieures lors de la deuxième session pourrait être expliquée par une performance plus hétérogène

Figure 5

Fiabilité intra-évaluateur pour la branche postéro-latérale de la condition chaussée (graphique de Bland Altman)

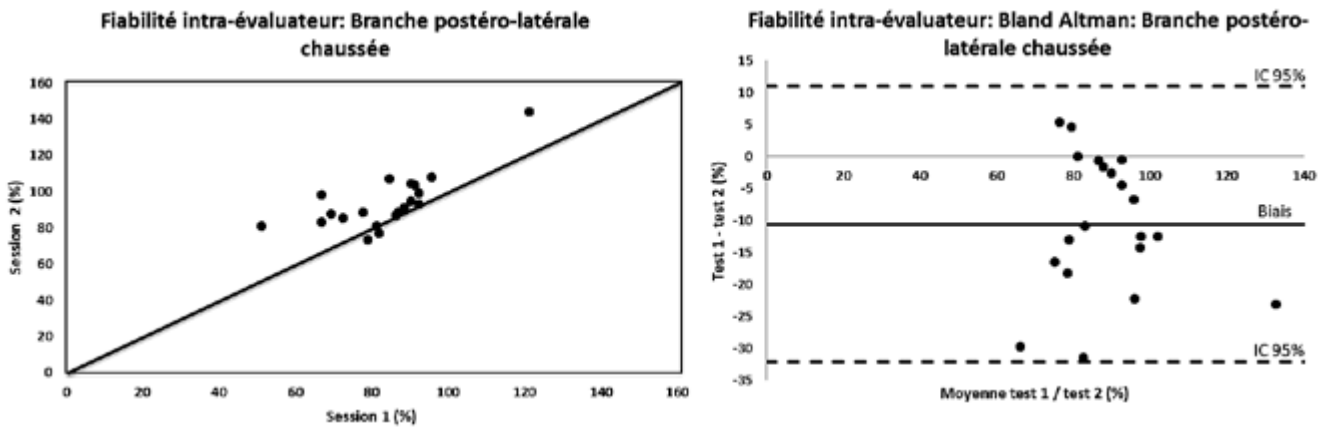


Figure 6

Fiabilité inter-évaluateur pour la branche postéro-latérale de la condition chaussée (graphique de Bland Altman)

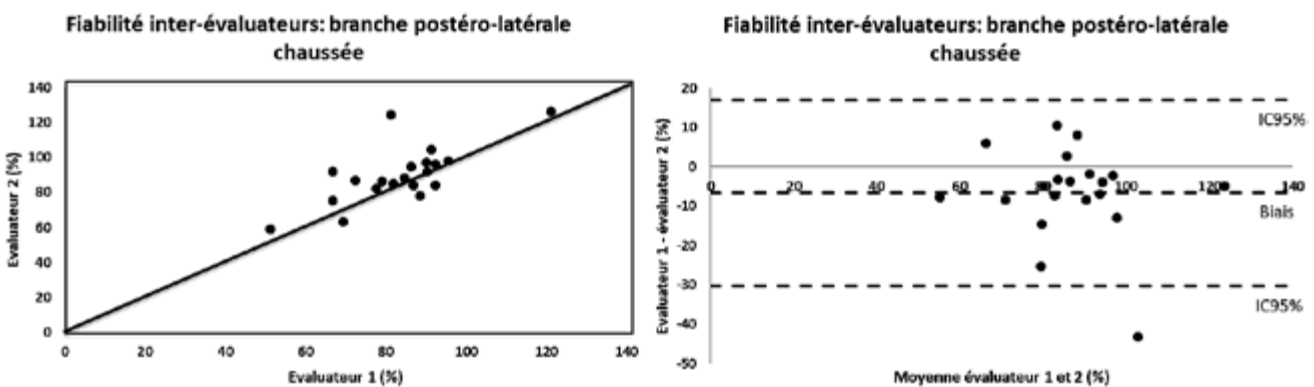
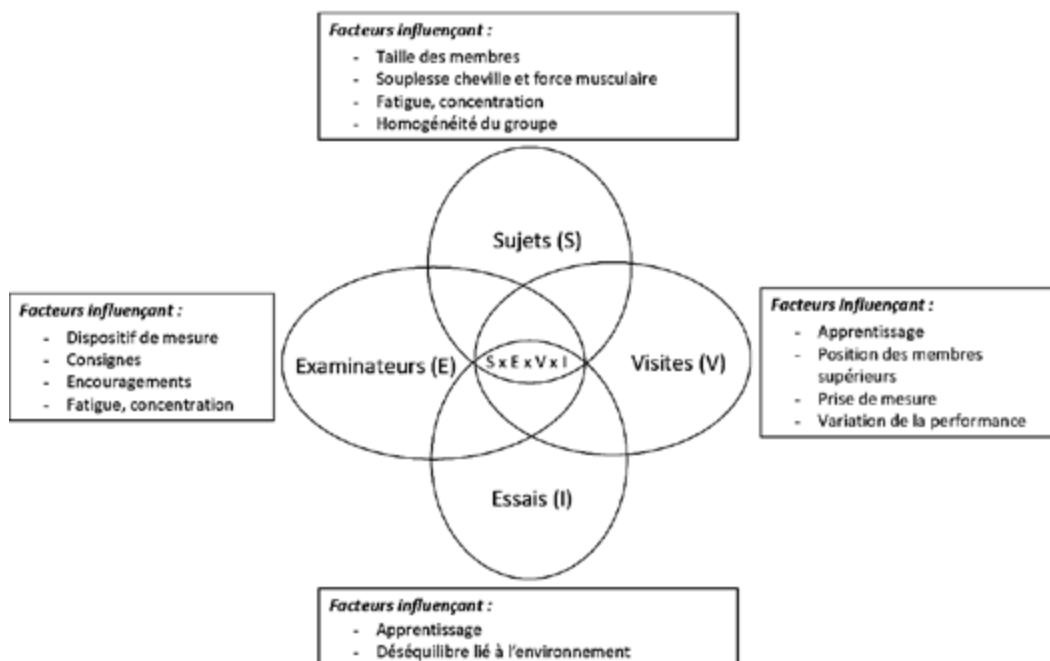


Figure 7

Graphique de Venn avec les facteurs influençant un test



entre les sujets⁽²⁷⁾ et qui est plus liée à la force des muscles de la hanche (abducteurs et rotateurs)⁽¹⁴⁾ ainsi qu'à la capacité d'équilibre qui s'améliore avec la répétition d'essais⁽¹⁶⁾. Une étude précédente comparant le *Y balance test* et le *Star Excursion Balance Test* a également montré de moins bonnes valeurs de corrélation pour la branche antérieure par rapport aux autres branches⁽²⁷⁾. Il semble donc que la validité soit plus fortement affectée par d'autres facteurs que la présence ou non des chaussures. Etant donné les corrélations observées, le *Y balance test* en chaussures peut être utilisé en pratique clinique pour les deux branches postérieures et avec prudence pour la branche antérieure.

Comparaison de la fiabilité pour le test en chaussures et pieds nus

La théorie de la généralisabilité est utilisée pour déterminer la fiabilité quand il existe plusieurs sources de variation qui contribuent à l'erreur de mesure. Contrairement à l'ICC, cette théorie prend en considération les différentes sources d'erreur affectant la mesure⁽²⁵⁾. Quelles que soient les conditions, pour la fiabilité, les facteurs expliquant le plus la variance des résultats sont les sujets, puis les évaluateurs, puis les sessions. Le diagramme de Venn met en évidence les différentes sources possibles de la variance et l'interaction entre ces sources (*figure 7*)⁽²⁸⁾. La variance des performances des sujets trouve son origine dans des paramètres morphologiques, de souplesse, de force, de fatigue, de concentration et d'homogénéité du groupe^(12,14,29). La variance des examinateurs est expliquée par le dispositif de mesure, les consignes, les encouragements, la fatigue et la concentration de l'évaluateur^(1,27). Les facteurs influençant les visites sont l'apprentissage, la position des membres supérieurs, la prise de mesure et la variation de performance sur la journée⁽¹⁶⁾. Plus un test est fiable, plus la variance est expliquée par les sujets⁽²⁵⁾. En condition pieds nus, le pourcentage de variance expliqué par les sujets est systématiquement plus élevé qu'en condition chaussée, ce qui met en évidence que la fiabilité est plus affectée par les évaluateurs, les visites et les essais lors de la présence des chaussures.

Les coefficients de dépendabilité (ρ) sont bons à excellents pour les fiabilités intra et inter-évaluateur avec chaussures et pieds nus. En condition pieds nus, c'est la branche antérieure qui est la plus fiable, alors que pour la condition chaussée, c'est la branche postéro-latérale. En condition pieds nus, la branche antérieure a déjà été montrée comme la plus fidèle lorsque deux évaluateurs différents sont comparés ou lors d'une analyse test-retest^(8,19). Les résultats que nous avons obtenus mettent en exergue des valeurs de fiabilité intra et inter-évaluateur inférieures ainsi que des SEM supérieures aux études précédemment menées⁽¹⁷⁾. Ceci pourrait être expliqué par la population choisie qui est très homogène (uniquement des étudiants en pédicurie-podologie d'âge similaire) et le choix du coefficient de dépendabilité (ρ) qui est plus sévère que l'ICC.

Nombre d'essais pour améliorer la fiabilité

L'analyse par la D-Theory montre qu'il faut un minimum de 3 essais pour obtenir une excellente fiabilité intra-évaluateur, ce qui confirme les études précédentes préconisant trois essais après une période d'apprentissage^(16,17). En effet, très peu d'amélioration de la fiabilité est observée entre le troisième et le quatrième essai, ce qui montre que les valeurs se stabilisent à partir de trois essais.

Pour la fiabilité inter-évaluateur, deux essais semblent apporter une fiabilité satisfaisante, mais, qui est toutefois meilleure pour la condition pieds nus qu'en chaussures. Alors que cette comparaison n'a pas été réalisée pour le *Y balance test*, une étude a comparé les performances entre une orthèse de soutien de cheville et la condition pieds nus pour des personnes présentant une instabilité de cheville⁽³⁰⁾. Le soutien de la cheville offre une amélioration de l'équilibre dynamique, d'autant plus lorsqu'elle est souple, sans que l'impact du port de chaussure sur la validité et la fiabilité n'ait été comparé.

Limites

Le *sample size* n'a pas été calculé, mais, cela n'est pas nécessaire en cas de théorie de généralisabilité car 20 sujets et deux conditions sont les éléments indispensables pour réaliser une analyse de qualité⁽²⁵⁾. Plusieurs participants ont exprimé des difficultés à ressentir la calle pour le déplacement avec les chaussures ce qui rendait un peu plus difficile le démarrage du début de mouvement. Certains auteurs ont proposé une mesure simple sur un mètre ruban sans l'utilisation de la calle⁽¹⁷⁾, néanmoins, celle-ci facilite le relevé des trois mesures à la fin du mouvement dans les trois directions. L'aveugle par rapport à la condition chaussée ou pieds nus était inapplicable pour l'évaluateur. Il est habituellement recommandé de réaliser quatre à six essais d'apprentissage, avant de relever les mesures sur trois essais successifs^(16,17), alors que nous n'avons proposé qu'un seul essai d'apprentissage pour des raisons organisationnelles. Pour améliorer cette adaptation, nous avons donc montré une vidéo avec la procédure à chaque sujet avant les essais. Le test n'a été réalisé que sur le pied non dominant. Toutefois, les résultats sur le pied dominant devraient être très proches car aucune différence n'a été observée entre les membres pour une population similaire à notre étude^(11,23).

CONCLUSION

Cette première étude évaluant les qualités psychométriques du *Y balance test* en condition chaussée a mis en évidence une validité concourante modérée à forte, avec des valeurs qui sont améliorées lors de la deuxième session de test. Les facteurs expliquant le plus la variance sont les sujets, puis l'interaction évaluateurs et sessions. La fiabilité est légèrement moins bonne pour la condition chaussée tout en restant acceptable pour la pratique clinique. Il faut un minimum de trois essais pour obtenir une bonne fiabilité intra-évaluateur et de deux essais pour la fiabilité inter-évaluateur. Pour obtenir un test de bonne qualité, le clinicien doit avoir une bonne connaissance des facteurs influençant le test afin de respecter une procédure rigoureuse et d'inclure des tests cliniques complémentaires pour expliquer la performance et l'analyser. La pratique des tests d'équilibre dynamique en chaussures est donc liée au performance obtenue pieds nus et est fiable. Ce test en chaussure constitue une approche intéressante pour s'approcher des conditions écologiques de nombreuses personnes. D'autres études comparant les qualités psychométriques des tests et les performances des sujets dans les deux conditions, mais pour des populations sportives spécifiques, devraient aider les chercheurs et les cliniciens à utiliser le *Y balance test* dans de bonnes conditions.

IMPLICATIONS POUR LA PRATIQUE

- La validité concourante du Y balance test en chaussures est acceptable par rapport à la condition pieds-nus
- Pour que la mesure soit fiable, il faut inclure une phase d'apprentissage et trois essais pour la reproductibilité intra-évaluateur et deux essais pour la reproductibilité inter-évaluateur
- La branche antérieure est la performance qui présente la validité et la fiabilité la plus faible
- Le Y balance test peut être pratiqué avec des chaussures, mais, avec une méthodologie stricte pour favoriser une bonne qualité de la mesure.

Remerciements

Professeure Sylvie Nadeau (Université de Montréal/CRIR) pour son aide pour le traitement des données (Generalisability theory)

Contact

Anne-Violette Bruyneel
25, rue des Caroubiers
CH-1227 Carouge
Suisse
Tél: +41 22 388 34 88
Anne-violette.bruyneel@hesge.ch

Références

- Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North Am J Sports Phys Ther NAJSPT*. mai 2009;4(2):92-9.
- Bruyneel A-V, Gard S. Evaluation de l'équilibre dynamique : Test d'équilibre en Y. *Kinésithérapie Rev*. 2018;18(202):19-20.
- Wong TKK, Ma AWW, Liu KPY, Chung LMY, Bae Y-H, Fong SSM, et al. Balance control, agility, eye-hand coordination, and sport performance of amateur badminton players: A cross-sectional study. *Medicine (Baltimore)*. janv 2019;98(2):e14134.
- López-Valenciano A, Ayala F, De Ste Croix M, Barbado D, Vera-García FJ. Different neuromuscular parameters influence dynamic balance in male and female football players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. mars 2019;27(3):962-70.
- Johnston W, Dolan K, Reid N, Coughlan GF, Caulfield B. Investigating the effects of maximal anaerobic fatigue on dynamic postural control using the Y-Balance Test. *J Sci Med Sport*. janv 2018;21(1):103-8.
- Hartley EM, Hoch MC, Boling MC. Y-balance test performance and BMI are associated with ankle sprain injury in collegiate male athletes. *J Sci Med Sport*. juill 2018;21(7):676-80.
- Saper MG, Fantozzi P, Bompadre V, Racicot M, Schmale GA. Return-to-Sport Testing After Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction in Adolescent Athletes. *Orthop J Sports Med*. mars 2019;7(3):2325967119828953.
- Greenberg ET, Barle M, Glassmann E, Jung M-K. INTERRATER AND TEST-RETEST RELIABILITY OF THE Y BALANCE TEST IN HEALTHY, EARLY ADOLESCENT FEMALE ATHLETES. *Int J Sports Phys Ther*. avr 2019;14(2):204-13.
- Lee D-K, Kang M-H, Lee T-S, Oh J-S. Relationships among the Y balance test, Berg Balance Scale, and lower limb strength in middle-aged and older females. *Braz J Phys Ther*. juin 2015;19(3):227-34.
- Sipe CL, Ramey KD, Plisky PP, Taylor JD. Y-Balance Test: A Valid and Reliable Assessment in Older Adults. *J Aging Phys Act*. 21 mars 2019;1-7.
- Alnahdi AH, Alderaa AA, Aldali AZ, Alsobayel H. Reference values for the Y Balance Test and the lower extremity functional scale in young healthy adults. *J Phys Ther Sci*. déc 2015;27(12):3917-21.
- Kang M-H, Kim G-M, Kwon O-Y, Weon J-H, Oh J-S, An D-H. Relationship Between the Kinematics of the Trunk and Lower Extremity and Performance on the Y-Balance Test. *PM R*. nov 2015;7(11):1152-8.
- Lee D-K, Kim G-M, Ha S-M, Oh J-S. Correlation of the Y-Balance Test with Lower-limb Strength of Adult Women. *J Phys Ther Sci*. mai 2014;26(5):641-3.
- Wilson BR, Robertson KE, Burnham JM, Yonz MC, Ireland ML, Noehren B. The Relationship Between Hip Strength and the Y Balance Test. *J Sport Rehabil*. 1 sept 2018;27(5):445-50.
- Chimera NJ, Smith CA, Warren M. Injury history, sex, and performance on the functional movement screen and Y balance test. *J Athl Train*. mai 2015;50(5):475-85.
- Linek P, Sikora D, Wolny T, Saulicz E. Reliability and number of trials of Y Balance Test in adolescent athletes. *Musculoskelet Sci Pract*. 2017;31:72-5.
- Coughlan GF, Fullam K, Delahunty E, Gissane C, Caulfield BM. A comparison between performance on selected directions of the star excursion balance test and the Y balance test. *J Athl Train*. août 2012;47(4):366-71.
- Almeida GPL, Monteiro IO, Marizeiro DF, Maia LB, de Paula Lima PO. Y balance test has no correlation with the Stability Index of the Biodex Balance System. *Musculoskelet Sci Pract*. 1 févr 2017;27:1-6.
- Powden CJ, Dodds TK, Gabriel EH. THE RELIABILITY OF THE STAR EXCURSION BALANCE TEST AND LOWER QUARTER Y-BALANCE TEST IN HEALTHY ADULTS: A SYSTEMATIC REVIEW. *Int J Sports Phys Ther*. sept 2019;14(5):683-94.
- Lobo da Costa PH, Azevedo Nora FGS, Vieira MF, Bosch K, Rosenbaum D. Single leg balancing in ballet: effects of shoe conditions and poses. *Gait Posture*. mars 2013;37(3):419-23.
- Notarnicola A, Maccagnano G, Pesce V, Tafuri S, Mercadante M, Fiore A, et al. Effect of different types of shoes on balance among soccer players. *Muscles Ligaments Tendons J*. sept 2015;5(3):208-13.
- Bruyneel AV, Mesure S, Paré JC, Bertrand M. Organization of postural equilibrium in several planes in ballet dancers. *Neurosci Lett*. 26 nov 2010;485(3):228-32.
- Fusco A, Giancotti GF, Fuchs PX, Wagner H, da Silva RA, Cortis C. Y balance test: Are we doing it right? *J Sci Med Sport*. 1 févr 2020;23(2):194-9.
- Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2d éd. USA: Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
- Briesch AM, Swaminathan H, Welsh M, Chafouleas SM. Generalizability theory: a practical guide to study design, implementation, and interpretation. *J Sch Psychol*. févr 2014;52(1):13-35.
- Cicchetti DV. Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. *Psychol Assess*. 1994;6(4):284-90.
- Bulow A, Anderson JE, Leiter JR, MacDonald PB, Peeler J. THE MODIFIED STAR EXCURSION BALANCE AND Y-BALANCE TEST RESULTS DIFFER WHEN ASSESSING PHYSICALLY ACTIVE HEALTHY ADOLESCENT FEMALES. *Int J Sports Phys Ther*. avr 2019;14(2):192-203.
- Heitman RJ, Kovaleski JE, Pugh SF. Application of generalizability theory in estimating the reliability of ankle-complex laxity measurement. *J Athl Train*. févr 2009;44(1):48-52.
- Gribble PA, Kelly SE, Refshauge KM, Hiller CE. Interrater reliability of the star excursion balance test. *J Athl Train*. oct 2013;48(5):621-e.
- Hadadi M, Mousavi ME, Fardipour S, Vameghi R, Mazaheri M. Effect of soft and semi-rigid ankle orthoses on Star Excursion Balance Test performance in patients with functional ankle instability. *J Sci Med Sport*. juill 2014;17(4):430-3.