

RECHERCHE

Mesure de la bascule pelvienne sagittale à l'aide d'un compas-inclinomètre : fiabilité des mesures neutre, antérieure et postérieure chez de jeunes sportifs

Measurement of sagittal pelvic tilt using an inclinometer: reliability of neutral, anterior, and posterior measures in young athletes

François Fourchet¹ (PT, PhD), Olivier Materne² (PT, PhD), Abdallah Rejeb³ (PT, PhD), Cosmin Horobeanu³ (PT, PhD), Antoine Seurot⁴ (PT, MSc), Mohammed Farooq⁵ (MSc)

MOTS-CLÉS

Inclinomètre / bassin, erreur de mesure / antéversion / rétroversion / blessure / corrélation intra-classe

KEYWORDS

Inclinometer / pelvis / error of measurement / anteversion / retroversion / injury / intraclass correlation

RÉSUMÉ

Introduction: La technique palpatoire évaluant la position relative des épines iliaques est fréquemment utilisée pour quantifier la bascule pelvienne sagittale debout (BPSD). Cependant la fiabilité de cette approche chez les adolescents demeure inconnue. Cette étude examine la fiabilité inter- et intra-investigateur des mesures utilisant un compas-inclinomètre (PALM) pour évaluer la BPSD chez de jeunes athlètes masculins.

Méthode: 75 athlètes adolescents (âge = 14,9 ± 1,7 ans) ont été testés à deux reprises. Deux investigateurs ont évalué la BPSD en positions neutre, antérieure et postérieure à l'aide du PALM. Une moyenne de trois mesures a été calculée par chaque investigateur, alternativement et bilatéralement. La fiabilité a été évaluée par corrélations intra-classes (ICC) et les différences entre les séances et les investigateurs exprimées en Cohen's *d* ont été traitées statistiquement ainsi que différentes mesures d'agrément.

Résultats: Les ICC s'échelonnaient de 0,89 à 1,00 entre les sessions et 0,70 à 0,99 entre les investigateurs, avec Cohen's *d* < 0,2 dans toutes les configurations. Les coefficients de variation relatifs aux BPSD neutre et antérieure étaient inférieurs à 15,8% et 8,8% entre les investigateurs respectivement et inférieurs à 14,0% et 7,3% entre les séances respectivement, mais ceux relatifs à la BPSD postérieure étaient supérieurs à 38,9% et 24,8% entre les investigateurs et les séances respectivement.

Discussion/Conclusion: Cette méthode manuelle utilisant un compas-inclinomètre démontrait une bonne fiabilité pour les mesures de BPSD neutre et antérieure chez des athlètes adolescents, mais pas pour les mesures de BPSD postérieure, dont les résultats doivent être interprétés avec précaution.

ABSTRACT

Introduction: Standing sagittal pelvic tilt (SSPT) is frequently quantified using the palpation technique, which assesses the relative position of the iliac spines. However, the reliability of this approach in adolescents remains unknown. This study examines the inter- and intra-investigator reliability of measurements using a compass inclinometer to assess SSPT in young male athletes.

Method: In total, 75 adolescent athletes (age = 14.9 ± 1.7 years) were evaluated on two occasions. Two investigators evaluated SSPT in neutral, anterior, and posterior positions using a compass inclinometer. An average of three measurements was calculated by each investigator, alternately and bilaterally. The reliability was assessed by intra-class correlations, and the differences between sessions and investigators expressed in Cohen's *d* were treated statistically as well as several measures of agreement.

Results: Intra-class correlations between sessions and investigators were 0.89–1.00 and 0.70–0.99, respectively, with Cohen's *d* < 0.2 in all configurations. The coefficients of variation for neutral and anterior SSPT were <15.8% and <8.8%, respectively, between investigators and <14.0% and <7.3%, respectively, between sessions, but those for posterior SSPT were >38.9% and >24.8% between investigators and sessions, respectively.

Discussion/Conclusion: In adolescent athletes, the manual method using a compass inclinometer demonstrated a good reliability for neutral and anterior SSPT measurements but not for posterior SSPT measurements; therefore, the findings should be cautiously interpreted.

¹ Responsable du service de Physiothérapie, Hôpital de La Tour Meyrin/Genève Suisse –

² Equipe nationale de football du Qatar - NSMP Doha Qatar

³ Aspire-NSMP Doha Qatar

⁴ Service de Physiothérapie, Hôpital de La Tour Meyrin/Genève Suisse

⁵ Research and Education Centre, Aspetar Doha Qatar

INTRODUCTION

Un nombre important de jeunes athlètes sont touchés par des blessures liées à leur pratique sportive⁽¹⁾. Ces blessures varient selon le sport, le sexe et le type d'activité mais il apparaît qu'elles surviennent majoritairement soit à la suite d'un contact entre joueurs/joueuses soit à la suite de microtraumatismes de surmenage^(1,2). Si les conséquences néfastes des contacts peuvent être partiellement prévenues par des aménagements des règles de jeu ou des protections^(3,4), il est sans doute possible de limiter aussi l'incidence des pathologies de surcharge par une bonne programmation des entraînements et matchs (charge optimale) et par une préparation physique améliorée^(5,6).

En outre, des déséquilibres ou dysfonctions mécaniques affectant une structure osseuse encore immature sont souvent évoqués dans la littérature comme causes potentielles de pathologies chez les jeunes sportifs, car induisant des tractions répétitives et inappropriées sur des apophyses encore trop fragiles^(2,7). A cet égard, la région pelvienne est un siège fréquent de lésions de surcharge situées au niveau du sacrum, de l'acétabulum et du col fémoral ou d'avulsion sur les attaches des ischio-jambiers, des adducteurs ou du droit antérieur⁽²⁾.

En conséquence et afin d'identifier de potentiels facteurs de risques en lien avec des pathologies du rachis, du bassin ou des articulations périphériques, la posture pelvienne en position debout est régulièrement évaluée en pratique clinique. Une asymétrie marquée au niveau de l'équilibre du bassin induirait des compensations posturales ayant pour effet des souffrances d'ordre musculo-squelettique^(8,9), par exemple au niveau sacro-iliaque⁽¹⁰⁾ ou des dommages lombo-pelviens⁽¹¹⁾.

La technique de palpation évaluant manuellement et subjectivement la position relative des épines iliaques supérieures antérieures (EIAS) et postérieures (EIPS) est largement utilisée pour quantifier l'asymétrie en position pelvienne⁽¹⁰⁾, mais la fiabilité de cette approche est régulièrement remise en question^(10,12). En effet, même si les études sur la fiabilité palpatoire rapportent des corrélations intra-classes de l'ordre de 0,80 pour différents repères anatomiques du bassin, la validité de cette technique manuelle par rapport au « gold standard » telle l'échographie reste limitée, avec notamment 20 mm d'erreur moyenne possible entre les deux techniques pour la palpation des EIPS⁽¹²⁾.

Dans un esprit d'utilisation plus systématique de la clinimétrie pour de meilleures pratiques thérapeutiques, le recours au compas-inclinomètre portatif est une option susceptible de fournir des résultats plus fiables que la simple évaluation manuelle. Peu d'auteurs ont utilisé des inclinomètres de ce type pour mesurer l'angle de bascule pelvienne dans le plan sagittal⁽¹³⁻¹⁵⁾, bien que cet outil ait démontré une fiabilité inter- et intra-évaluateur qualifiée de modérée à excellente suivant les études et les interprétations variables de ces résultats⁽¹⁴⁻¹⁶⁾. A titre d'exemple chez des adultes et concernant la bascule neutre, une fiabilité inter-examineur de 0,81 et 0,88 à droite et à gauche respectivement a été rapportée⁽¹⁶⁾; la fiabilité intra-examineur entre deux sessions de mesure pouvant varier de 0,65 sur le côté gauche à 0,85 sur le côté droit, selon une étude récente de Beardsley *et al.*⁽¹⁶⁾. Il est à noter

que la mesure de la bascule postérieure est parfois apparue moins fiable que les mesures antérieure et neutre, et ce en raison de la complexité supérieure de ce mouvement et des potentielles compensations⁽¹³⁾.

Le principal compas-inclinomètre de ce type sur le marché et le plus utilisé dans les études standardisées est le PALM (pour Palpation Meter, Performance Attainment Associates, St. Paul Minnesota, USA)^(8,10,17). De précédentes recherches portant sur l'évaluation de la bascule du bassin ont eu recours au même type de compas-inclinomètre. En 2011, Herrington *et al.* ont rapporté une excellente fiabilité de la mesure de bascule neutre du bassin avec notamment une erreur standard de mesure de 1,1° et un changement minimal détectable de 2,5°⁽⁸⁾. Krawiec *et al.* ont quant à eux rapporté une ICC à 0,99 et des erreurs standards de mesure allant de 0,44° à 0,47° chez de jeunes adultes masculins⁽¹⁵⁾. Toutefois la fiabilité de cet outil n'a été évaluée que sur des adultes mais jamais auprès de jeunes athlètes.

Ces mesures neutres d'antéversion et de rétroversion maximales du bassin apparaissent également intéressantes à considérer, puisque de nombreux cliniciens prescrivent ou pratiquent régulièrement des thérapies qui sont censées modifier ces deux amplitudes actives dans le plan sagittal (par exemple: étirements des chaînes antérieure ou postérieure)^(18,19). Connaître la fiabilité de ces mesures permettrait donc de participer à valider les techniques thérapeutiques qui sont supposées modifier ces amplitudes; une fois encore, des données existent mais sont néanmoins rares chez les adultes et inexistantes chez les jeunes athlètes⁽¹³⁾.

La présente étude avait donc pour premier objectif d'évaluer la fiabilité inter- et intra-évaluateur de la mesure de la bascule pelvienne sagittale neutre, des bascules pelviennes maximales antérieure et postérieure et de l'amplitude totale de bascule pelvienne chez des athlètes adolescents. Le second objectif de cette étude était de mettre à disposition des cliniciens des valeurs d'agrément utilisables pour cette population spécifique. Les hypothèses formulées a priori étaient que la fiabilité des mesures de bascule neutre et antérieure serait bonne à excellente tandis que la fiabilité des mesures de bascule postérieure pourrait s'avérer inférieure, avec des valeurs d'agrément plus élevées.

MÉTHODE

Sujets

75 adolescents sportifs masculins d'un centre national de formation (51 joueurs de football, 15 athlètes et 9 joueurs pratiquant d'autres sports individuels), s'entraînant environ 15 heures par semaine ont participé à cette étude. L'âge moyen, la masse corporelle et la taille étaient 14,9 ± 1,7 ans, 57,4 ± 8,8 kg, 172,0 ± 7,4 cm respectivement. Tous les participants étaient en bonne santé et sans douleur pendant la période de test. Les participants n'avaient subi aucune blessure d'ordre musculo-squelettique aux membres inférieurs ou au tronc dans le mois précédant l'essai. Avant les tests, le consentement éclairé a été demandé et obtenu de tous les participants et de leurs parents. L'étude a été approuvée par le comité local d'éthique de la recherche (Shafallah Ethics Committee, Doha, Qatar – QR-697019), et répondait aux recommandations de la Déclaration d'Helsinki.

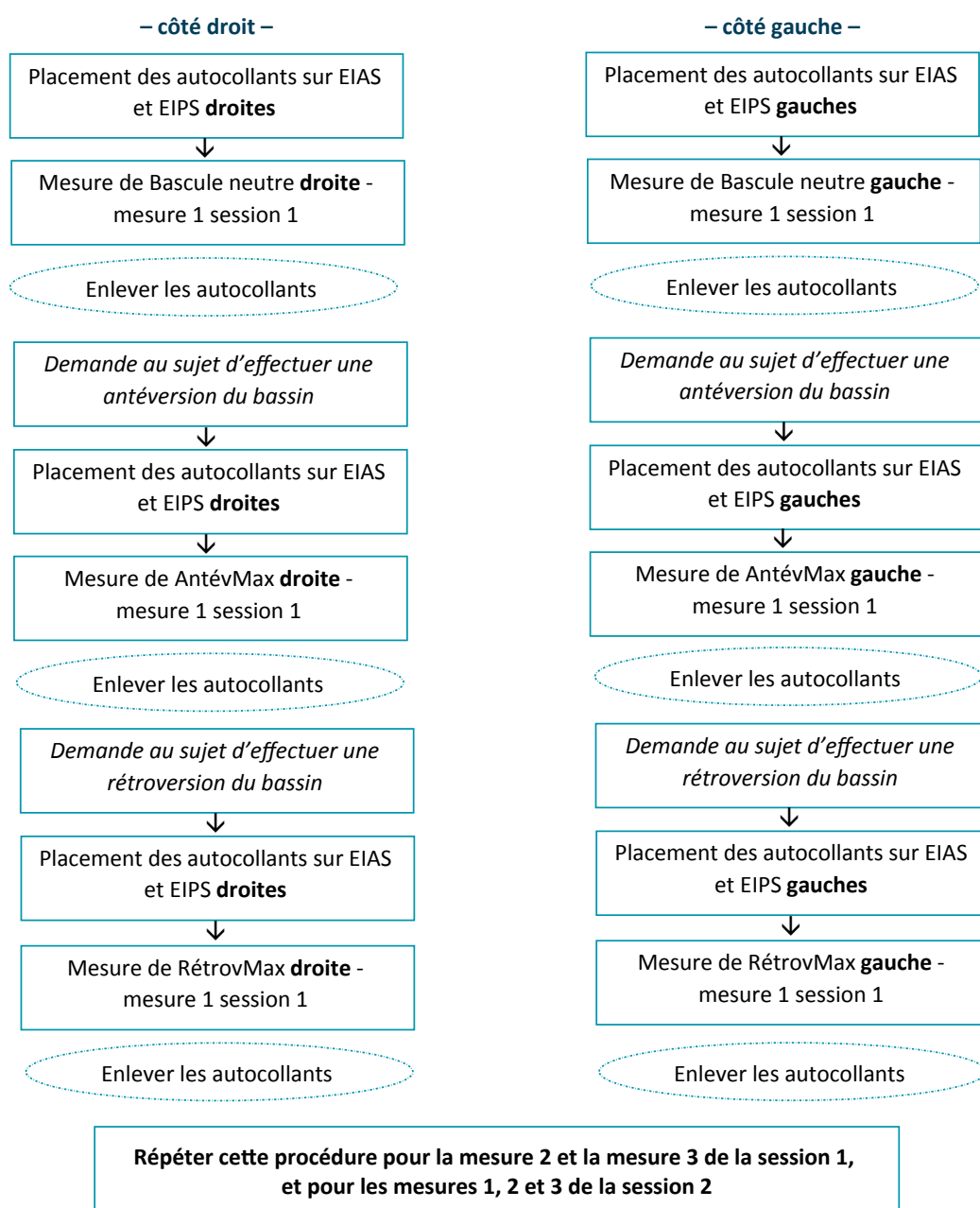
Procédure

À deux reprises (session 1 et session 2, à 10 minutes l'une de l'autre)⁽¹⁴⁾, deux cliniciens (physiothérapeutes) expérimentés (Investigateurs A et B) ont pris toutes les mesures en débutant aléatoirement entre eux et par la droite ou la gauche, c'est-à-dire la bascule pelvienne debout en position neutre (Bascule Neutre), la bascule pelvienne antérieure maximale en antéversion (AntévMax) et la bascule pelvienne postérieure maximale en rétroversion (RétrovMax) (Figure 1). Comme mis en évidence par Gajdosik *et al.*⁽¹³⁾, les

os du bassin se déplacent sous la peau pendant les mouvements actifs et cela peut conduire à des mesures erronées si les EIAS et EIPS sont simplement marquées au stylo dermique une seule fois au début du test comme suggéré par ailleurs⁽²⁰⁾. Pour s'assurer que la mesure était cliniquement valide, les EIAS et EIPS ont été palpées et marquées avec de petits autocollants ronds amovibles (0.3 cm²) quand les amplitudes finales d'AntévMax et RétrovMax ont été atteintes à chaque test (et également pour la mesure de la Bascule Neutre).

Figure 1

Procédure pour la mesure 1 de la session 1 des bascules pelviennes et commencée aléatoirement par le côté droit et par un des investigateurs



EIAS : épine iliaque antérieure et supérieure ; EIPS : épine iliaque postérieure et supérieure ;
AntévMax: bascule pelvienne antérieure maximale en antéversion ;
RétrovMax: bascule pelvienne postérieure maximale en rétroversion

Figure 2

Palpation Meter



Les trois positions du bassin dans le plan sagittal ont donc été évaluées à l'aide d'un Palpation Meter (PALM) (Performance Attainment Associates, St. Paul Minnesota, USA). Le PALM se compose d'un inclinomètre sur lequel sont fixées deux longues branches de compas (Figure 2). L'inclinomètre à bulle est un arc semi-circulaire avec des graduations d'un degré qui vont de 0 à 30° de chaque côté de la ligne médiane.

Chaque sujet devait se tenir debout avec les pieds écartés d'une largeur de 30 cm et regarder un point fixe devant lui afin de limiter les oscillations posturales⁽⁸⁾. Les sujets devaient répartir au mieux leur poids uniformément entre les deux membres inférieurs et les bras étaient croisés sur leur poitrine avec la main sur l'épaule opposée pendant que l'investigateur repérait l'EIAS et l'EIPS. La palpation initiale des EIAS a été faite en approchant les pouces de bas en haut, jusqu'à atteindre la protubérance la plus marquée de l'EIAS, qui était alors marquée avec un autocollant. Les EIPS étaient ensuite repérées et marquées de la même façon avec des autocollants en déplaçant les pouces du bas vers le haut et du centre vers l'extérieur, du bord du sacrum vers la protubérance la plus marquée⁽⁸⁾.

Bascule pelvienne debout en position neutre (Bascule Neutre)

Une fois les autocollants fixés, les extrémités des deux branches du compas étaient placées sur ceux-ci à l'aide des deux index comme suggéré par Gajdosik et al.⁽¹³⁾. Le positionnement du PALM par l'investigateur est indiqué à la Figure 3. L'angle de bascule était lu directement à partir de l'inclinomètre et enregistré par l'investigateur. La Bascule Neutre

a été déterminée comme l'angle formé entre l'horizontale et la ligne imaginaire reliant l'EIAS et l'EIPS homolatérales et passant par les branches du PALM. Par convention, des degrés positifs ont été employés pour décrire les bascules antérieures et des degrés négatifs pour des bascules postérieures dans le plan sagittal. Trois mesures ont été prises par chaque examinateur pour chaque côté alternativement pour obtenir une moyenne par côté^(8,13).

Bascule pelvienne antérieure maximale en antéverson (AntévMax)

A partir de la position de Bascule Neutre, le sujet a été entraîné à pratiquer l'antéverson c'est-à-dire à « cambrer le bas du dos et faire plonger les EIAS vers l'avant et le bas » jusqu'au bout de l'amplitude permise sans causer de douleur ou d'inconfort. L'investigateur vérifiait qu'aucune compensation n'était visible au niveau des membres inférieurs ou du tronc. Une fois cette technique acquise, le sujet était invité à maintenir la position AntévMax tandis que l'EIAS et l'EIPS homolatérales étaient repérées et marquées d'un autocollant chacune. Les extrémités du compas étaient alors placées comme précédemment décrit et l'angle AntévMax enregistré par l'investigateur. Il était alors demandé au sujet de se relâcher pour revenir en position neutre de bassin et les autocollants étaient retirés. Trois mesures ont été prises par chaque examinateur pour chaque côté alternativement afin d'obtenir une moyenne par côté^(8,13).

Bascule pelvienne postérieure maximale en rétroversion (RétrovMax)

A partir de la position de Bascule Neutre, le sujet a été entraîné à pratiquer la rétroversion du bassin c'est-à-dire à « serrer les fesses et contracter les abdominaux afin de faire plonger les EIPS vers l'arrière et le bas » jusqu'au bout de l'amplitude permise sans causer de douleur ou d'inconfort. Une fois cette technique acquise et selon la même procédure, le sujet était invité à maintenir la position RétrovMax tandis que l'EIAS et l'EIPS homolatérales étaient repérées et marquées. Les extrémités du compas étaient alors placées comme précédemment décrit et l'angle RétrovMax enregistré par l'investigateur. Trois mesures ont été prises par chaque examinateur pour chaque côté alternativement afin d'obtenir une moyenne par côté⁽⁸⁾.

Analyse des données

Les moyennes des trois AntévMax et RétrovMax de chaque côté et pour chaque investigateur ont été utilisées pour la suite du traitement des données et l'amplitude totale de bascule pelvienne (Bascule Totale) a été calculée selon la formule : Bascule Totale = AntévMax + RétrovMax.

Le calcul de la taille de l'échantillon nécessaire pour atteindre l'objectif de cette étude était basé sur la formule proposée par Bonett en 2002⁽²¹⁾. Considérant que le coefficient de corrélation intra-classe (ICC) de la fiabilité de la bascule pelvienne chez les jeunes sujets pour différentes mesures variera de 0,7 à 0,8 pour 2 évaluateurs, la taille de l'échantillon requis est de 36 à 70 sujets, pour $\alpha = 0.10$ et $\beta = 0.80$ ⁽²¹⁾. Les données recueillies ont été codées et saisies dans le logiciel statistique SPSS v. 19.0 pour l'analyse statistique. L'étude a rassemblé un échantillon suffisant de 75 sujets qui ont été testés à plusieurs reprises par deux investigateurs A et B à deux occasions différentes. Les tests de normalité ont été pratiqués graphiquement par la méthode Q-Q plot.

La fiabilité entre les investigateurs et entre les sessions de test a été exprimée avec des ICCs (ICC 2,1 et ICC 3,k respectivement) avec 90% d'intervalle de confiance (CI)⁽²²⁾. Pour l'interprétation de ces calculs, il a été choisi que les ICC inférieures à 0,5 indiquaient une fiabilité médiocre, les valeurs comprises entre 0,5 et 0,75 une fiabilité modérée, les valeurs comprises entre 0,75 et 0,9 une bonne fiabilité et les valeurs supérieures à 0,90 une excellente fiabilité selon les recommandations de Koo *et al.*⁽²²⁾.

Des mesures répétées 2x2 ANOVA avec les facteurs Sessions (2 niveaux) et Investigateurs (2 niveaux) ont été effectuées sur chaque mesure pour déduire l'erreur quadratique moyenne (EQM) de chaque facteur. L'erreur standard de mesure (ESM, °), également connu sous le nom "erreur type"⁽²³⁾, a ensuite été calculée comme la racine carrée de EQM^(23,24). Le changement minimal détectable (CMD, °) a été calculé selon la formule suivante: $MDC = ESM \times 1,96 \times \sqrt{2}$. Les coefficients de variation (CV, %) ont également été déterminés à l'aide de la feuille de calcul de Hopkins⁽²⁵⁾. Les différences entre les mesures des deux investigateurs ou entre les deux sessions ont été exprimées comme une différence moyenne standardisée (Cohen's *d*). Une différence a été considérée comme insignifiante, petite, modérée ou importante si le Cohen's *d* était respectivement < 0,2, compris entre 0,2 et 0,5, comprise entre 0,5 et 0,8 ou > 0,8. Tous les résultats ont été exprimés sous la forme moyenne $\pm$ écart-type et IC à 90% le cas échéant.

RÉSULTATS

Cette étude visait à évaluer la fiabilité de trois mesures de la bascule du bassin et d'une mesure correspondant à la somme de deux d'entre elles relevées par deux physiothérapeutes.

Les statistiques descriptives de ces mesures sont présentées dans le Tableau 1.

Le tableau 2A regroupe les corrélations intra-classes intra-investigateur avec 90% d'intervalle de confiance pour la moyenne des 3 mesures et les principales mesures d'agrément. Les valeurs des ICC intra-investigateur s'échelonnaient de 0,80 à 1,00 pour l'investigateur A et de 0,89 à 0,96 pour l'investigateur B selon les positions. Les coefficients de variation restaient inférieurs à 7,1% pour les bascules neutre et antérieure mesurées par l'investigateur A et inférieurs à 17,0% pour l'investigateur B. Par contre, concernant les mesures de bascule postérieure, les coefficients de variation s'élevaient jusqu'à 40,5% pour l'investigateur A et 68,8% pour l'investigateur B.

Le Tableau 2B regroupe les ICC inter-investigateur avec 90% d'intervalle de confiance pour chaque session et les principales mesures d'agrément. Les valeurs des ICC inter-investigateur s'échelonnaient de 0,89 à 0,99 pendant la session 1 et de 0,70 à 0,89 pour la session 2 selon les positions. Les coefficients de variation restaient inférieurs à 8,5% pour les bascules neutre et antérieure mesurées lors de la session 1 et inférieurs à 20,9% lors de la session 2. Par contre, concernant les mesures de bascule postérieure, les coefficients de variation s'élevaient jusqu'à 53,3% pour la session 1 et 92,2% pour la session 2.

Au global, les différences entre les mesures des deux investigateurs ou entre les deux sessions exprimées comme une différence moyenne standardisée (Cohen's *d*) étaient inférieures à 0,2 pour toutes les positions testées.

Tableau 1

Moyenne $\pm$ écart-type des mesures de bascule du bassin dans les différentes positions testées par les deux investigateurs

Angle (en degrés)	Investigateur A		Investigateur B	
	session 1	session 2	session 1	session 2
Gauche AntévMax	20,5 $\pm$ 4,0	20,5 $\pm$ 3,9	20,7 $\pm$ 4,0	21,1 $\pm$ 4,0
Gauche Bascule Neutre	9,8 $\pm$ 3,7	9,7 $\pm$ 3,6	9,9 $\pm$ 3,7	10,4 $\pm$ 3,5
Gauche RétrovMax	1,5 $\pm$ 3,6	1,4 $\pm$ 3,5	1,7 $\pm$ 3,5	1,7 $\pm$ 3,3
Gauche Bascule Totale	19,0 $\pm$ 4,2	19,1 $\pm$ 4,0	19,0 $\pm$ 4,0	19,4 $\pm$ 4,3
Droite AntévMax	20,2 $\pm$ 4,4	20,1 $\pm$ 4,4	20,3 $\pm$ 4,2	20,6 $\pm$ 4,1
Droite Bascule Neutre	9,6 $\pm$ 3,8	9,6 $\pm$ 3,8	9,6 $\pm$ 3,9	10,2 $\pm$ 3,8
Droite RétrovMax	1,0 $\pm$ 3,6	1,0 $\pm$ 3,6	0,9 $\pm$ 3,5	1,0 $\pm$ 3,4
Droite Bascule Totale	19,2 $\pm$ 4,1	19,1 $\pm$ 4,0	19,5 $\pm$ 4,0	19,6 $\pm$ 3,9
Droite et Gauche Bascule Totale	19,1 $\pm$ 3,9	19,1 $\pm$ 3,8	19,2 $\pm$ 3,9	19,5 $\pm$ 4,0

AntévMax: Bascule pelvienne antérieure maximale en antéverson; Bascule Neutre: Bascule pelvienne debout en position neutre
RétrovMax: Bascule pelvienne postérieure maximale en rétroversion; Bascule Totale: AntévMax + RétrovMax.

Tableau 2A

Corrélations intra-classes (ICC) intra-investigateur avec 90% d'intervalle de confiance pour la moyenne des 3 mesures et principales mesures d'agrément

	Investigateur A entre session 1 et session 2					
	ICC	ESM (90% CI) en °	CMD en °	Cohen's d (90% CI)	CV (90% CI) en %	
Gauche: AntévMax	0,99 (0,99-1,00)	0,9 (0,8-1,1)	1,9	0,04 (-0,2-0,3)	5,1 (4,5-5,9)	
Gauche: Bascule Neutre	1,00 (1,00-1,00)	0,3 (0,2-0,3)	1,1	0,02 (-0,3-0,3)	7,1 (6,2-8,2)	
Gauche: RétrovMax	0,99 (0,99-1,00)	0,4 (0,3-0,4)	1,2	0,05 (-0,2-0,3)	24,8 (20,9-30,6)	
Gauche: Bascule Totale	0,98 (0,97-0,99)	0,5 (0,5-0,6)	1,4	0,01 (-0,2-0,2)	2,9 (2,5-3,3)	
Droite: AntévMax	1,00 (1,00-1,00)	0,3 (0,2-0,3)	1,1	0,04 (-0,2-0,3)	1,4 (1,2-1,6)	
Droite: Bascule Neutre	1,00 (1,00-1,00)	0,3 (0,3-0,4)	1,1	0,02 (-0,3-0,3)	6,3 (5,6-7,4)	
Droite: RétrovMax	0,98 (0,96-0,98)	0,8 (0,7-0,9)	1,8	0,02 (-0,2-0,3)	40,5 (33,8-50,7)	
Droite: Bascule Totale	0,98 (0,97-0,99)	0,8 (0,7-0,9)	1,8	0,06 (-0,2-0,3)	4,9 (4,3-5,7)	
Droite et Gauche Bascule Totale	0,99 (0,99-0,99)	0,5 (0,4-0,6)	1,4	0,03 (-0,2-0,3)	2,9 (2,5-3,4)	

Tableau 2B

Corrélations intra-classes (ICC) inter-investigateur avec 90% d'intervalle de confiance pour chaque session et principales mesures d'agrément

	Session 1 entre investigateur A et investigateur B					
	ICC	ESM (90% CI) en °	CMD en °	Cohen's d (90% CI)	CV (90% CI) en %	
Gauche: AntévMax	0,95 (0,92-0,96)	0,9 (0,8-1,1)	1,9	0,01 (-0,3-0,3)	5,1 (4,5-5,9)	
Gauche: Bascule Neutre	0,99 (0,98-0,99)	0,5 (0,4-0,5)	1,4	0,03 (-0,2-0,3)	8,5 (7,5-10,0)	
Gauche: RétrovMax	0,93 (0,89-0,95)	1,0 (0,9-1,1)	2,0	0,03 (-0,2-0,3)	53,3 (44,5-66,7)	
Gauche: Bascule Totale	0,89 (0,85-0,93)	1,3 (1,2-1,5)	2,2	0,02 (-0,3-0,3)	7,4 (6,5-8,7)	
Droite: AntévMax	0,95 (0,93-0,97)	0,9 (0,8-1,1)	1,9	0,01 (-0,3-0,3)	5,1 (4,4-5,9)	
Droite: Bascule Neutre	0,99 (0,98-0,99)	0,4 (0,4-0,5)	1,2	0,00 (-0,1-0,1)	5,6 (4,9-6,5)	
Droite: RétrovMax	0,96 (0,94-0,97)	0,7 (0,7-0,9)	1,6	0,02 (-0,3-0,3)	38,9 (32,4-48,9)	
Droite: Bascule Totale	0,92 (0,88-0,94)	1,2 (1,0-1,3)	2,1	0,03 (-0,2-0,3)	6,3 (5,5-7,3)	
Droite et Gauche Bascule Totale	0,94 (0,92-0,96)	0,9 (0,8-1,1)	1,9	0,01 (-0,2-0,2)	5,1 (4,5-6,0)	

AntévMax: Bascule pelvienne antérieure maximale en antéversion; Bascule Neutre: Bascule pelvienne debout en position neutre; RétrovMax: Bascule pelvienne postérieure maximale en rétroversion; Bascule Totale: AntévMax + RétrovMax; ESM: Erreur standard de mesure; CMD: Changement minimal détectable; CV: Coefficient de variation.

DISCUSSION

Cette étude sur la fiabilité de la mesure de la bascule pelvienne sagittale a permis d'établir de larges disparités entre les bascules neutres et antérieures d'une part et la bascule postérieure d'autre part. Elle a aussi permis de montrer que des différences entre investigateurs et entre sessions étaient possibles. Cependant des valeurs d'agrément sont désormais disponibles pour les cliniciens concernant une population de sportifs adolescents masculins.

Concernant la bascule neutre, nos statistiques descriptives (moyennes de 9,7° et 10,1° pour les investigateurs A et B) sont en accord avec les résultats d'autres études. L'étude de Beardsley *et al.* présente notamment des chiffres très similaires avec des moyennes de 10,5° à 10,6° avec un PALM à affichage digital⁽¹⁶⁾. Utilisant un appareil PALM classique similaire au nôtre, Herrington *et al.* ont mesuré la bascule

pelvienne dans une population de 120 jeunes adultes et ont rapporté des valeurs de l'ordre de 6° à 7°⁽⁸⁾. En utilisant également un PALM, Lee *et al.* ont mesuré la bascule pelvienne dans une population de 40 sujets jeunes des deux sexes avec des résultats de l'ordre de 7° à 8°⁽²⁶⁾; Gajdosik *et al.* ont retrouvé des valeurs proches (8,5°) dans une population de 20 hommes âgés de 25 ans en moyenne⁽¹³⁾.

En référence à l'échelle d'interprétation des calculs présentée précédemment⁽²²⁾, les ICC intra-investigateur de notre étude se sont révélées excellentes (ICC > 0,90) dans toutes les positions pour les deux investigateurs, sauf la bascule totale gauche pour l'investigateur 2 évaluée comme bonne (ICC = 0,89). Ces résultats sont en rapport avec ceux des études menées par le passé. Concernant la bascule neutre, Crowell *et al.*, Preece *et al.* et Gnat *et al.* ont également rapporté une excellente fiabilité intra-investigateur avec des ICC de 0,92, 0,98 et 0,99 respectivement⁽²⁷⁻²⁹⁾.

Investigateur B entre session 1 et session 2					
	ICC	ESM (90% CI) en °	CMD en °	Cohen's d (90% CI)	CV (90% CI) en %
	0,95 (0,93-0,97)	1,2 (1,1-1,4)	2,1	0,15 (-0,1-0,4)	6,8 (6,0-7,9)
	0,96 (0,94-0,97)	1,0 (0,9-1,2)	2,0	0,20 (-0,1-0,5)	14,0 (12,2-16,4)
	0,95 (0,92-0,96)	1,1 (1,0-1,3)	2,1	0,07 (-0,2-0,3)	68,7 (57,1-86,5)
	0,89 (0,83-0,92)	1,9 (1,6-2,2)	2,7	0,07 (-0,2-0,3)	10,3 (9,0-12,0)
	0,94 (0,92-0,96)	1,3 (1,2-1,6)	2,2	0,11 (-0,2-0,4)	7,3 (6,4-8,5)
	0,96 (0,91-0,97)	1,1 (1,0-1,3)	2,1	0,17 (-0,1-0,4)	17,0 (14,8-19,9)
	0,96 (0,94-0,97)	0,9 (0,8-1,1)	1,9	0,00 (-0,2-0,2)	68,8 (56,5-88,4)
	0,92 (0,88-0,94)	1,6 (1,4-1,8)	2,5	0,12 (-0,2-0,4)	8,0 (7,0-9,3)
	0,92 (0,88-0,94)	1,6 (1,4-1,8)	2,5	0,10 (-0,2-0,4)	8,2 (7,2-9,6)

Session 2 entre investigateur A et investigateur B					
	ICC	ESM (90% CI) en °	CMD en °	Cohen's d (90% CI)	CV (90% CI) en %
	0,83 (0,75-0,88)	1,6 (1,4-1,9)	2,5	0,10 (-0,2-0,4)	8,8 (7,7-10,3)
	0,89 (0,82-0,93)	1,1 (0,9-1,2)	2,1	0,14 (-0,1-0,4)	15,8 (13,8-18,5)
	0,80 (0,72-0,86)	1,5 (1,3-1,8)	2,4	0,00 (-0,1-0,1)	80,2 (65,6-103,5)
	0,70 (0,59-0,78)	2,3 (2,0-2,6)	3,0	0,10 (-0,2-0,4)	13,4 (11,8-15,7)
	0,89 (0,84-0,93)	1,4 (1,2-1,6)	2,3	0,06 (-0,2-0,3)	7,7 (6,8-9,0)
	0,88 (0,82-0,92)	1,2 (1,1-1,4)	2,1	0,16 (-0,1-0,4)	20,9 (18,2-24,6)
	0,85 (0,79-0,90)	1,3 (1,2-1,6)	2,2	0,04 (-0,2-0,3)	92,2 (75,1-120,0)
	0,80 (0,72-0,86)	1,8 (1,6-2,1)	2,6	0,03 (-0,2-0,3)	10,1 (8,9-11,8)
	0,80 (0,72-0,86)	1,7 (1,5-2,0)	2,6	0,06 (-0,2-0,3)	9,9 (8,7-11,5)

Herrington *et al.* et Gajdosik *et al.* ont quant à eux rapporté une bonne fiabilité intra-investigateur (ICC = 0,87 et ICC = 0,88 respectivement^(8,13), tandis que plus récemment Beardsley *et al.* ont retrouvé une différence entre côtés droit et gauche avec une ICC de 0,85 qualifiée de bonne du côté droit mais une valeur modérée de 0,65 du côté gauche⁽¹⁶⁾. La tendance est la même concernant la bascule antérieure et la bascule postérieure avec des valeurs proches et même un peu supérieures dans notre étude comparativement aux références de la littérature. En effet, nos ICC sont de 0,94 à 1,00 contre 0,92 pour Gajdosik *et al.* et 0,86 pour Prushansky *et al.* (avec l'utilisation d'un inclinomètre digital pour ces derniers) pour la bascule antérieure^(13,30). En outre les mesures de fiabilité intra-investigateur de la bascule postérieure rapportées dans la littérature s'échelonnent de 0,86 à 0,92 selon les études, légèrement inférieures à nos valeurs chez les adolescents sportifs (0,95 à 0,99 en fonction de l'investigateur)^(13,30).

Les ICC inter-investigateur de notre étude se sont révélées excellentes (ICC > 0,90) dans toutes les positions au cours de la session 1, sauf la bascule totale gauche évaluée comme bonne (ICC = 0,89). Pour la session 2, les valeurs sont bonnes (de 0,80 à 0,89) sauf pour la bascule totale où la fiabilité entre les investigateurs n'est que modérée à 0,70. Il est donc à noter une fiabilité inférieure pour toutes les positions lors de la session 2. Ceci pourrait être en rapport avec le faible temps (10 minutes) de pause entre les sessions 1 et 2. Même si cette courte durée avait déjà été utilisée précédemment⁽¹⁴⁾, il est possible que l'enchaînement rapide et continu des prises de mesures ait affecté la fiabilité des résultats par lassitude des investigateurs à la seconde session pour chaque sujet. Ces résultats sont néanmoins bien alignés avec les valeurs existantes dans la littérature, même si les études sont moins nombreuses à s'intéresser à la fiabilité inter-investigateur qu'à la fiabilité intra-investigateur. Des ICC de 0,84, 0,89 et 0,95 sont retrouvées respectivement dans les études ayant utilisé des compas-inclinomètres de Crowell *et al.*, de Beardsley *et al.*, ainsi que de Hagins *et al.*^(14,16,27).

Afin de donner davantage de sens clinique à cette étude de fiabilité de la bascule pelvienne, plusieurs mesures d'agrément ont été calculées et analysées en complément des corrélations intra-classes. Les différences entre les mesures des deux investigateurs ou entre les deux sessions (Cohen's d) étaient insignifiantes pour toutes les positions et le protocole de mesure utilisé dans la présente étude semble en certains points plus fiable que d'autres utilisant notamment un inclinomètre digital⁽³⁰⁾. De plus faibles erreurs standards de mesure sont par exemple retrouvées: 0,3 contre 1,7 pour la position neutre de bascule, 0,6 contre 2,1 pour la bascule antérieure maximale, 0,6 contre 1,8 pour la bascule postérieure maximale et 0,7 contre 1,9 pour l'amplitude totale de bascule dans notre évaluation et dans l'expérimentation de Prushansky *et al.* respectivement, pour l'investigateur A (1) de chaque étude (moyenne des bascules droites et gauches pour la présente étude)⁽³⁰⁾. Il est probable

que le marquage des repères osseux par des autocollants avant chaque mesure, bien que plus coûteux en temps, ait en partie compensé les aléas de fiabilité palpatoire^(12,13). En outre, ces erreurs de mesures et les changements minimaux détectables restent excellents s'ils sont également comparés à des études utilisant un protocole très similaire et un compas-inclinomètre^(8,15). Par exemple Herrington *et al.* ont rapporté une erreur standard de mesure de 1,1° et un changement minimal détectable de 2,5° pour la bascule neutre entre la première et la seconde mesure du même investigateur, contre 0,3° et 1,1° pour l'investigateur A et 1,1° et 2,1° pour l'investigateur B dans notre étude⁽⁸⁾.

Il est donc possible d'affirmer que l'utilisation du compas-inclinomètre conduit à des valeurs de fiabilité très satisfaisantes chez des adolescents sportifs masculins en comparaison avec les populations adultes déjà évaluées dans d'autres recherches^(8,13-15,27,30).

Il est cependant important de noter que la mesure de la bascule postérieure est apparue beaucoup moins fiable que la mesure des bascules antérieures et neutres ; tant entre les investigateurs qu'entre les sessions. Dans une étude portant sur 20 sujets masculins de 25 ans de moyenne d'âge, Gajdosik *et al.* avaient déjà observé cette différence⁽¹³⁾. La bascule postérieure étant l'action la plus complexe et celle qui requiert le plus de participation musculaire à un degré de recrutement assez élevé, il semble donc probable que les risques de compensations ou d'effets d'apprentissage soient plus élevés. Les coefficients de variation très élevés (supérieurs à 50%) rapportés ici pourraient même inciter à éviter la mesure de la bascule postérieure selon ce protocole et pour cette population. De plus, cette chute de la fiabilité est à attribuer davantage à l'investigateur B. Ceci rappelle que le facteur humain rentre quoi qu'il en soit en jeu au cours de la prise de mesures cliniques telles que celles-ci et que le recours à la clinimétrie est un facteur nécessaire mais pas toujours suffisant à l'application de pratiques optimales. Dans la présente étude, il existe des risques d'erreur liés au matériel dont l'affichage n'est pas digital^(16,30) mais aussi des risques liés à l'investigateur avec des erreurs de repérage palpatoire pouvant atteindre 20mm ou liés à l'enchaînement des tests avec des temps de pause trop courts⁽¹²⁾.

Même en tenant compte de ces bémols relatifs, les applications des données rapportées dans ce travail sont nombreuses. Tout d'abord une mesure fiable du comportement sagittal pelvien peut entrer dans l'évaluation initiale de certaines catégories de patients, notamment ceux atteints de pathologies comme la lombalgie ou à risque de l'être⁽³¹⁾. En effet, une personne atteinte de lombalgie symptomatique présenterait, dans une population spécifique, une antéversion pelvienne plus marquée qu'une personne saine mais pas de déficit de force des abdominaux ni de variation significative de l'angle de lordose lombaire. De même, il a été rapporté récemment que chez des joueurs de football professionnels, une bascule pelvienne neutre décalée vers l'antéversion était associée à une incidence plus élevée de toutes les blessures pelviennes et fémorales^(31,32). Le morphotype « en antéversion du bassin » a régulièrement été incriminé comme accentuant les contraintes de cisaillement sur la symphyse pubienne déjà très sollicitée au football^(31,32). L'antéversion excessive constituant donc un facteur de blessures chez les footballeurs⁽³³⁾ ou chez d'autres sujets⁽³⁴⁾, la détection des sujets à risque via la mesure des amplitudes pelviennes par un compas-inclinomètre pourrait conduire à de nouvelles méthodes de prévention ou de monitoring de ces pathologies. En outre des différences cliniquement significatives de bascule pelvienne entre les hémibassins droit et gauche ont été rapportées comme étant un indicateur de stress potentiel de la colonne vertébrale lombaire et de l'anneau pelvien^(8,35), ou comme pouvant être liées à la présence de lombalgie^(36,37). Bien qu'aucune différence significative entre les deux côtés n'ait été retrouvée dans notre expérimentation, ce facteur lié à l'asymétrie de la bascule pelvienne neutre pourrait donc revêtir un vrai intérêt clinique.

Cette étude présente des limites qu'il convient de mentionner. D'abord les résultats présentés ici concernent une population très spécifique de jeunes sportifs masculins et mineurs. Même si les modes opératoires et les méthodes sont les mêmes que pour des adultes, une généralisation des résultats à d'autres populations pourrait être hasardeuse. En particulier, la conception de l'étude et par conséquent les formes d'ICC utilisées pour l'analyse statistique ne permettent pas l'extrapolation des résultats à des investigateurs non expérimentés, mais limitent plutôt leur application à des évaluateurs aguerris et formés⁽³⁸⁾. D'autre part, les investigateurs n'opéraient pas en aveugles et avaient accès aux chiffres affichés sur le PALM, contrairement à certaines autres études évaluant la fiabilité de compas-inclinomètres⁽²⁹⁾. Cette limitation est importante notamment concernant la fiabilité intra-investigateur, car elle permet de se rappeler de la mesure précédente lors de la prise de la mesure suivante. Ensuite, l'utilisation du PALM reste malgré toutes les précautions prises par les investigateurs une technique manuelle clinique. Elle est donc en tant que telle forcément moins fiable et reproductible que le gold standard radiologique par exemple, même si elle présente de gros avantages en termes de coût et de facilité d'accès entre autres. Enfin le déroulé des tests exposés dans cette expérimentation est sans doute un peu « lourd » en pratique quotidienne, notamment concernant les multiples collages et décollages d'autocollants. Ceci pourrait gêner une application pratique aisée et rapide de la part des cliniciens ou pourrait se solder par une fiabilité diminuée si ceux-ci décidaient de ne pas utiliser les autocollants pour gagner du temps.

CONCLUSION

L'utilisation d'un compas-inclinomètre se révèle être une méthode fiable et reproductible pour mesurer les bascules pelviennes neutres et antérieures en position debout chez de jeunes sportifs masculins, que ce soit entre les investigateurs ou entre les sessions. En comparaison les évaluations de la bascule pelvienne postérieure doivent être interprétées avec prudence, voire évitées pour cette population, en raison de la moins bonne fiabilité des mesures, sans doute en lien avec la plus grande complexité de ce mouvement. Ceci étant établi, la présente étude propose des valeurs d'erreur standard de mesure et de changement minimal détectable qui permettront aux cliniciens utilisant cet outil de quantifier précisément leurs bilans et de donner du sens clinique à la progression de leurs patients. Il serait désormais souhaitable de pouvoir reproduire cette étude dans une population de jeunes filles sportives et également de produire des valeurs normatives pour les deux sexes chez les jeunes afin d'éclairer les futurs bilans thérapeutiques ou les actions de prévention menées par les praticiens.

IMPLICATIONS POUR LA PRATIQUE

- L'usage d'un instrument simple de mesure de la bascule sagittale du bassin comme le compas-inclinomètre devrait être encouragé.
- Son utilisation, déjà validée chez les adultes, pourrait également être recommandée chez de jeunes sportifs mineurs.
- La fiabilité des mesures est bonne pour les bascules sagittales neutre et antérieure.
- Les évaluations de la bascule postérieure devraient être interprétées avec prudence, voire être évitées, en raison de la moins bonne fiabilité des mesures.
- Des données comme l'erreur standard de mesure et le changement minimal détectable sont désormais disponibles pour une population de jeunes sportifs mineurs.

Contact

François Fourchet

E-mail: francois.fourchet@latour.ch

Tél: +41 (0)22 719 75 57

Références

1. Tirabassi J, Brou L, Khodae M, Lefort R, Fields SK, Comstock RD. Epidemiology of High School Sports-Related Injuries Resulting in Medical Disqualification: 2005-2006 Through 2013-2014 Academic Years. *Am J Sports Med.* 2016;44(11):2925-32.
2. Kerssemakers SP, Fotiadou AN, de Jonge MC, Karantanas AH, Maas M. Sport injuries in the paediatric and adolescent patient: a growing problem. *Pediatr Radiol.* 2009;39(5):471-84.
3. Emery CA, Kang J, Schneider KJ, Meeuwisse WH. Risk of injury and concussion associated with team performance and penalty minutes in competitive youth ice hockey. *Br J Sports Med.* 2011;45(16):1289-93.
4. Emery C, Kang J, Shrier I, Goulet C, Hagel B, Benson B, et al. Risk of injury associated with bodychecking experience among youth hockey players. *CMAJ.* 2011;183(11):1249-56.
5. Emery CA, Meeuwisse WH. The effectiveness of a neuromuscular prevention strategy to reduce injuries in youth soccer: a cluster-randomised controlled trial. *Br J Sports Med.* 2010;44(8):555-62.
6. Grool AM, Aglipay M, Momoli F, Meehan WP, 3rd, Freedman SB, Yeates KO, et al. Association Between Early Participation in Physical Activity Following Acute Concussion and Persistent Postconcussive Symptoms in Children and Adolescents. *JAMA.* 2016;316(23):2504-14.
7. Anderson SJ. Lower extremity injuries in youth sports. *Pediatr Clin North Am.* 2002;49(3):627-41.
8. Herrington L. Assessment of the degree of pelvic tilt within a normal asymptomatic population. *Man Ther.* 2011;16(6):646-8.
9. Juhl JH, Ippolito Cremin TM, Russell G. Prevalence of frontal plane pelvic postural asymmetry--part 1. The Journal of the American Osteopathic Association. 2004;104(10):411-21.
10. Freburger JK, Riddle DL. Measurement of sacroiliac joint dysfunction: a multicenter intertester reliability study. *Phys Ther.* 1999;79(12):1134-41.
11. Schache AG, Blanch PD, Murphy AT. Relation of anterior pelvic tilt during running to clinical and kinematic measures of hip extension. *Br J Sports Med.* 2000;34(4):279-83.
12. Kilby J, Heneghan NR, Maybury M. Manual palpation of lumbo-pelvic landmarks: a validity study. *Man Ther.* 2012;17(3):259-62.
13. Gajdosik R, Simpson R, Smith R, DonTigny RL. Pelvic tilt. Intratester reliability of measuring the standing position and range of motion. *Phys Ther.* 1985;65(2):169-74.
14. Hagins M BM, Cook C, Gstalder K, Kam M, Kominer G & Strimbeck K. Intratester and Intertester Reliability of the Palpation Meter (PALM) in Measuring Pelvic Position. *Journal of Manual & Manipulative Therapy.* 1998;65:130-6.
15. Krawiec CJ, Denegar CR, Hertel J, Salvaterra GF, Buckley WE. Static innominate asymmetry and leg length discrepancy in asymptomatic collegiate athletes. *Man Ther.* 2003;8(4):207-13.
16. Beardsley C, Egerton T, Skinner B. Test-retest reliability and inter-rater reliability of a digital pelvic inclinometer in young, healthy males and females. *PeerJ.* 2016;4:e1881.
17. Youdas JW, Garrett TR, Egan KS, Therneau TM. Lumbar lordosis and pelvic inclination in adults with chronic low back pain. *Phys Ther.* 2000;80(3):261-75.
18. Sullivan MK, DeJulia JJ, Worrell TW. Effect of pelvic position and stretching method on hamstring muscle flexibility. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24(12):1383-9.
19. Lopez-Minarro PA, Muyor JM, Belmonte F, Alacid F. Acute effects of hamstring stretching on sagittal spinal curvatures and pelvic tilt. *J Hum Kinet.* 2012;31:69-78.
20. Sanders G, Stavarakas P. A technique for measuring pelvic tilt. *Phys Ther.* 1981;61(1):49-50.
21. Bonett DG. Sample size requirements for estimating intraclass correlations with desired precision. *Statistics in medicine.* 2002;21(9):1331-5.
22. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med.* 2016;15(2):155-63.
23. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.* 2000;30(1):1-15.
24. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res.* 2005;19(1):231-40.
25. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(1):3-13.
26. Lee JH YW, Gak HB. . The immediate effect of anterior pelvic tilt taping on pelvic inclination. *Journal of physical therapy science.* 2011;23(2):201-3.
27. Crowell RD, Cummings GS, Walker JR, Tillman LJ. Intratester and intertester reliability and validity of measures of innominate bone inclination. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;20(2):88-97.
28. Preece SJ, Willan P, Nester CJ, Graham-Smith P, Herrington L, Bowker P. Variation in pelvic morphology may prevent the identification of anterior pelvic tilt. *J Man Manip Ther.* 2008;16(2):113-7.
29. Gnat R SE, Biaay M, K*aptoz P. . Does pelvic asymmetry always mean pathology? Analysis of mechanical factors leading to the asymmetry. *Journal of Human Kinetics* 2009;21:23-32.
30. Prushansky T, Ezra N, Kurse N, Man L, Schneiderman Y. Reproducibility of sagittal pelvic tilt measurements in normal subjects using digital inclinometry. *Gait Posture.* 2008;28(3):513-6.
31. Tatsumi M, Mkoba EM, Suzuki Y, Kajiwaru Y, Zeidan H, Harada K, et al. Risk factors of low back pain and the relationship with sagittal vertebral alignment in Tanzania. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20(1):584.
32. Rolland E. L'équilibre lombo-pelvi-fémoral: de la physiologie à la pathologie. *J Traumatol Sport* 2006;23(3):153-6.
33. Fereenci A, Moraux A, Gall FL, Thevenon A, Wiecek V. Relationship Between Spinal-Pelvic Sagittal Balance and Pelvic-Femoral Injuries in Professional Soccer Players. *Orthop J Sports Med.* 2020;8(1):2325967119894962.
34. Heino JG, Godges JJ, Carter CL. Relationship between Hip Extension Range of Motion and Postural Alignment. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1990;12(6):243-7.
35. Sahrman S, Azevedo DC, Dillen LV. Diagnosis and treatment of movement system impairment syndromes. *Braz J Phys Ther.* 2017;21(6):391-9.
36. Levangie PK. The association between static pelvic asymmetry and low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999;24(12):1234-42.
37. Al-Eisa E, Egan, D., Wassersug, R. . Fluctuating asymmetry and low back pain. *Evol Hu Behav Anal.* 2004 25(31):7-11.
38. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull.* 1979;86(2):420-8.