

# Test de camp per valorar la resistència dels músculs del tronc

## *Field Test to Assess the Strength of Trunk Muscles*

**CASTO JUAN-RECIO**  
**DAVID BARBADO MURILLO**  
**ALEJANDRO LÓPEZ-VALENCIANO**  
**FRANCISCO JOSÉ VERA-GARCÍA**  
Centre d'Investigació de l'Esport  
Universitat Miguel Hernández d'Elx (Espanya)

Autor per a la correspondència  
**Francisco José Vera-García**  
*fvera@umh.es*

### Resum

El test Biering-Sorensen (BST), el test Side Bridge (SBT) i el test Ito (IT) són tres dels tests de camp més utilitzats per mesurar la resistència dels músculs del tronc. L'objectiu d'aquest estudi va ser analitzar la fiabilitat absoluta i relativa dels tests referits, així com valorar-ne l'efecte en el rendiment de l'antropometria dels participants en les proves. En l'estudi van participar 27 joves homes ( $23,5 \pm 4,0$  anys) i físicament actius. Els participants van fer dues sessions de registre en què van executar els tres tests (recuperació de 8 min entre proves) i on es van mesurar diverses variables antropomètriques. La fiabilitat relativa va ser bona, amb ICC majors de 0,80 en tots els tests, però la fiabilitat absoluta no, amb SEM que van oscil·lar entre 13,36 % en el BST i 19,89 % en l'IT. L'IT va mostrar una correlació negativa amb la massa ( $r = -.475$ ;  $p = .014$ ) i el diàmetre bileocrestal ( $r = -.404$ ;  $p = .040$ ), i el SBT una correlació negativa amb la massa ( $r = -.610$ ;  $p = .001$ ), el diàmetre bileocrestal ( $r = -.546$ ;  $p = .004$ ), el diàmetre biacromial ( $r = -.456$ ;  $p = .019$ ) i l'índex acromioliàc ( $r = -.413$ ;  $p = .036$ ). Les dades de fiabilitat absoluta qüestionen la utilitat d'aquestes proves en programes d'entrenament on els participants tenen poc marge de millora. A més a més, si es fan comparacions entre subjectes és important tenir en compte les seves diferències antropomètriques, ja que durant l'execució dels tests el cos s'utilitza com a instrument de mesura.

**Paraules clau:** valoració, tronc, condició muscular, antropometria, reproduïbilitat

### Abstract

#### *Field Test to Assess the Strength of Trunk Muscles*

*The Biering-Sorensen Test (BST), the Side Bridge Test (SBT) and the Ito Test (IT) are three of the most widely used field tests to measure the strength of the trunk muscles. The aim of this study was to analyse the absolute and relative reliability of these tests and evaluate the effect of the anthropometry of the participants on test performance. The study involved 27 young ( $23.5 \pm 4.0$  years) and physically active men. Participants performed two recording sessions in which they did the three tests (8 min. recovery between tests) and where various anthropometric variables were measured. Relative reliability was good, with ICCs greater than 0.80 in all the tests, but absolute reliability was not with SEMs ranging from 13.36% in the BST to 19.89% in the IT. The IT showed a negative correlation with mass ( $r = -.475$ ;  $p = .014$ ) and bi-iliac diameter ( $r = -.404$ ;  $p = .040$ ) and the BST showed a negative correlation with mass ( $r = -.610$ ;  $p = .001$ ), bi-iliac diameter ( $r = -.546$ ;  $p = .004$ ), biacromial diameter ( $r = -.456$ ;  $p = .019$ ) and the acromial-iliac index ( $r = -.413$ ;  $p = .036$ ). The absolute reliability data call into question the utility of these tests in training programmes where participants have little margin for improvement. In addition, if comparisons are made between subjects it is important to bear anthropometric differences in mind, as the body is used as a measuring instrument during the performance of the test.*

**Keywords:** assessment, trunk, muscle condition, anthropometry, reproducibility

## Introducció

Els programes d'exercicis dissenyats per al condicionament de la musculatura del tronc són elements habituals dels plans d'entrenament dels esportistes professionals i *amateurs*. L'objectiu d'aquests programes pot ser divers, però generalment es fan per prevenir o tractar diferents lesions i/o per millorar el rendiment esportiu (Borghuis, Hof, & Lemmink, 2008; Kibler, Press, & Sciascia, 2006; Reed, Ford, Myer, & Hewet, 2012; Vera-Garcia, Flores-Parodi, & Llana Belloch, 2008; Weston, Coleman, & Spears, 2013).

La resistència muscular és una de les qualitats de la musculatura del tronc que ha despertat major interès en els entrenadors, preparadors físics i terapeutes, ja que ha estat relacionada amb la salut de la columna lumbar (Biering-Sorensen, 1984; Lindsay & Horton, 2006; Luoto, Heliövaara, Hurri, & Alaranta, 1995; McGill, Childs, & Liebenson, 1999). A més a més, la resistència dels músculs del tronc pot tenir un paper destacat en el rendiment d'alguns esports, ja que la fatiga d'aquesta musculatura té un efecte negatiu sobre la coordinació muscular, el control postural i l'estabilitat del raquis (Granata & Gottipati, 2008; Mawston, McNair, & Boocock, 2007; Sparto, Parnianpour, Reinsel, & Simon, 1997; Van Dieën, 1996; Van Dieën, Luger, & Van der Eb, 2012).

Entre els diferents protocols utilitzats per valorar la resistència dels músculs del tronc destaquen especialment els tests de camp, ja que, a diferència de les proves que utilitzen dinamòmetres isocinètics, la seva aplicació és senzilla i no requereixen material costós o un tractament sofisticat de dades. Dins els tests de camp més utilitzats per a l'avaluació de la resistència de la musculatura del tronc podem trobar tests dinàmics de resistència abdominal (Brotons-Gil, García-Vaquero, Peco-González, & Vera-Garcia, 2013; Faulkner, Sprigings, McQuarrie, & Bell, 1989; Knudson & Johnston, 1995) i tests estàtics de resistència dels músculs flexors, extensors i inclinats del tronc (Biering-Sorensen, 1984; Ito et al., 1996; McGill et al., 1999; Schellenberg, Lang, Ming Chan, & Burnham, 2007). La majoria dels tests dinàmics de resistència abdominal s'utilitzen en l'educació física, el fitness i l'esport i consisteixen en la realització del màxim nombre possible de flexions de la part superior del tronc en un temps determinat (60-120 s) (Brotons et al., 2013; Knudson & Johnston, 1995) o en la rea-

lització de flexions de la part superior del tronc mantenint una cadència determinada durant el major temps possible (Faulkner et al., 1989). D'altra banda, els tests estàtics han estat desenvolupats especialment en l'àmbit clínic, encara que són utilitzats també en gimnasos i instal·lacions esportives, i consisteixen en el manteniment d'una determinada postura contra gravetat el màxim temps possible (Biering-Sorensen, 1984; Ito et al., 1996; McGill et al., 1999; Schellenberg et al., 2007).

Una de les qualitats més importants que ha de tenir tot protocol i instrument de mesura és la fiabilitat. A vegades, la fiabilitat dels tests de camp pot estar compromesa per la dificultat per estandarditzar protocols senzills que no necessitin materials costosos o un gran nombre de persones per fer el mesurament. És per això que aquests protocols han de ser sotmesos a anàlisis exhaustives per determinar si presenten nivells adequats de fiabilitat relativa i absoluta (Hopkins, 2000; Weir, 2005). La majoria dels estudis previs sobre test de camp de resistència muscular del tronc han analitzat la fiabilitat relativa de les proves a través del coeficient de correlació intraclasse (ICC) (Brotons et al., 2013; Chan, 2005; Demoulin, Vanderthommen, Duysens, & Crielaard, 2006; Evans, Refshauge, & Adams, 2007; McGill et al., 1999; Udermann, Mayert, Gravest, & Murray, 2003). En general, la majoria dels tests analitzats presenten una bona fiabilitat relativa, amb valors per sobre de 0,75. D'altra banda, són escassos els estudis que han analitzat la fiabilitat absoluta d'aquest tipus de proves a través de l'error estàndard de mesura (SEM). Únicament tenim constància dels treballs de Brotons et al. (2013), Evans et al. (2007) i Moreland, Finch, Stratford, Balsor, & Gill (1997), els quals van trobar SEM amb valors que van oscil·lar entre 4,25 % i 114,28 % per al test *flexion-rotation trunk* (Brotons et al., 2013) i el test *abdominal dynamic endurance* (Moreland et al., 1997), respectivament. Com a conseqüència de la falta d'estudis sobre fiabilitat absoluta, desconeixem si les millores que es poden produir en aquestes proves després d'un període d'entrenament es deuen a la intervenció o a altres factors, com per exemple l'aprenentatge dels tests o un error en la mesura.

Una de les característiques principals dels tests de camp utilitzats per valorar la resistència dels músculs del tronc és que utilitzen el propi cos com a instrument per dur a terme la mesura, per la qual cosa les característiques d'aquest poden tenir una influència important

en els resultats dels tests. Alguns estudis han trobat correlacions significatives entre la massa del cos dels subjectes i els resultats d'alguns tests isomètrics, com el test Biering-Sorensen (Latikka, Battié, Videman, & Gibbons, 1995; Mbada, Ayanniyi, Adedoyin, & Johnson, 2010; Nuzzo & Mayer, 2013) i el test Plank (Nuzzo & Mayer, 2013). A més a més, les dades obtingudes per Nuzzo i Mayer (2013) semblen indicar que el rendiment en aquestes proves no sols està afectat per la massa total del cos dels participants, sinó principalment per la massa de les estructures no recolzades a la llitera o al sòl durant l'execució de les proves. És necessari fer estudis que ens permetin conèixer la influència de l'antropometria dels subjectes en el rendiment dels tests de camp de resistència muscular del tronc. Això ens permetrà comparar adequadament els resultats d'esportistes amb diferents característiques antropomètriques o fins i tot els resultats d'un esportista que ha patit canvis morfològics importants durant un estudi longitudinal.

Tal com es desprèn d'allò que s'ha exposat en els paràgrafs anteriors, malgrat l'interès de molts professionals de l'activitat física, l'esport i la salut per utilitzar test de camp per valorar la resistència dels músculs del tronc, no tenim informació suficient sobre la fiabilitat absoluta, l'efecte d'aprenentatge i l'efecte de l'antropometria en aquestes proves. Per això vam desenvolupar un estudi l'objectiu del qual era analitzar la fiabilitat absoluta i relativa de tres dels tests de camp més utilitzats actualment per valorar la resistència isomètrica de la musculatura del tronc (BST, SBT i Ito), així com les possibles relacions entre els resultats de cadascun dels tests i diverses variables antropomètriques. Aquesta informació ens permetrà conèixer millor les característiques dels tests referits, i d'aquesta manera podrem dur a terme una interpretació i un ús més adequat dels seus resultats.

## Mètode

### Participants

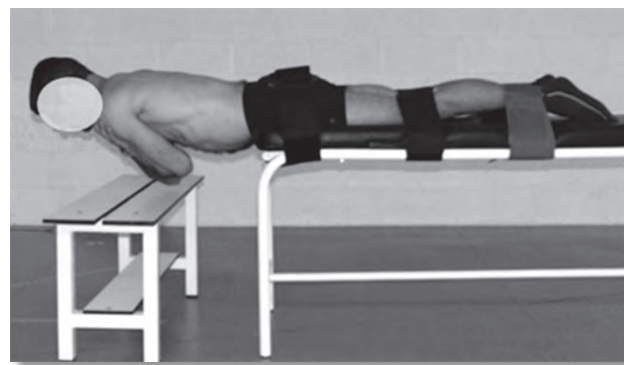
Un total de 27 joves homes ( $23,52 \pm 3,99$  anys,  $75,66 \pm 10,28$  kg,  $177,44 \pm 7,18$  cm) i físicament actius (1-3 h d'activitat física moderada, 3-4 vegades a la setmana) van participar voluntàriament en l'estudi. Els participants van emplenar un qüestionari sobre els

seus antecedents mèdics i esportius per avaluar l'estat de salut i la pràctica habitual d'activitat física. Van ser excloses de l'estudi les persones amb problemes mèdics coneguts, amb episodis de dolor d'esquena en els sis mesos previs a la investigació o que en el moment de l'estudi participessin en programes de condicionament dels músculs del tronc. Els participants van ser advertits que no havien de modificar el seu nivell d'activitat física durant el temps que durés l'estudi (especialment en relació amb els exercicis de condicionament de la musculatura del tronc) ni fer activitat física vigorosa en les 24 hores prèvies a la realització dels tests. Abans d'iniciar la investigació, els participants van ser informats dels riscos de l'estudi i van signar un consentiment informat aprovat pel comitè ètic de la Universitat.

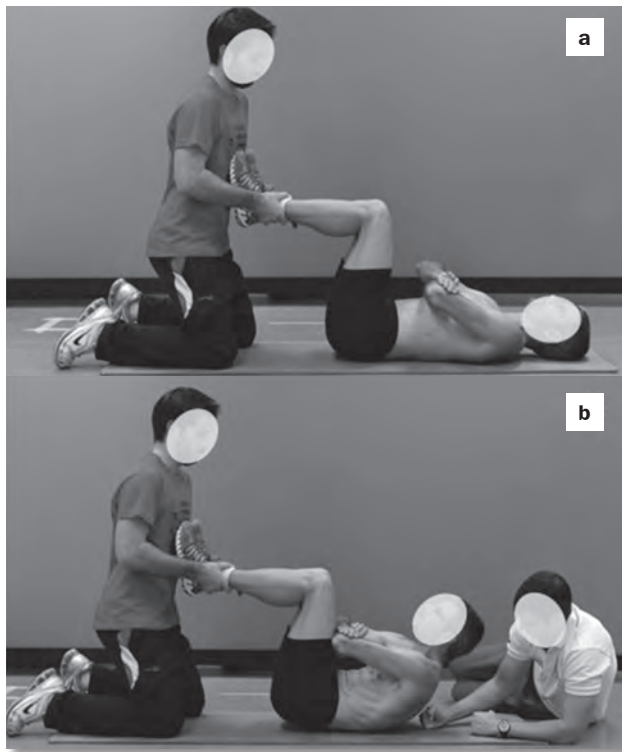
### Descripció dels tests de resistència de la musculatura del tronc

**Test Biering-Sorensen (BST)** (Biering-Sorensen, 1984)

Per a l'avaluació de la resistència dels músculs extensors del tronc, els participants es van col·locar en decúbit pron amb la part inferior del cos recolzada en una llitera i la part superior suspesa horitzontalment, amb els braços creuats i les mans en contacte amb les espatlles (*fig. 1*). Es va fer coincidir la vora de la llitera amb les espines ilíiaques anteriors i es van fixar les cames a la llitera mitjançant unes cintes de Velcro® inextensibles situades a l'altura dels turmells, genolls i malucs. La prova va consistir a mantenir el tronc en la posició horitzontal el màxim de temps possible.



▲ **Figura 1.** Participant executant el test Biering-Sorensen. Abans i després del test, els participants recolzaven la part superior del cos sobre un banc per evitar la fatiga muscular



▲ **Figura 2.** Participant executant el test Ito: a) posició inicial; b) posició d'encorbament del tronc



▲ **Figura 3.** Participant executant l'SBT

### Test Ito (IT) (Ito et al., 1996)

Per a l'avaluació de la resistència dels músculs flexors del tronc, els participants es van col·locar en decúbit supí amb els malucs i genolls flexionats a 90° (fig. 2). Els braços es van col·locar entrelaçats, amb un angle de flexió de colze d'aproximadament 90°, de manera que cada mà agafava la part inferior del braç contrari. A partir d'aquesta posició, els participants flexionaven la part superior del tronc fins a tocar les

cuiques amb els colzes, mantenint la columna cervical en posició neutra. Per normalitzar el rang de moviment d'acord amb les característiques individuals dels participants es va fer una modificació del test original (Ito, 1996), que va consistir a limitar la pujada del tronc fins a la posició de la seva màxima flexió, on no existia flexió de maluc (posició coneguda com *crunch* o *curl-up*). Per a això, abans d'iniciar la prova els participants van fer una flexió del tronc sense desenganxar la zona lumbar del sòl, alhora que van desplaçar els colzes i espatlles cap endavant al màxim possible. En aquesta posició, un dels avaluadors va acostar les cames del participant cap als seus colzes fins que ambdues estructures van entrar en contacte (Juan-Recio, López-Vivancos, Moya, Sarabia, & Vera-García, en premsa). L'avaluador va fixar les cames en aquesta posició mentre el participant va tornar a la posició inicial abans de començar el test (fig. 2a). Després d'1 min de recuperació, el subjecte va flexionar el tronc per tocar les cuiques amb els colzes (fig. 2b) i va començar la prova. El test va consistir a mantenir la posició de flexió del tronc el màxim temps possible. Amb l'objecte de controlar la correcta posició del participant, un altre avaluador va col·locar el seu puny tancat entre l'esquena del participant i el sòl.

### Test Side Bridge (SBT) (McGill et al., 1999)

Per a l'avaluació de la resistència dels músculs inclinats o flexors laterals del tronc, els participants es van col·locar en decúbit lateral sobre el seu costat dominant en un matalasset (fig. 3). El peu de la cama del costat no dominant es va col·locar per davant del peu de la cama del costat dominant, ambdós en contacte i recolzats al matalasset, i la mà del braç no dominant es va col·locar sobre l'espatlla del costat contrari. En aquesta posició, els participants es van recolzar amb el colze i l'avantbraç del seu costat dominant (colze en flexió de 90° i braç perpendicular al sòl) i van elevar la pelvis fins a situar el tronc alineat amb les extremitats inferiors (fig. 3). La prova va consistir a mantenir la posició referida tant de temps com es pogués.

### Valoració antropomètrica

Abans de cada sessió de registre, es van fer diversos mesuraments antropomètrics als participants per analitzar la seva possible influència en els resultats de cadascun dels tests: i) massa; ii) altura; iii) altura assegut, definida com la distància entre el vèrtex i la superfície

del seient on seu el subjecte; iv) diàmetre bileocrestal (amplària de la part inferior del tronc), definit com la distància entre l'espina ilíaca anterosuperior dreta i esquerra; v) diàmetre biacromial (amplària de la part superior del tronc), definit com la distància entre els punts acromials dret i esquerre; vi) índex acromioliàc, és a dir, la ràtio entre els diàmetres bileocrestal i biacromial, i vii) envergadura, definida com la distància màxima entre l'extrem del tercer dit de les mans dreta i esquerra. Per al mesurament d'aquestes variables es van utilitzar els protocols descrits per Cabañas i Esparza (2009).

## Procediment

Seguint un calendari de registre, cadascun dels participants va executar l'IT, el BST i el SBT per mesurar la resistència dels flexors, extensors i inclinats del tronc, respectivament. Tots els tests es van fer en una mateixa sessió, de forma contrabalançada i amb una recuperació de 8 minuts entre ells. Els participants van rebre retroacció verbal cada vegada que perdien la posició requerida en el test i van ser animats a mantenir les postures el major temps possible quan es va percebre en ells signes de fatiga. Els tests finalitzaven quan els participants no podien mantenir la posició requerida, i aleshores es va registrar la durada de les proves (cronòmetre digital CASIO HS-30W-N1V) com a resultat dels tests. Per analitzar la fiabilitat test-retest de cadascuna de les proves, es va fer una segona sessió de registre set dies després de la primera. Els participants no van fer cap sessió de familiarització prèvia a les sessions de registre, la qual cosa va permetre avaluar l'efecte d'aprenentatge dels tests.

## Anàlisi estadística

La prova de Kolmogorov-Smirnov va constatar la distribució normal de totes les sèries de dades ( $p > ,05$ ). Posteriorment, es van calcular els estadístics descriptius (mitjana i desviació estàndard) per a cadascuna de les variables: durada de l'IT (resistència dels flexors del tronc), durada del BST (resistència dels extensors del tronc), durada del SBT (resistència dels inclinats del tronc), massa, altura, altura assegut, diàmetre bileocrestal, diàmetre biacromial, índex acromioliàc i envergadura.

Una anàlisi de la variància de mesures repetides en l'últim factor (RMANOVA) de 3 (IT, BST, SBT) x 2 (sessió 1, sessió 2) i un RMANOVA de 7 (massa,

altura, altura assegut, diàmetre bileocrestal, diàmetre biacromial, índex acromioliàc, envergadura) x 2 (sessió 1, sessió 2) van ser utilitzats amb la finalitat de comparar els resultats obtinguts en cadascuna de les sessions i identificar els canvis en les mitjanes i la desviació estàndard de la diferència entre parells d'assajos consecutius (anàlisi de comparacions múltiples de Bonferroni).

La fiabilitat absoluta intersessió de cadascun dels tests de resistència i de les variables antropomètriques va ser analitzada mitjançant el percentatge de l'error típic (% variació intrasubjecte) i el mínim canvi detectable, calculat com 1,5 vegades l'error típic (Hopkins, 2000). El percentatge de l'error típic va ser establert usant les dades transformades logarítmicament mitjançant la fórmula següent:  $100(e^s - 1)$ , on  $s$  és l'error típic (desviació estàndard de la diferència entre la sessió 1 i la sessió 2, dividida entre  $\sqrt{2}$ ). Així mateix, la fiabilitat relativa de les diferents mesures va ser analitzada mitjançant el coeficient de correlació intraclasse ( $ICC_{2,1}$ ), calculant els seus límits de confiança a 90 % (90 % LC). Partint del mètode prèviament descrit per Hopkins (2000, 2009), l'ICC va ser calculat a partir de l'anàlisi de la variància:  $(F - 1)/(F + k - 1)$ , on  $F$  és la F-ràtio del subjecte i  $K (=2)$  és el nombre d'assajos (Hopkins, 2000, 2009).

Es va utilitzar el coeficient de correlació de Pearson per avaluar la relació entre les variables antropomètriques i els resultats obtinguts en cadascun dels tests de resistència en la segona sessió de registre.

La hipòtesi nul·la va ser rebutjada al nivell de significació de 95 % ( $p \leq ,05$ ). L'anàlisi estadística es va fer amb el programa PASW Statistics (versió 18.0 per a Windows 7; SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## Resultats

La *taula 1* mostra els estadístics descriptius i els valors de fiabilitat absoluta i relativa per a cadascun dels tests de resistència. El percentatge de l'error típic va oscil·lar entre el 13,36 % del BST i el 19,89 % de l'IT, mentre que el mínim canvi detectable ho va fer entre el 20,1 % del BST i el 29,8 % de l'IT. L'ICC va ser superior a 0,80 en tots els tests.

El RMANOVA va mostrar un efecte significatiu en el factor intrasubjecte sessió ( $p = ,024$ ;  $F = 3,78$ ). A diferència de l'IT i el SBT, l'anàlisi de les comparacions per parells va mostrar un increment significatiu en els resultats del BST amb la repetició de la prova ( $p = ,002$ ;  $F = 11,44$ ).

Test	Sessió 1 (mitjana ± SD)	Sessió 2 (mitjana ± SD)	Error típic (%) (mitjana - 90% LC)	Mínim canvi detectable (%)	Canvi en la mitjana (%) (mitjana - 90% LC)	ICC <sub>(2,1)</sub> (mitjana - 90% LC)
IT (s)	90,85±33,93	90,63±43,57	19,89 (15,99-26,60)	29,8	-2,54 (-10,41-6,02)	0,80 (0,65-0,89)
BST (s)	143,41±42,53	161,93±52,24	13,36 (10,80-17,71)	20,1	12,44 (6,08-19,18)*	0,84 (0,72-0,91)
SBT (s)	122,48±43,88	127,44±44,06	16,15 (13,02-21,49)	24,15	5,23 (-1,83-12,81)	0,85 (0,72-0,92)

s: segons; SD: desviació estàndard; LC: límits de confiança; ICC: índex de correlació intraclasse; \* Significació:  $p \leq ,05$ .

**Taula 1.** Estadístics descriptius i fiabilitat absoluta i relativa del test Ito (IT), test Biering-Sorensen (BST) i test Side Bridge (SBT)

Variables	Sessió 1 (mitjana ± SD)	Sessió 2 (mitjana ± SD)	Error típic (%) (mitjana - 90% LC)	Canvi en la mitjana (%) (mitjana - 90% LC)	ICC <sub>(2,1)</sub> (mitjana - 90% LC)
Massa (kg)	75,84±10,22	75,52±10,53	0,57 (0,45 - 0,79)	-0,74 (-1,06 - 0,43)*	1,00 (1,00 - 1,00)
Altura (cm)	177,45±7,14	177,49±7,52	0,2 (0,21 - 0,37)	-0,05 (-0,21 - 0,10)	1,00 (0,99 - 1,00)
Altura assegut (cm)	146,59±3,38	146,70±3,27	0,60 (0,48 - 0,84)	0,18 (-0,16 - 0,52)	0,93 (0,86 - 0,97)
Diàmetre bileocrestal (cm)	28,94±2,15	28,48±2,41	1,98 (1,56 - 2,75)	-0,82 (-1,90 - 0,28)	0,94 (0,87 - 0,97)
Diàmetre biacromial (cm)	41,94±1,40	41,79±1,68	2,07 (1,63 - 2,88)	-0,38 (-1,52 - 0,77)	0,70 (0,42 - 0,86)
Índex acromioliàc	67,89±4,78	68,62±4,44	2,30 (1,81 - 3,20)	0,80 (-0,48 - 2,10)	0,89 (0,77 - 0,95)
Envergadura (cm)	179,93±9,05	178,47±8,72	0,71 (0,56 - 1,00)	-0,3 (-0,78 - 0,04)	0,98 (0,96 - 0,99)

kg: quilograms; cm: centímetres; SD: desviació estàndard; LC: límits de confiança; ICC: índex de correlació intraclasse; \* Significació:  $p \leq ,05$ .

**Taula 2.** Estadístics descriptius i fiabilitat absoluta i relativa de les variables antropomètriques

Test	IT	BST	SBT	Massa	Altura	Altura assegut	Diàmetre bileocrestal	Diàmetre biacromial	Índex acromioliàc	Envergadura
IT (S2)	-	,110	,432*	-,475*	-,034	,014	-,404*	-,242	-,358	-,113
BST (S2)	-	-	,450*	-,339	-,120	-,250	-,358	-,226	-,308	,061
SBT (S2)	-	-	-	-,610*	-,159	-,126	-,546**	-,456*	-,413*	-,049

\* Significació:  $p \leq ,05$ ; \*\* Significació:  $p \leq ,001$ .

**Taula 3.** Correlacions entre les variables antropomètriques, el test Ito (IT), el test Biering-Sorensen (BST) i el test side bridge (SBT)

La *taula 2* mostra els estadístics descriptius i de fiabilitat absoluta i relativa per a cadascuna de les variables antropomètriques entre ambdues sessions. Totes les variables antropomètriques van mostrar bons valors de fiabilitat absoluta i relativa, amb percentatges d'error típic per sota del 2,30 % i ICC per sobre de 0,70. D'altra banda, l'anàlisi de les comparacions per parells va mostrar un lleuger descens en la massa dels participants ( $p = ,015$ ;  $F = 6,92$ ).

Per la seva banda, la *taula 3* mostra les correlacions entre les variables antropomètriques i els resultats dels tests de resistència. L'IT va mostrar una correlació negativa amb la massa ( $r = -,475$ ;  $p = ,014$ ) i el diàmetre bileocrestal ( $r = -,404$ ;  $p = ,040$ ), i el SBT una correlació negativa amb la massa ( $r = -,610$ ;  $p = ,001$ ), el diàmetre bileocrestal ( $r = -,546$ ;  $p = ,004$ ), el diàmetre biacromial ( $r = -,456$ ;  $p = ,019$ ) i l'índex acromioliàc ( $r = -,413$ ;  $p = ,036$ ). El BST no va correlacionar significativament

amb cap variable antropomètrica, encara que va mostrar una correlació negativa gairebé significativa amb la massa ( $r = -,339$ ;  $p = ,090$ ). D'altra banda, en analitzar les correlacions entre els resultats dels tests de resistència, es van trobar correlacions positives entre el SBT i l'IT ( $r = -,432$ ;  $p = ,024$ ) i entre el SBT i el BST ( $r = -,450$ ;  $p = ,018$ ).

## Discussió

Els tests de camp de resistència dels músculs del tronc són eines molt útils, ja que la seva aplicació resulta relativament senzilla i no requereixen material costós. Aquests tests utilitzen el propi cos com a principal instrument de mesura, per la qual cosa el seu rendiment pot estar influenciat per les característiques antropomètriques dels participants. El present estudi va examinar la fiabilitat test-retest de tres dels tests de camp més utilitzats per avaluar la resistència estàtica dels flexors, extensors i inclinats del tronc (IT, BST i SBT), així com les possibles relacions entre els resultats de cadascun dels tests i algunes variables antropomètriques que podrien influir en el rendiment en aquestes proves. Les dades obtingudes en l'estudi van mostrar que l'IT, el BST i el SBT tenen una bona fiabilitat relativa, i no obstant això la seva fiabilitat absoluta és qüestionable, sobretot si els tests es pretenen utilitzar en l'esport d'elit, on els marges de millora són reduïts. El percentatge de canvi test-retest en la mitjana va oscil·lar entre  $-2,54\%$  i  $12,44\%$ , que va resultar significatiu per al BST, la qual cosa indica l'existència d'un efecte d'aprenentatge en aquesta prova. Així mateix, el rendiment dels participants en el test sembla estar relacionat amb variables antropomètriques, com per exemple la massa del cos, el diàmetre bileocrestal, el diàmetre biacromial i l'índex acromioclíac.

En relació amb l'anàlisi de fiabilitat, alguns autors han suggerit que un error típic menor de  $10\%$  i un ICC major de  $0,80$  representen nivells de fiabilitat absoluta i relativa acceptables (Atkinson & Nevill, 1998; Schabert, Hopkins, & Hawley, 1998; Vincent, 1994). En el nostre estudi, la *taula 1* mostra bons valors de fiabilitat relativa amb ICC per sobre del  $0,80$  en tots els tests. Aquestes dades refermen les obtingudes prèviament per altres autors, els quals van obtenir ICC de  $0,95$  per a l'IT (Ito et al., 1996) i superiors a  $0,75$  per al BST (Chan, 2005; Demoulin et al., 2006; Evans et al., 2007; McGill et al., 1999; Udermann et al., 2003) i el SBT (Chan, 2005; Evans et al., 2007; McGill et

al., 1999). No obstant això, no és adequat establir comparacions directes entre els estudis tenint en compte que l'ICC és sensible a l'heterogeneïtat de la mostra (Hopkins, 2000; Weir, 2005).

Quant a la fiabilitat absoluta, els percentatges de l'error típic van oscil·lar entre  $13,4\%$  (BST) i  $19,9\%$  (IT) després de dues sessions de registre, la qual cosa indica que la seva fiabilitat absoluta no és bona, ja que els percentatges de l'error típic van ser superiors a  $10\%$  en tots els tests (Atkinson & Nevill, 1998; Schabert, Hopkins, & Hawley, 1998; Vincent, 1994). Valors similars als obtinguts en aquest estudi van ser obtinguts per Evans et al. (2007) en el SBT i per Moreland et al. (1997) en el BST. Segons el mínim canvi detectable (*taula 1*), serien necessaris canvis relativament grans en els resultats obtinguts en el test (IT  $> 29,85\%$ , BST  $> 20,1\%$  i SBT  $> 24,15\%$ ) per assegurar amb certesa que en un estudi experimental s'ha produït un canvi real després de la intervenció. En cas contrari, seria probable que els canvis observats en el test es deguessin en part a errors en les mesures.

Encara que és indubtable que les dades sobre l'error típic i el mínim canvi detectable qüestionen la fiabilitat absoluta dels tests analitzats, aquesta podria ser acceptable en determinats contextos en funció del nivell de condició física dels esportistes. Així, per exemple, el nivell de fiabilitat absoluta de l'IT, BST i SBT podria ser suficient per mesurar les millores en la resistència dels músculs del tronc en programes d'entrenament desenvolupats en l'àmbit de la salut, el fitnes i l'educació física, on els participants solen tenir una reserva potencial d'adaptació elevada (Brotons-Gil et al., 2013). Al contrari, el nivell de fiabilitat absoluta de l'IT, BST i SBT no sembla adequat per a l'ús d'aquestes proves en l'alt rendiment, ja que el percentatge de millora d'un esportista disminueix conforme augmenta el seu nivell de condició física (Kraemer & Ratamess, 2004). En aquest cas seria necessari un instrumental més fiable i necessari per mesurar la resistència dels músculs del tronc, com el que s'utilitza en les proves de laboratori (Mayer, Gatchel, Betancur, & Bovasso, 1995).

Per finalitzar amb l'anàlisi de la fiabilitat dels tests de camp, és necessari considerar també l'efecte de la seva repetició sobre els resultats dels participants, conegut generalment com efecte d'aprenentatge del test (Brotons-Gil et al., 2013). Tal com s'observa a la *taula 1*, es va produir un efecte d'aprenentatge en el BST, ja que la mitjana dels resultats obtinguts en el BST va augmentar significativament ( $12,4\%$ ) entre la primera i la segona

sessions de registre. Malgrat que en l'àmbit pràctic sol fer-se un test-retest o fins i tot un únic mesurament, els resultats mostren que dues repeticions del BST no són suficients per aconseguir resultats estables que permetin prendre decisions ajustades a la verdadera condició inicial dels participants. Per tant, és recomanable fer una o diverses sessions de familiarització prèvia perquè abans de fer les mesures reals els participants experimentin petites modificacions posturals que poden millorar el rendiment en la prova o perquè aprenguin a tolerar millor les sensacions de fatiga que apareixen durant el desenvolupament.

Pel que fa a la relació entre les característiques antropomètriques dels participants i els resultats obtinguts en els diferents tests (*taula 3*), les dades obtingudes en el present estudi van mostrar una correlació negativa significativa entre la massa del subjecte i els resultats de l'IT ( $r = -.475$ ;  $p = .014$ ) i el SBT ( $r = -.610$ ;  $p = .001$ ) i gairebé significativa amb el BST ( $r = -.339$ ;  $p = .090$ ). Encara que són pocs els estudis que han analitzat les correlacions entre les característiques antropomètriques dels participants i el rendiment en els tests referits, treballs previs han trobat correlacions significatives entre la massa del cos i el rendiment en el BST, amb valors que van oscil·lar entre  $-0,29$  i  $-0,39$  (Latikka et al., 1995; Mbada et al., 2010; Nuzzo & Mayer, 2013). També s'han trobat correlacions significatives entre la massa i els resultats del test Plank (Nuzzo & Mayer, 2013), prova similar a les realitzades en el nostre estudi i que consisteix bàsicament a mantenir una posició de pont o planxa frontal fins a l'esgotament. Tenint en compte tant els nostres resultats com els d'estudis previs, la massa dels participants sembla una variable important en el rendiment en aquest tipus de test, on els participants han de mantenir una determinada posició contra la gravetat.

Si analitzem la resta de correlacions presentades a la *taula 3*, és important destacar que a més de la massa hi ha altres variables antropomètriques que no han estat analitzades prèviament en la bibliografia i que poden influir en els resultats obtinguts en el test de camp. En aquest sentit, destaquen les correlacions negatives significatives entre el rendiment en el SBT i el diàmetre bileocrestal ( $r = -.546$ ;  $p = .004$ ), el diàmetre biacromial ( $r = -.456$ ;  $p = .019$ ) i l'índex acromioliàc ( $r = -.413$ ;  $p = .036$ ), variables antropomètriques que representen l'amplària de la pelvis, l'amplària de la part superior del tronc i la forma del tronc respectivament. Durant l'execució del SBT, la pelvis es troba aproximadament a la

part central de la massa que cal mantenir elevada contra gravetat, per la qual cosa un major diàmetre bileocrestal, és a dir, una major massa localitzada a la pelvis, podria dificultar l'execució del test i influir negativament en els resultats obtinguts en aquest. D'altra banda, durant el SBT el pes de la part superior del tronc és suportat principalment per l'espatlla, el colze i l'avantbraç del costat recolzat en l'estoreta, de manera que com més gran és el diàmetre biacromial, és a dir, com més gran és la massa localitzada a les espatlles, majors seran les forces necessàries per estabilitzar aquestes estructures, i per tant més dificultat a l'hora de mantenir la postura. Així mateix, un tronc amb forma trapezoïdal, és a dir, aquell que presenta un índex acromioliàc per sota de 69,9 (Cabañas i Esparza, 2009), com és el cas de la mitjana dels participants en el nostre estudi (*taula 2*), també representa una major acumulació de massa a la part superior del tronc i, com hem comentat anteriorment, un possible desavantatge per a l'execució del test. Segons es desprèn dels nostres resultats, no sols és important tenir en compte la massa total dels participants, sinó també com es distribueix aquesta en diferents parts del cos. Estudis futurs han d'aprofundir en aquest tipus de correlacions per entendre millor quines variables antropomètriques tenen una major influència en el rendiment dels participants en el test de camp.

A l'últim, hem de destacar les correlacions positives significatives entre els resultats del SBT i l'IT ( $r = .432$ ,  $p = .024$ ) i entre els resultats del SBT i el BST ( $r = .450$ ,  $p = .018$ ). Possiblement, aquestes correlacions es deuen al fet que una part dels músculs encarregats de mantenir la posició de pont lateral durant el SBT (musculatura del costat del braç de suport com quadrat lumbar, erector espinal, gran dorsal, transvers i oblics de l'abdomen, musculatura glútia, etc.; vegeu, per exemple, García-Vaquero, Moreside, Brotons-Gil, Peco-Gonzalez, & Vera-Garcia, 2012; Imai et al., 2010; Kavcic et al., 2004; McGill & Karpowicz, 2009) també participen tant en el manteniment de la postura d'*en-corbament del tronc* en l'IT (músculs flexors del tronc, principalment el recte i els oblics de l'abdomen; vegeu, per exemple, Axler i McGill, 1997; Kavcic, Grenier, & McGill, 2004; Vera-Garcia, Grenier, & McGill, 2000) com en el manteniment de la postura en el BST (músculs extensors del tronc i el maluc com multifid, erector espinal, gran dorsal, musculatura glútia, isquiotibials, etc.; vegeu, per exemple, Coorevits, Danneels, Cambier, Ramon, & Vanderstraeten, 2008; Vera-Garcia, Moreside, & McGill, 2010).



Els resultats d'aquest estudi han d'analitzar-se amb cautela tenint en compte la grandària relativament petita de la mostra. No obstant això, segons Springate (2012), una mostra de 25-30 participants podria ser suficient per a la realització d'estudis de fiabilitat de les mesures.

## Conclusions

Aquest estudi aporta informació important per als esportistes, entrenadors i professionals de l'educació física sobre les característiques de l'IT, BST i SBT, especialment consideracions que cal tenir en compte per utilitzar aquestes proves de manera adequada. Les dades d'aquest estudi mostren que els tres tests tenen una bona fiabilitat relativa; no obstant això, la seva fiabilitat absoluta és limitada, la qual cosa en desaconsella la utilització en el rendiment esportiu. En relació amb les característiques antropomètriques dels participants, variables com la massa, el diàmetre bileocrestal, el diàmetre biacromial i l'índex acromioclavicular han de ser tingudes en compte a l'hora d'interpretar els resultats dels tests. Futures investigacions han d'analitzar els resultats en una mostra més àmplia i heterogènia, que també inclogui dones. Aquests resultats facilitarien el desenvolupament d'algorismes que tinguessin en compte les diferències antropomètriques dels participants i l'obtenció de bases normatives que permetessin categoritzar la condició física dels participants d'una manera més real i ajustada.

## Conflicte d'interessos

Els autors declaren no tenir cap conflicte d'interessos.

## Referències

- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26(4), 217-238. doi:10.2165/00007256-199826040-00002
- Axler, C. T., & McGill, S. M. (1997). Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(6), 804-811. doi:10.1097/00005768-199706000-00011
- Biering-Sørensen, F. (1984). Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine*, 9(2), 106-119.
- Borghuis, J., Hof, A. L., & Lemmink, K. A. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability: implications for measurement and training. *Sports Medicine*, 38(11), 893-916. doi:10.2165/00007256-200838110-00002
- Brotos-Gil, E., García-Vaquero, M. P., Peco-González, N., & Vera-García, F. J. (2013). Flexion-rotation trunk test to assess abdominal muscle endurance: reliability, learning effect and sex differences. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1602-1608. doi:10.1519/JSC.0b013e31827124d9
- Cabañas, M. D., & Esparza, F. (2009). *Compendio de Cineantropometría*. Madrid: Editorial CTO.
- Chan, R. H. (2005). Endurance times of trunk muscles in male intercollegiate rowers in Hong Kong. *Achieve Physical Medicine Rehabilitation*, 86, 2009-2012. doi:10.1016/j.apmr.2005.04.007
- Coorevits, P., Danneels, L., Cambier, D., Ramon, H., & Vanderstraeten, G. (2008). Assessment of the validity of the Biering-Sørensen test for measuring back muscle fatigue based on EMG median frequency characteristics of back and hip muscles. *Journal Electromyography Kinesiology*, 18(6), 997-1005. doi:10.1016/j.jelekin.2007.10.012
- Demoulin, C., Vanderthommen, M., Duysens, C., & Crielaard, J. M. (2006). Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature. *Joint Bone Spine*, 73(1), 43-50. doi:10.1016/j.jbspin.2004.08.002
- Evans, K., Refshauge, K. M., & Adams, R. (2007). Trunk muscle endurance test: reliability, and gender differences in athletes. *Journal Science and Medicine Sport*, 10(6), 447-455. doi:10.1016/j.jsams.2006.09.003
- Faulkner, R. A., Springings, E. J., McQuarrie, A., & Bell, R. D. (1989). A practical curl-up protocol for adults based on an analysis of two procedures. *Canadian Journal Sport Science*, 14(3), 135-141.
- García-Vaquero, M. P., Moreside, J., Brotos-Gil, E., Peco-Gonzalez, N., & Vera-García, F. J. (2012). Trunk muscle activation during stabilization exercises with single and double leg support. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(3), 398-406. doi:10.1016/j.jelekin.2012.02.017
- Granata, K. P., & Gottipati, P. (2008). Fatigue influences the dynamic stability of the torso. *Ergonomics*, 51(8), 1258-1271. doi:10.1080/00140130802030722
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and sciences. *Sports Medicine*, 30(1), 1-15. doi:10.2165/00007256-200030010-00001
- Hopkins, W. G. (2009). Calculating the reliability intraclass correlation coefficient and its confidence limits (excel spreadsheet). Newstats.org/xICC.xls
- Imai, A., Kaneoka, K., Okubo, Y., Shiina, I., Tatsumura, M., Izumi, S., & Shiraki, H. (2010). Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(6), 369-375. doi:10.2519/jospt.2010.3211
- Ito, T., Shirado, O., Suzuki, H., Takahashi, M., Kaneda, K., Strax, T. E. (1996). Lumbar trunk muscle endurance testing: an inexpensive alternative to a machine for evaluation. *Achieve Physical Medicine Rehabilitation*, 77(1):75-9. doi:10.1016/S0003-9993(96)90224-5
- Juan-Recio, C., Lopez-Vivancos, A., Moya, M., Sarabia, J. M., & Vera-García, F. J. (en premsa). Short-term effect of crunch exercise frequency on abdominal muscle endurance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*.
- Kavicic, N., Grenier, S., & McGill, S. M. (2004). Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low back stabilization exercises. *Spine*, 29(20), 2319-2329. doi:10.1097/01.brs.0000142222.62203.67
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 36(4), 674-688. doi:10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*, 36(3), 189-98. doi:10.2165/00007256-200636030-00001
- Knudson, D., & Johnston, D. (1995). Validity and reliability of a bench trunk-curl test of abdominal endurance. *Journal Strength Conditioning Research*, 9(3), 165-169.

- Latikka, P., Battié, M. C., Videman, T., & Gibbons, L. E. (1995). Correlations of isokinetic and psychophysical back lift and static back extensor endurance test in men Original Research Article. *Clinical Biomechanics*, 10(6), 325-330. doi:10.1016/0268-0033(94)00003-P
- Lindsay, D. M., & Horton, J. F. (2006). Trunk rotation strength and endurance in healthy normals and elite male golfers with and without low back pain. *North American Journal Sports Physical Therapy*, 1(2), 80-9.
- Luoto, S., Heliövaara, M., Hurri, H., & Alaranta, M. (1995). Static back endurance and the risk of low back pain. *Clinical Biomechanics*, 10(6), 323-324. doi:10.1016/0268-0033(95)00002-3
- Mayer T., Gatchel, R., Betancur, J., & Bovasso, E. (1995). Trunk muscle endurance measurement. Isometric contrasted to isokinetic testing in normal subjects. *Spine*, 20(8), 920-6. doi:10.1097/00007632-199504150-00007
- Mawston, G. A., McNair, P. J., & Boocock, M. G. (2007). The effects of prior warning and lifting-induced fatigue on trunk muscle and postural responses to sudden loading during manual handling. *Ergonomics*, 50(12), 2157-70. doi:10.1080/00140130701510139
- Mbada, C. E., Ayanniyi, O., Adedoyin, R. A., & Johnson, O. E. (2010). Static endurance of the back extensor Muscles: association between performance and reported reasons for test termination. *Journal of Musculoskeletal Research*, 13(1), 13-21. doi:10.1142/S0218957710002405
- Nuzzo, J. L., & Mayer, J. M. (2013). Body Mass Normalization for Isometric Test of Muscle Endurance. *Journal Strength and Conditioning Research*. 27(7), 2039-2045. doi:10.1519/JSC.0b013e3182736203
- McGill, S. M., Childs, A., & Liebenson, C. (1999). Endurance times for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database. *Achieve Physical Medicine Rehabilitation*, 80(8), 941-4. doi:10.1016/S0003-9993(99)90087-4
- McGill, S. M., & Karpowicz, A. (2009). Exercises for Spine Stabilization: Motion/Motor Patterns, Stability Progressions, and Clinical Technique. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(1), 118-126. doi:10.1016/j.apmr.2008.06.026
- Moreland, J., Finch, E., Stratford, P., Balsor, B., & Gill, C. (1997). Interrater reliability of six tests of trunk muscle function and endurance. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 26(4), 200-208. doi:10.2519/jospt.1997.26.4.200
- Reed, C. A., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewet, T. E. (2012). The effects of isolated and integrated 'core stability' training on athletic performance measures: a systematic review. *Sports Medicine*, 42(8), 97-706. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03262289>
- Schabert, E. J., Hopkins, W. G., & Hawley, J. A. (1998). Reproducibility of self-paced treadmill performance of trained endurance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 19(1), 48-51. doi:10.1055/s-2007-971879
- Schellenberg, K., Lang, J., Ming Chan, K., & Burnham, R.A. (2007). Clinical tool for office assessment of lumbar spine stabilization endurance: Prone and supine bridge maneuvers. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(5), 380-386. doi:10.1097/PHM.0b013e318032156a
- Sparto, P. J., Parnianpour, M., Reinsel, T. E., & Simon, S. (1997). The effect of fatigue on multijoint kinematics, coordination, and postural stability during a repetitive lifting test. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 25(1), 3-12. doi:10.2519/jospt.1997.25.1.3
- Springate, S. D. (2012). The effect of sample size and bias on the reliability of estimates of error: a comparative study of Dahlberg's formula. *European Journal of Orthodontics*, 34(2), 158-163. doi:10.1093/ejo/cjr010
- Udermann, B. E., Mayert, J. M., Gravest, J. E., & Murray, S. R. (2003). Quantitative assessment of lumbar paraspinal muscle endurance. *Journal of Athletic Training*, 38(3), 259-262.
- Van Dieën, J. H. (1996). Asymmetry of erector spinae muscle activity in twisted postures and consistency of muscle activation patterns across subjects. *Spine*, 21(22), 2651-2661. doi:10.1097/00007632-199611150-00015
- Van Dieën, J. H., Luger, T., & Van der Eb, J. (2012). Effects of fatigue on trunk stability in elite gymnasts. *European Journal of Applied Physiology*, 112(4), 1307-13. doi:10.1007/s00421-011-2082-1
- Vera-García, F. J., Grenier, S. G., & McGill, S. M. (2000). Abdominal response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Physical Therapy*, 80(6), 564-569.
- Vera-García F. J., Flores-Parodi, B., & Llana Belloch, S. (2008). El entrenamiento de la "zona central" ("core training") en la natación de competición. *NSW*, 30(2), 7-16. doi:10.1016/j.jelekin.2009.03.010
- Vera-García, F. J., Moreside, J. M., & McGill, S. M. (2010). MVC techniques to normalize trunk muscle EMG in healthy women. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(1), 10-6.
- Vincent, J. (1994). *Statistics in kinesiology*. Champaign (IL): Human Kinetics Books.
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal Strength and Conditioning Research*, 19(1), 231-240.
- Weston, M., Coleman, N. J., & Spears, I. R. (2013). The effect of isolated core training on selected measures of golf swing performance. *Medicine Science Sports Exercise*. doi:10.1249/MSS.0b013e31829bc7af