

# Reliability of Flexibility Tests in Young Soccer Players From a Professional Club

CRISTIAN DÍAZ-ESCOBAR<sup>1</sup>  
JAIME OCARANZA-OZIMICA<sup>2</sup>  
VÍCTOR PATRICIO DÍAZ-NARVÁEZ<sup>1,3\*</sup>  
ROBERT UTSMAN<sup>4</sup>

<sup>1</sup> School of Kinesiology. Faculty of Health.

University Bernardo O'Higgins (Santiago, Chile)

<sup>2</sup> Catholic University Raúl Silva Henríquez (Santiago, Chile)

<sup>3</sup> Chile Autonomous University (Santiago, Chile)

<sup>4</sup> Latin American University of Science and Technology (ULACIT)

(San José, Costa Rica)

\* Correspondence: Víctor Patricio Díaz Narváez ([vpdiaz@tie.cl](mailto:vpdiaz@tie.cl))

# Confiabilitat de proves per a flexibilitat en futbolistes joves d'un club professional

CRISTIAN DÍAZ-ESCOBAR<sup>1</sup>  
JAIME OCARANZA-OZIMICA<sup>2</sup>  
VÍCTOR PATRICIO DÍAZ-NARVÁEZ<sup>1,3\*</sup>  
ROBERT UTSMAN<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Escola de Kinesiologia. Facultat de Salut.

Universitat Bernardo O'Higgins (Santiago, Xile)

<sup>2</sup> Universitat Catòlica Raúl Silva Henríquez (Santiago, Xile)

<sup>3</sup> Universitat Autònoma de Xile (Santiago, Xile)

<sup>4</sup> Universitat Llatinoamericana de Ciència i Tecnologia (ULACIT)

(San José, Costa Rica)

\* Correspondència: Víctor Patricio Díaz Narváez ([vpdiaz@tie.cl](mailto:vpdiaz@tie.cl))

## Abstract

**Objective.** To estimate the reliability of tests to measure the flexibility of the flexion and extension musculature of the knee according to the season, the age and the position of male footballers in the training area of a professional football club. **Material and methods.** Flexibility was measured by applying the Modified Thomas Test (MT Test) for quadriceps and the Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS Test) for hamstrings. The reliability was estimated via the Cronbach's  $\alpha$ . **Results.** Both tests showed high estimations of reliability between seasons, by categories of players' position and compared to the performance between the lower left and right member. **Conclusions.** Both tests can be applied in group sports, as in the training area of professional football clubs, especially in the prevention of sports injuries, since they have an accepted validity, show a high degree of reliability according to the study and have further characteristics such as low cost, easy application and the ability to measure a large number of people in brief periods of time.

**Keywords:** flexibility test, quadriceps, hamstrings, muscle injury

## Introduction

Flexibility is defined as the capacity to mobilise one or more joints through a range of movement with the purpose of performing a specific motor action. In the case of sports, the degree of flexibility required is determined by the sports speciality (Cejudo, Sainz, Ayala, & Santoja, 2014). In football, Daneshjoo,

## Resum

**Objectiu.** Estimar la confiabilitat de proves per mesurar flexibilitat de la musculatura flexoextensora de genoll, d'acord amb la temporada, edat i posició de joc en jugadors homes de l'àrea formativa d'un club professional de futbol. **Material i mètodes.** El mesurament de la flexibilitat es va realitzar mitjançant l'aplicació de les proves Modified Thomas Test (MT Test) per quàdriceps i el Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS Test) per isquiotibials. La confiabilitat es va estimar mitjançant l' $\alpha$  de Cronbach. **Resultats.** Ambdues proves van presentar estimacions altes de confiabilitat entre temporades, per categories de jugadors, posició de joc i en comparar rendiment entre membre inferior dret i esquerre. **Conclusions.** Ambdues proves poden ser aplicades en esports col·lectius, com esdevé a l'àrea formativa de clubs professionals de futbol, especialment en la prevenció de lesions esportives, en tenir una validesa acceptada, presentar una alta confiabilitat d'acord a l'estudi i, a més, tenir com a característiques: baix cost, fàcil aplicació i mesurar un volum important de persones en breus períodes de temps.

**Paraules clau:** test flexibilitat, quàdriceps, isquiotibials, lesió muscular

## Introducció

La flexibilitat es defineix com la capacitat de mobilitzar una o més articulacions, a través d'un rang de moviment, amb el propòsit de realitzar una acció motora específica. En el cas dels esports, el grau de flexibilitat requerida estaria supeditat a l'especialitat esportiva (Cejudo, Sainz, Ayala i Santoja, 2014). En el futbol, Daneshjoo,

Rahnama, Halim and Yusof (2013) mention that strength and flexibility are two important indicators of physical performance in relation to the balance between the dominant and non-dominant lower member while executing asymmetrical kinetic patterns, such as kicking the ball or changing speed or direction. These indicators should be considered in the sports clinic, given that an athlete with a significant difference in these physical capacities in the lower members is more likely to suffer from an injury.

Muscle injuries are among the most common in sports (Muller et al., 2013). In the case of football, doctors and kinesiologists state that it is a major problem in both amateur and professional football (Melegati et al., 2013). The flexion and extension musculature of the knee is the most frequent and recurring sports injury to the lower members (Brukner, Nealon, Morgan, Burges, & Dunn, 2014; DeWitt & Vidale, 2014; Espinoza & Valle, 2014; Kary, 2010; Shmitt, Tyler, & McHugh, 2012).

According to Brukner et al. (2014), the different factors that influence the generation of muscle injuries make it difficult to effectively predict them. This situation means that evaluative clinical processes must constantly be fine-tuned, along with the application of specific tests (Brukner et al., 2014). On the other hand, Rogan, Wust, Schwitter and Schmidtbleicher (2013) promote the need to systematically perform flexibility evaluations as one of the alternatives to prevent injuries in sport.

The clinical tests that evaluate flexibility involve two aspects considered important, which are their essential objective, namely: range of joint motion and muscle stretching (Carregaro, Silva, & Gil, 2007). Ayala, Sainz de Baranda, Cejudo and Santoja (2013) suggest that evaluating flexibility in physical-sport health must be a regular activity; furthermore, the diagnostic test with the greatest validity is X-rays. However, its application in the scientific, clinical and sports fields is quite limited due to its high cost and the need for highly qualified staff. Therefore, indirect methods are needed with appropriate levels of validity and reliability, yet that also cost little in terms of economic and human resources.

With regard to the validity of the flexibility tests for the flexion and extension musculature of the knee, Peeler and Anderson (2008) suggested that the Modified Thomas Test (MT Test) has two positive features: it is the most commonly used test in sports

Rahnama, Halim i Yusof (2013), esmenten que la força i flexibilitat són dos indicadors importants en el rendiment físic, en relació amb el balanç entre membre inferior dominant i no dominant durant l'execució de patrons cinemàtics asimètrics, tals com colpejar la pilota, realitzar canvis de velocitat o de direcció. Aquests indicadors han de ser considerats en la clínica esportiva, ja que un esportista, amb una diferència significativa d'aquestes capacitats físiques, a nivell de membres inferiors, incrementaria la probabilitat de patir una lesió.

Les lesions musculars se situen entre les de major incidència a nivell esportiu (Muller et al., 2013). En el cas del futbol, metges i cinesiòlegs refereixen que és un problema rellevant, tant a nivell amateur com professional (Melegati et al., 2013), sent la musculatura flexoextensora de genoll la que presenta major freqüència i reincidència de lesió esportiva a nivell de membres inferiors (Brukner, Nealon, Morgan, Burges, & Dunn, 2014; DeWitt & Vidale, 2014; Espinoza & Valle, 2014; Kary, 2010; Shmitt, Tyler, & McHugh, 2012).

Segons Brukner et al. (2014), els diversos factors que influeixen en la generació de les lesions musculars dificulten poder predir-les amb efectivitat. Aquesta situació obliga constantment a perfeccionar els processos avaluatius clínics, així com l'aplicació de tests específics (Brukner et al., 2014). D'altra banda, Rogan, Wust, Schwitter i Schmidtbleicher (2013) promou la necessitat de la realització sistemàtica de les avaluacions de flexibilitat com una de les alternatives preventives de lesió en l'àmbit esportiu.

Les proves clíniques que avaluen flexibilitat involucren dos aspectes considerats importants i que constitueixen el seu objectiu essencial, aquests són: rang de moviment articular i estirament muscular (Carregaro, Silva, & Gil, 2007). Ayala, Sainz de Baranda, Cejudo i Santoja (2013), plantegen que la valoració de la flexibilitat, en la salut físicoesportiva, ha de ser una activitat habitual; a més, la prova diagnòstica de major validesa correspondria a la radiològica. No obstant això, la seva aplicació en l'àmbit científic, clínic i esportiu seria molt limitada a causa del seu elevat cost i necessitat de personal altament qualificat. Per tant, es requereix de mètodes indirectes que presentin adequats nivells de validesa i confiabilitat, però al seu torn contemplin un baix cost en l'econòmic i recursos humans.

En relació amb la validesa de les proves de flexibilitat per a musculatura flexoextensora de genoll, Peeler i Anderson (2008) van plantejar que el Modified Thomas

medicine to measure the flexibility of the anterior straight quadriceps, and its validity is confirmed by different sports medicine texts. With regard to the Sit-and-Reach Test (SAR Test) for the flexibility of the hamstrings, moderate validity has been determined. Of these alternatives, the Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS Test) has only shown moderate validity, but the validity has been greater in other variations of the SAR test. In terms of the reliability of these tests, it has been established to be high; however, there is some controversy over the methodologies applied in terms of the position asked of the person being evaluated, the specific population being measured, the points of reference used, the recording method, the evaluator's experience, the measurement surface, and the kind of procedure used (Díaz, Droguett, Henríquez, Troncoso, & Escobar, 2003; Gyoung & Sung, 2015; Peeler & Anderson, 2008; Quintana & Alburquerque, 2008).

However, there are very few studies of reliability of the measurements of quadriceps and hamstring flexibility in players in the training area in football, focused on their ages and playing positions during consecutive seasons. Therefore, the purpose of this study is to focus on determining the reliability of two flexibility tests for the flexion and extension musculature of the knee in male players in the training area of a professional football club: the MT Test for quadriceps and the MBS Test for hamstrings, acknowledging that the validity of the tests is accepted in the physical-sports field.

## Materials and Methods

This study can be classified as non-experimental and latitudinal.

*Sample.* The sample was made up solely of male players from the training area of a professional football club who were officially enrolled in the 2013 to 2015 seasons. They were classified into eight categories according to their year of birth, with groups from Sub 11 (11 years old) to Sub 18 (18 and 19 years old). The statistical description of the sample is in *Table 1*.

*Ethical considerations.* This study was approved by the Research Ethics Committee of the Universidad Bernardo O'Higgins in 2013. Both the players and their legal guardians were informed of the activities of each team regarding their training plan, and the corresponding authorisation (informed consent

Test (MT Test) posseeix dues característiques positives: és el que més s'empra en medicina esportiva per mesurar la flexibilitat del recte anterior de quàdriceps i té validesa confirmada per diversos textos de medicina esportiva. Pel que fa a les proves de modalitat Sit-and-Reach Test (SAR Test) per a flexibilitat d'isquiotibials, s'ha determinat una validesa moderada. D'aquestes alternatives la Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS Test), si bé també ha presentat una validesa moderada aquesta ha estat superior a altres variants de SAR Test. En relació amb la seva confiabilitat, s'ha establert com a alta; no obstant això, es produeix controvèrsia per les metodologies aplicades quant a: la posició sol·licitada a l'avaluat, la població específica a mesurar, els punts de referències utilitzats, el mètode de registre, experiència de l'avaluador, la superfície de mesurament i el tipus de procediment (Díaz, Droguett, Henríquez, Troncoso, & Escobar, 2003; Gyoung & Sung, 2015; Peeler & Anderson, 2008; Quintana & Alburquerque, 2008).

No obstant això, els estudis de confiabilitat de la flexibilitat per quàdriceps i isquiotibials en jugadors de l'àrea formativa en el futbol, amb enfocament en les seves edats i posicions de joc durant temporades consecutives són escassos. Com a conseqüència, el propòsit del present estudi es va focalitzar a determinar la confiabilitat de dues proves de flexibilitat per a musculatura flexoextensora de genoll en jugadors homes de l'àrea formativa d'un club professional de futbol: MT Test per quàdriceps i el MBS Test per isquiotibials, consignant-se que la validesa de les proves és acceptada en l'àmbit fisicoesportiu.

## Material i mètodes

Aquest estudi pot ser classificat com a no experimental i transversal.

*Mostra.* La mostra va estar constituïda només per jugadors homes de l'àrea formativa d'un club professional de futbol, inscrits oficialment durant les temporades 2013 al 2015. Aquests es classificaven en vuit categories d'acord amb el seu any de naixement, determinant-se plantilles des de la Sub11 (11 anys) a la Sub18 (18 i 19 anys). La descripció dels estadígrafs descriptius de la mostra es presenta a la *taula 1*.

*Consideracions ètiques.* Aquest estudi va ser aprovat pel Comitè d'Ètica de la Recerca (CEI) de la Universitat Bernardo O'Higgins l'any 2013. Tant al jugador, així com al tutor legal, se'ls va informar de les activitats de cada plantilla sobre el seu pla formatiu, obtenint l'autorització corresponent (consentiment i

Category Categoria	Total Sample Mostra total					2011 Season Temporada 2011					2011 Season Temporada 2012					2011 Season Temporada 2013				
	TN NT	Height Talla	SD DE	Weight Pes	SD DE	n	Height Talla	SD DE	Weight Pes	SD DE	n	Height Talla	SD DE	Weight Pes	SD DE	n	Height Talla	SD DE	Weight Pes	SD DE
Sub 11	74	1.42	0.06	36.9	4.76	30	1.43	0.06	37.6	4.9	23	1.41	0.06	36.1	4.45	21	1.41	0.06	36.1	4.45
Sub 12	68	1.52	0.06	43.5	6.77	20	1.52	0.06	43.5	6.11	27	1.52	0.07	43.5	7.22	21	1.52	0.07	43.5	7.22
Sub 13	69	1.58	0.08	48.1	7.64	23	1.57	0.08	47.7	7.67	27	1.59	0.07	48.5	7.60	19	1.59	0.07	48.5	7.60
Sub 14	75	1.67	0.06	60.0	0.02	24	1.66	0.06	59.6	6.90	25	1.68	0.06	62.6	0.02	26	1.68	0.06	62.6	3.02
Sub 15	67	1.71	0.06	64.3	6.49	21	1.73	0.06	65.4	6.32	22	1.69	0.05	63.2	6.45	24	1.69	0.05	63.2	6.45
Sub 16	62	1.74	0.06	67.6	7.59	24	1.74	0.07	67.1	7.12	22	1.75	0.06	68.0	8.05	16	1.75	0.06	68.0	8.05
Sub 17	60	1.74	0.06	70.7	6.8	24	1.73	0.06	69.9	6.2	19	1.76	0.06	71.7	7.4	17	1.76	0.06	71.7	7.4
Sub 18	70	1.75	0.05	71.7	6.0	21	1.76	0.05	72.1	6.4	22	1.73	0.06	71.4	5.4	27	1.73	0.06	71.4	5.4

TN: Total number of athletes by category; n: sample size; Height (mean in metres); Weight (mean in kilograms); SD: standard deviation.  
NT: nombre total de persones; n: mida de la mostra; talla (mitjana en metres); pes (mitjana en quilograms); DE: desviació estàndard.

**Table 1.** Descriptive statistics, mean and standard deviation of the height and weight in each by season and in each category studied

**Taula 1.** Estadígrafs descriptius mitjana i desviació estàndard de la talla i pes en cada temporada i en cada categoria estudiada

and ascent) to execute the objectives established by season was obtained, including the flexibility tests for quadriceps and hamstrings (described below), as part of the battery of annual technical-physical tests in the training area of a professional football club.

**Exclusion criteria.** Any player who had any kind of sports injury at the time of the test was excluded if it would affect the physical warm-up or execution of the test; or with any pathological condition (respiratory, intestinal or others) which had altered their regular training on the days prior to the measurements or recent reintegration into regular practices after therapeutic treatment with a period equal to or less than two weeks.

**Tests to measure flexibility.** The study considered an annual measurement of all the categories, which was carried out mid-season. To measure the flexibility of the quadriceps, the Modified Thomas Test (MT Test) was used, and to measure the hamstrings the Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS Test) was used. The MT Test has confirmed validity and the MBS Test has moderate validity (Peeler & Anderson, 2008). Both have high reliability, which may be influenced by several factors (Díaz et al., 2003; Gyoung & Sung, 2015; Quintana & Albuquerque, 2008; Peeler & Anderson, 2008).

**Design.** The flexibility measurements were taken in a closed, air-conditioned area (locker room). First the participants warmed up under the supervision of a physical preparer in a nearby area, using a gradual organic activation approach (jogging, changes in direction, proprioceptive stimulation), general joint movement and predominantly ballistic elongation of the lower members. The warm-up lasted less than 15

assentiment informat) per executar els objectius establerts per temporada, dins dels quals es van incorporar les proves de flexibilitat per quàdriceps i isquiotibials (descrites més endavant), com a part de la bateria de tests tecnofísics anuals a l'àrea formativa d'un club professional de futbol.

**Criteris d'exclusió.** Es va descartar a tot jugador que al moment de la prova tingués una lesió esportiva de qualsevol índole, que afectés l'escalfament físic o execució del test; alguna condició patològica (respiratòria, intestinal, entre altres) que hagués alterat l'entrenament regular els dies previs al mesurament o el reintegrament recent a les pràctiques regulars post tractament terapèutic, amb un període igual o menor a dues setmanes.

**Proves per mesurar flexibilitat.** L'estudi va considerar un mesurament anual de totes les categories, el qual va ser realitzat a meitat de temporada. Per al mesurament de flexibilitat en quàdriceps es va emprar la prova Modified Thomas Test (MT Test); i pels isquiotibials la prova Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS Test). La prova MT Test té validesa confirmada i la prova MBS Test una validesa moderada (Peeler & Anderson, 2008). Ambdues tenen una confiabilitat alta que pot estar influïda per diversos factors (Díaz et al., 2003; Gyoung & Sung, 2015; Quintana & Albuquerque, 2008; Peeler & Anderson, 2008).

**Disseny.** Els mesuraments de flexibilitat es van realitzar en un ambient tancat i climatitzat. Es va aplicar un escalfament dirigit per un preparador físic, en un àrea adjacent, amb enfocament en activació orgànica gradual (trot, canvis de direcció, estimulació propioceptiva), mobilitat articular general i elongació predominantment balística de membres inferiors. L'escalfament va tenir una durada no superior a 15 minuts, similar al temps

minutes, similar to the amount of time required in training sessions or competitions. The measurements were taken by the club's team of kinesiologists (three professionals), who applied the tests to the teams under their charge each season. In the end, all the information was gathered into a single record. The team of kinesiologists was given training on the right way to take the measurements required for the tests applied prior to each phase of evaluations by season.

## Procedure

*MBS Test for hamstrings.* The procedure developed by Sai-Chuen Hui and described in Díaz et al. (2003) was applied in terms of the materials and the position of the subject. In this study, the more specific action by the evaluator and the way of recording the results were implemented. The complete methodology of the test is described below. A Swedish bench measuring 34 cm wide, 350 cm long and 32 cm tall was used. Masking tape 2 cm wide was placed in the centre of the bench, perpendicular to the lengthwise direction of the bench, and in the centre a line was drawn with an ink pencil following the direction of the tape. The 20 cm mark of the measuring tape (2m Stanley®) was positioned at this line, placed in the centre and lengthwise on the bench and adhered to the surface with masking tape and with the measurement 0 cm near the place where the subjects sat [Figure 1: Image 1 (II), Point A (PA)]. The protocol of the test was explained before and during the evaluation, first as a group and later individually. After the warm-up phase was completed, the subject was positioned on the bench (barefoot), always beginning with the evaluation of the right lower member. The player's comprehension of the test was checked, and each lower member was measured in a single attempt. A second attempt was allowed if the player did not hold the final position at least one second, if he modified the position of the free member by separating the leg on the edge of the bench, or if he did not maintain his hand position during the projection of the trunk to touch the measuring tape (control variables implemented and required in this study).

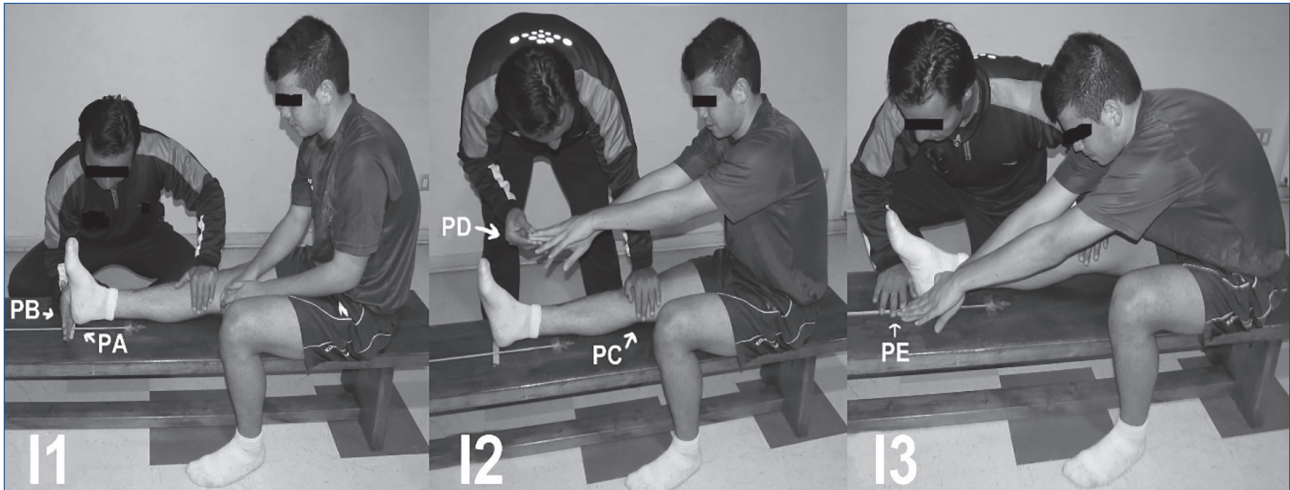
In the execution of the test, the evaluator was always located next to the lower member being measured, positioning the palm of his hand further from the subject, parallel to the 20-cm line, in order to establish the point of support of the subject's heel

requerit en entrenaments o competicions. Els mesuraments van ser realitzats per l'equip de cinesiòlegs del club (tres professionals), que aplicaven les proves als equips que tenien a càrrec durant cada temporada, per finalment reunir tota la informació en un sol registre. L'equip de cinesiòlegs va ser sotmès a un entrenament sobre la forma correcta dels mesuraments exigits per les proves aplicades, de manera prèvia a cada fase d'avaluacions per temporada.

## Procediment

*MBS Test per isquiotibials.* Es va aplicar el procediment elaborat per Sai-Chuen Hui, descrit per Díaz et al. (2003), en relació amb materials i posició de l'avaluat. Implementant-se en el present estudi l'accionar més específic per part de l'avaluador i la forma de registre dels resultats. La metodologia completa de la prova es descriu a continuació. Es va utilitzar una banca sueca de 34 cm d'ample, 350 cm de llarg i 32 cm d'alt. Al centre de la banca es va col·locar una cinta adhesiva de paper, de 2 cm d'ample, perpendicular a l'eix longitudinal de la banca i al seu centre es va traçar una línia marcada amb llapis negre, seguint el sentit de la cinta adhesiva. En aquesta línia, es va posicionar la marca de 20 cm de la cinta mètrica (2m Stanley®), la qual es va situar al centre i en el sentit de l'eix longitudinal de la banca, quedant adherida a la superfície amb cinta adhesiva de paper i amb la mesura 0 cm proximal a la zona on l'avaluat s'asseia [Figura 1: Imatge 1 (II), Punt A (PA)]. El protocol de la prova es va explicar abans i durant l'avaluació, primer en forma grupal i posteriorment de manera individual. Completada la fase d'escalfament, l'avaluat es posicionava sobre la banca (descalç), començant sempre amb l'avaluació del membre inferior dret. Es verificava l'enteniment de la prova per part de l'avaluat i es procedia a mesurar només un intent per cada membre inferior. Es va permetre un segon intent: si el jugador no mantenia la posició final ben bé un segon; modificava la posició del membre inferior lliure separant el segment de la vora de la banca o no mantenia la posició de les seves mans, durant la projecció de tronc per tocar la cinta mètrica (variables de control implementades i exigides en el present estudi).

En l'execució de la prova, l'avaluador es va situar sempre al costat del membre inferior a mesurar, posicionant el palmell de la seva mà, més distal pel que fa a l'avaluat, paral·lel a la línia dels 20 cm, amb el propòsit d'establir el punt de suport del taló del subjecte



**Figure 1.** Modified Thomas Test protocol for hamstrings flexibility

**Figura 1.** Protocol adaptat en MBS Test per a la flexibilitat isquiotibial

[Figure 1: Image 1, Point B (PB)]. The subject, in seated position, placed his heel, leaving the measuring tape visible and medial with regard to the lower member to be measured. Once the initial position was determined, the evaluator placed his hand closest to the subject on the knee of the lower member being measured [Figure 1: Image 2 (I2), Point C (PC)], while the other hand, freed after marking the position of the heel, pinched the middle fingers of the subject, who freely placed one palm on the back of the other hand [Figure 1: Image 2 (I2), Point D (PD)]. The lower middle finger was the ultimate point of contact with the measuring tape located on the bench [Figure 1: Image 3 (I3), Point E (PE)].

The evaluator's eyes were trained on the free lower member to ensure that it did not move during the test; it always had to be with the sole of the foot resting on the ground, the knee at 90°, and some zone of its medial side in contact with the edge of the bench to avoid abduction movement during the test.

When the subject reached the maximum forward projection of the trunk and upper members, the evaluator's hand which accompanied the movement of the pinched fingers was removed, and using one of his fingers he marked the distance reached by the player [Figure 1: Image 3 (I3), Point E (PE)], recording the corresponding value. Later, this same procedure was repeated with the other leg. In terms of the record, the evaluator wrote down the distance reached by the subject with a positive number, unlike the original protocol in which the reporters were asked to indi-

[Figura 1: Imatge 1, Punt B (PB)]. L'avaluat, en posició asseguda, va posar el seu taló deixant la cinta mètrica visible i a medial, respecte al membre inferior a mesurar. Determinada la posició inicial, l'avaluador va situar la seva mà més proximal a l'avaluat, sobre el genoll del membre inferior a mesurar [Figura 1: Imatge 2 (I2), Punt C (PC)] i amb l'altra mà, alliberada després de marcar la posició del taló, va agafar els dits mitjans de les mans de l'avaluat, que va col·locar lliurement un palmell sobre el dors de l'altra mà [Figura 1: Imatge 2 (I2), Punt D (PD)]. El dit mitjà inferior va ser el punt de contacte final amb la cinta mètrica situada sobre la banca [Figura 1: Imatge 3 (I3), Punt E (PE)].

La visió de l'avaluador es va centrar en el membre inferior lliure per supervisar que aquest no es mogués durant la prova, segment que havia d'estar sempre amb la planta del peu recolzada a terra, genoll en 90° i alguna zona del seu costat medial en contacte amb la vora de la banca, evitant el moviment en abducció durant la prova.

Quan l'avaluat va aconseguir la màxima projecció anterior de tronc i membres superiors, la mà de l'avaluador que va acompanyar el moviment dels dits agafats, els va deixar anar i amb un dels seus dits va marcar la distància aconseguida pel jugador [Figura 1: Imatge 3 (I3), Punt E (PE)], registrant-se el valor corresponent. Posteriorment, es va repetir el mateix procediment amb el segment contralateral. Quant al registre, es va consignar la distància aconseguida per l'avaluat amb nombre positiu, a diferència del protocol original en el qual se sol·licitava indicar amb nombre

cate values under 20 cm corresponding to the heel of the player with a negative number [Figure 1: Image 1 (II), Point A (PA)]. Thus, the higher the number, the better the player's performance on hamstring flexibility, while the lower the number the worse their performance.

**MT Test for quadriceps.** The procedure described by Peeler and Anderson (2008) was applied, only changing the position of the stationary arm of the goniometer in this study to record the measurement in degrees. The complete protocol is described below. The materials required are a padded bench and a goniometer (Carci®). Regarding the execution protocol, the subject was asked to sit on one end of the bench while the evaluator checked that the player's leg was separate from the edge of the bench by the space of at least one fist [Figure 2, Image 4 (I4), Point F (PF)]. Then the subject got in a horizontal supine position, bringing the opposite lower member to the one being measured in the direction of his chest with flexion at the hip and knee, holding it with both hands [Figure 2, Image 5 (I5)]. Finally, the evaluator got into position to measure the knee angle, positioning the stationary arm of the goniometer in relation to the lengthwise axis of the thigh, not parallel to it but instead on the metal edge of the bench [Figure 2, Image 6 (I6), Point G (PG)] and the movable arm parallel to the lengthwise axis of the subject's leg, positioning the fulcrum in correlation to the axis of movement of the knee joint. Finally, the angle between the thigh segment and leg was recorded. The closer it was to 90° the better the performance on quadriceps flexibility. Later, the same procedure was carried out with the other leg.

negatiu els valors per sota dels 20 cm, corresponents a la mesura on se situava el taló del jugador [Figura 1: Imatge 1 (II), Punt A (PA)]. Determinant-se que a major nombre obtingut millor rendiment en flexibilitat de isquiotibials per part del jugador, a menor registre l'efecte invers.

**MT Test per quàdriceps.** Es va aplicar el procediment descrit per Peeler i Anderson (2008), modificant-se en el present estudi només la posició del braç fix del goniòmetre per al registre de la mesura en graus. El protocol complet es descriu a continuació. Com a materials es va requerir una llitera i un goniòmetre (Carci®). Quant a protocol d'execució es va sol·licitar a l'avaluat asseure's sobre la llitera, per un dels seus extrems, mentre l'avaluador constatava que el segment cama del jugador quedés separat de la vora de la llitera, ben bé un puny [Figura 2, Imatge 4 (I4), Punt F (PF)]. A continuació, l'avaluat adquiria la posició decúbit supí, portant el membre inferior contrari al mesurament en direcció al pit amb flexió de maluc i genoll, subjectant-lo amb ambdues mans [Figura 2, Imatge 5 (I5)]. Finalment, l'avaluador es va situar per mesurar l'angle de genoll, posicionant el braç fix del goniòmetre en relació a l'eix longitudinal del segment cuixa, però no paral·lel a aquest sinó a la vora metàl·lica de la llitera [Figura 2, Imatge 6 (I6), Punt G (PG)] i el braç mòbil paral·lel a l'eix longitudinal del segment cama de l'avaluat, posicionant el fulcre en correlació a l'eix de moviment de l'articulació de genoll, registrant-se finalment l'angle entre segment cuixa i cama, el qual mentre més proper estigués a 90 graus (90°) millor rendiment en flexibilitat de quàdriceps donava. Posteriorment, es realitzava el mateix procediment amb el segment contralateral.



**Figure 2.** Modified Thomas Test protocol for quadriceps flexibility

**Figura 2.** Protocol Modified Thomas Test per a flexibilitat de quàdriceps

## Statistical Analysis

The primary data from the flexibility measurements on both muscles studied were first subjected to the Kolmogorov-Smirnov and Levene tests to determine normal distribution and homoscedasticity, respectively. Later, the Cronbach's alpha was estimated in two ways, non-standardised and standardised, with the goal of quantifying the internal consistency of the measurements taken and verify whether the variation among the items (measurements on the scales) had equal variances. Tukey's non-additive F test was used to determine the existence of the additive property of the data, and Hotteling's T<sup>2</sup> test was used to determine whether the measurements of the scales were equal to each other. The level of significance used in all cases was  $\alpha \leq 0.05$ .

## Results

The internal consistency values of the measurements of quadriceps and hamstring flexibility (in general) are shown in *Table 2*. It can be seen that the Cronbach's alpha (non-standardised and standardised) in the right and left quadriceps are the same, which shows that the variances among the items within the scales are equal and that the internal consistency of the scale is high.

The Tukey Test was not significant ( $p > 0.05$ ), which means that the data meet the property of additivity. The T<sup>2</sup> test was highly significant ( $p < 0.005$ ), indicating that the means on the scales are different; that is, the mean on flexibility is higher in the right quadriceps than in the left one. The results on hamstrings are equivalent to the results on quadriceps.

## Anàlisi estadística

Les dades primàries dels mesuraments de flexibilitat, en tots dos músculs estudiats, van ser sotmesos primerament a les proves de Kolmogorov-Smirnov i Levene per determinar distribució normal i homoscedasticitat respectivament. Posteriorment es va estimar l' $\alpha$  de Cronbach en dues formes: no estandarditzada i estandarditzada o tipificada; amb l'objecte de quantificar la consistència interna dels mesuraments realitzats i verificar si les variants entre els ítems (mesuraments dins de les escales) tenien variàncies iguals. Es va emprar la prova F de no additivitat de Tukey per determinar l'existència de la propietat d'additivitat de les dades i la prova de T<sup>2</sup> de Hotteling, amb l'objecte de determinar si les mitjanes de les escales eren iguals entre si. El nivell de significació emprats en tots els casos va ser de  $\alpha \leq 0.05$ .

## Resultats

Els valors de consistència interna dels mesuraments de flexibilitat de quàdriceps i isquiotibials (en general) es presenten en la *taula 2*. S'observa que els valors de l' $\alpha$  de Cronbach (no estandarditzats i estandarditzats) en el quàdriceps dret i esquerre són iguals, la qual cosa mostra que les variàncies entre els ítems dins de les escales són iguals i, a més, mostra que la consistència interna de l'escala és alta.

La prova de Tukey no va ser significativa ( $p > 0.05$ ), la qual cosa significa que les dades compleixen amb la propietat d'additivitat. La prova de T<sup>2</sup> va ser altament significativa ( $p < 0.005$ ), indicant que les mitjanes de les escales són diferents; és a dir, la mitjana de la flexibilitat és superior en el quàdriceps dret que en l'esquerre. Els resultats en isquiotibials són equivalents als de quàdriceps.

Variables	Statistics Estadístics						
	n	Cronbach's alpha $\alpha$ de Cronbach	Cronbach's alpha (standardised) $\alpha$ de Cronbach (tipificada)	Mean Mitjana	SD DE	Non-additivity (F) No additivitat (F)	T <sup>2</sup> F
In general En general							
Right quadriceps   Quàdriceps dret	537	0.877	0.877	71.58	8.74	0.21 (ns)	16.12***
Left quadriceps   Quàdriceps esquerre	537			70.57	8.85		
Right hamstring   Isquiotibial dret	537	0.966	0.966	23.20	7.98	0.82 (ns)	6.75**
Left hamstring   Isquiotibial esquerre	537			22.87	8.09		

(ns):  $p > 0.05$ ; \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ ; \*\*\*:  $p < 0.005$ .

**Table 2.** Internal consistency of the measurements of flexibility of the quadriceps and hamstrings in general

**Taula 2.** Consistència interna dels mesuraments de flexibilitat de quàdriceps i isquiotibials en general



Variables	Statistics Estadígrafs						
	n	Cronbach's alpha α de Cronbach	Cronbach's alpha (standardised) α de Cronbach (tipificada)	Mean Mitjana	SD DE	Non-additivity (F) No additivitat (F)	T <sup>2</sup> F
<i>In general</i> <i>En general</i>							
<i>First   Primera</i>							
Right quadriceps   Quàdriceps dret	187	0.842	0.843	72.55	7.93	1.76 (ns)	3.96*
Left quadriceps   Quàdriceps esquerre				71.67	8.48		
Right hamstring   Isquiotibial dret	187	0.961	0.962	24.21	7.29	2.83 (ns)	11.92***
Left hamstring   Isquiotibial esquerre				23.48	7.64		
<i>Second   Segona</i>							
Right quadriceps   Quàdriceps dret	179	0.919	0.919	71.12	9.22	0.09 (ns)	6.93**
Left quadriceps   Quàdriceps esquerre				70.12	9.33		
Right hamstring   Isquiotibial dret	179	0.968	0.968	22.94	8.74	0.60 (ns)	0.73 (ns)
Left hamstring   Isquiotibial esquerre				22.74	8.92		
<i>Third   Tercera</i>							
Right quadriceps   Quàdriceps dret	170	0.855	0.856	71.04	9.05	0.61 (ns)	5.84*
Left quadriceps   Quàdriceps esquerre				69.87	8.69		
Right hamstring   Isquiotibial dret	170	0.968	0.968	22.40	7.82	1.61 (ns)	0.01 (ns)
Left hamstring   Isquiotibial esquerre				22.37	7.68		
(ns): $p > 0.05$ ; *: $p < 0.05$ ; **: $p < 0.01$ ; ***: $p < 0.005$ .							

**Table 3.** Internal reliability of the measurements of flexibility of the quadriceps and hamstrings in different seasons

The internal consistency values of the measurements of quadriceps and hamstring flexibility taken in different seasons (Table 3) revealed that in all cases both types of Cronbach's alpha estimated are equal or almost equal, which shows that the variances among the items within the scales are also equal. The Tukey Test was not significant in all cases ( $p > 0.05$ ), and therefore the data meet the property of additivity.

The T<sup>2</sup> values were significant ( $p < 0.05$ ) or very significant ( $p < 0.01$  and  $p < 0.005$ ) in all cases, with the exception of the right hamstring in the second and third season, which was not significant ( $p > 0.05$ ). In the cases in which the test was significant, this implies that the means of the values of flexibility compared between left and right quadriceps and hamstrings are higher in the former (Table 3).

The internal constituency (non-adjusted and adjusted) of the measurements of quadriceps and hamstring flexibility (right and left) in the different ages studied are similar to each other, and the interpretation is the same as above.

The values of the Tukey Test in all cases were not significant ( $p > 0.05$ ), which means that the principle of additivity was met, with the exception of the right quadriceps in the Sub-13 age group, where the test was significant ( $p < 0.05$ ) and the values of this

**Taula 3.** Confiabilitat interna dels mesuraments de flexibilitat de quàdriceps i isquiotibials en diferents temporades

Els valors de consistència interna dels mesuraments de flexibilitat de quàdriceps i isquiotibials, mesurats en les diferents temporades (taula 3) va permetre observar que, en tots els casos, tots dos tipus de l'α de Cronbach estimats són iguals o gairebé iguals, la qual cosa mostra que les variàncies entre els ítems dins de les escales també són iguals. La prova de Tukey, en tots els casos, no va ser significativa ( $p > 0.05$ ) i, per tant, les dades compleixen amb la propietat d'additivitat.

Els valors de T<sup>2</sup> van ser significatius ( $p < 0.05$ ) o molt significatius ( $p < 0.01$  i  $p < 0.005$ ) en tots els casos, amb excepció del múscul isquiotibial dret en la segona i tercera temporada que va resultar no significatiu ( $p > 0.05$ ). En els casos en què la prova va ser significativa, el resultat implica que les mitjanes dels valors de la flexibilitat, comparades entre els quàdriceps o isquiotibials drets i esquerres, són superiors en els primers (taula 3).

La consistència interna (no ajustada i ajustada) dels mesuraments de flexibilitat en els quàdriceps i isquiotibials (drets i esquerres) en les diferents edats estudiades són semblants entre si i la interpretació és la mateixa que s'ha plantejat anteriorment.

Els valors de la prova de Tukey, en tots els casos, no va ser significativa ( $p > 0.05$ ), la qual cosa representa que es compleix el principi d'additivitat, amb excepció del quàdriceps dret en l'edat de Sub13, on la prova va ser significativa ( $p < 0.05$ ) i els valors d'aquesta escala

Variables		Statistics						
		Estadístics						
Ages	Edats	n	Cronbach's alpha	Cronbach's alpha	Mean	SD	Non-additivity (F)	T <sup>2</sup> F
			(standardised)					
Sub 18	Right quadriceps   Quàdriceps dret	70	0.930	0.931	74.35	9.60	1.03 (ns)	6.0*
	Left quadriceps   Quàdriceps esquerre	70	0.971	0.972	72.87	10.20	1.29 (ns)	1.5 (ns)
Sub 17	Right quadriceps   Quàdriceps dret	60	0.812	0.818	71.95	6.95	3.11 (ns)	1.13 (ns)
	Left quadriceps   Quàdriceps esquerre	60	0.952	0.952	71.11	8.21	0.76 (ns)	0.16 (ns)
Sub 16	Right quadriceps   Quàdriceps dret	59	0.799	0.804	65.81	8.31	1.90 (ns)	1.55 (ns)
	Left quadriceps   Quàdriceps esquerre	59	0.965	0.965	67.00	9.51	0.61 (ns)	9.14***
Sub 15	Right quadriceps   Quàdriceps dret	67	0.832	0.835	69.52	8.32	1.73 (ns)	2.60 (ns)
	Left quadriceps   Quàdriceps esquerre	67	0.957	0.958	68.20	9.22	0.72 (ns)	0.27 (ns)
Sub 14	Right quadriceps   Quàdriceps dret	75	0.895	0.896	25.32	6.88	0.95 (ns)	2.76 (ns)
	Left quadriceps   Quàdriceps esquerre	75	0.956	0.956	25.54	6.83	1.01 (ns)	0.88 (ns)
Sub 13	Right quadriceps   Quàdriceps dret	64	0.939	0.944	25.23	7.16	6.97*	8.12 (ns)
	Left quadriceps   Quàdriceps esquerre	64	0.946	0.948	68.82	9.88	3.25 (ns)	0.84 (ns)
Sub 12	Right quadriceps   Quàdriceps dret	68	0.777	0.778	67.25	8.51	0.16 (ns)	0.67 (ns)
	Left quadriceps   Quàdriceps esquerre	68	0.962	0.962	75.85	7.10	0.23 (ns)	0.49 (ns)
Sub 11	Right quadriceps   Quàdriceps dret	74	0.721	0.723	15.63	7.19	0.11 (ns)	8.60***
	Left quadriceps   Quàdriceps esquerre	74	0.902	0.902	15.87	7.35	0.04 (ns)	3.31 (ns)

(ns):  $p > 0.05$ ; \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ ; \*\*\*:  $p < 0.005$ .

**Table 4.** Internal consistency of the measurements of flexibility of the quadriceps and hamstrings at different ages

**Taula 4.** Consistència interna dels mesuraments de flexibilitat per a quàdriceps i isquiotibials en equips de diferents edats

scale are multiplicative, which affects the estimate of the Cronbach's alpha, specifically for this scale (Table 4).

Finally, Table 5 shows the estimated results of internal consistency (non-adjusted and adjusted) of the measurements of quadriceps and hamstring flexibility in the different playing positions studied.

In all the cases, the values of the Cronbach's alpha are similar to each other, and the interpretation of this finding is the same as above. The Tukey Test and the T<sup>2</sup> test were not significant ( $p > 0.05$ )

tenen caràcter multiplicatiu, la qual cosa afecta l'estimació de l'α de Cronbach, específicament per a aquesta escala (taula 4).

Finalment, a la taula 5 es presenten els resultats estimats de la consistència interna (no ajustada i ajustada) dels mesuraments de flexibilitat en quàdriceps i isquiotibials (drets i esquerres), en les diferents posicions de joc estudiades.

En tots els casos els valors de l'α de Cronbach són semblants entre si i la interpretació d'aquesta troballa és igual a la que s'ha plantejat anteriorment. La prova de

Variables		Statistics Estadígrafs							
		n	Cronbach's alpha (standardised) α de Cronbach (tipificada)		Mean Mitjana	SD DE	Non-additivity (F) No additivitat (F)	T <sup>2</sup> F	
Player position Posició de joc			Cronbach's alpha α de Cronbach						
Goalkeeper Porter	Right quadriceps   Quàdriceps dret	57	0.808	0.808	72.21	7.44	0.13 (ns)	2.85 (ns)	
	Left quadriceps   Quàdriceps esquerre				70.89	7.19			
Defence Defensa	Right hamstring   Isquiotibial dret	57	0.976	0.976	24.00	8.61	0.29 (ns)	3.03 (ns)	
	Left hamstring   Isquiotibial esquerre				23.38	8.80			
Midfielder Volant	Right quadriceps   Quàdriceps dret	166	0.875	0.875	71.05	9.15	0.32 (ns)	1.76 (ns)	
	Left quadriceps   Quàdriceps esquerre	166	0.964	0.964	70.43	8.90			
	Right hamstring   Isquiotibial dret	166	0.964	0.964	23.77	7.50	0.18 (ns)	0.16 (ns)	
	Left hamstring   Isquiotibial esquerre	166	0.964	0.964	22.74	8.92			
Forward Davant	Right quadriceps   Quàdriceps dret	178	0.884	0.884	72.62	8.89	0.05 (ns)	9.94***	
	Left quadriceps   Quàdriceps esquerre	178	0.963	0.963	71.25	8.98			
	Right hamstring   Isquiotibial dret	178	0.963	0.963	22.95	8.11	0.01 (ns)	0.51 (ns)	
	Left hamstring   Isquiotibial esquerre	178	0.963	0.963	22.79	8.13			
Forward Davant	Right quadriceps   Quàdriceps dret	136	0.887	0.889	70.61	8.47	2.94 (ns)	3.37 (ns)	
	Left quadriceps   Quàdriceps esquerre	136	0.965	0.965	69.72	9.26			
	Right hamstring   Isquiotibial dret	136	0.965	0.965	22.50	8.13	1.19 (ns)	3.34 (ns)	
	Left hamstring   Isquiotibial esquerre	136	0.965	0.965	22.02	8.41			

(ns):  $p > 0.05$ ; \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ ; \*\*\*:  $p < 0.005$ .**Table 5.** Internal consistency of the measurements of flexibility of the quadriceps and hamstrings according to player position**Taula 5.** Confiabilitat interna dels mesuraments de flexibilitat per a quàdriceps i isquiotibials d'acord a posició de joc

in all cases, with the exception of the estimate of the quadriceps in the midfielder position, which was highly significant ( $p < 0.005$ ). This is a sign that in this case alone, the flexibility measurements of this muscle group in the right and left members are different to each other.

## Discussion

In the field of sports, it should be borne in mind that quadriceps and hamstrings are very powerful biarticular muscles with different anatomical, physiological and biomechanical characteristics (Espinoza & Valle, 2014). In the case of football, these muscles are characterised by having a greater risk of injury, especially the hamstrings (Kyoung, Hyung, & Kyoung, 2014; Melegati et al., 2013). According to Makaruk, Makaruk and Sacewicz (2010), the degree of muscular coordination that exists between the strength-flexibility relationship of the lower members is one of the most important factors for athletes, especially when extremely demanding motor actions are performed. However, the core objective of this study was focused on estimating the reliability of the flexibility measurements of the quadriceps and

Tukey i la de  $T^2$ , en tots els casos, no van ser significatives ( $p > 0.05$ ), amb excepció de l'estimació del quàdriceps en la posició de volant que va resultar altament significatiu ( $p < 0.005$ ), la qual cosa mostra, en aquest cas únicament, que les mitjanes de la flexibilitat en aquest grup muscular en membres inferior dret i esquerre són diferents entre si.

## Discussió

En l'àmbit esportiu s'ha de tenir present que quàdriceps i isquiotibials són músculs biarticulats molt potents, amb característiques anatòmiques, fisiològiques i biomecàniques diferents (Espinoza & Valle, 2014). En el cas del futbol aquests músculs es caracteritzen per tenir la major incidència de lesions, especialment els isquiotibials (Kyoung, Hyung, & Kyoung, 2014; Melegati et al., 2013). Segons Makaruk, Makaruk i Sacewicz (2010), el grau de coordinació que existeixi, a nivell muscular entre la relació força - flexibilitat de membres inferiors, és un dels factors més importants per a un esportista; especialment quan es produeixen accions motores de gran exigència. Si bé, l'objectiu central del present estudi es va enfocar en l'estimació de la confiabilitat dels mesuraments de flexibilitat en

hamstrings applied in young football players. The results show bilateral differences between the lower members, even when making comparisons by playing position. In consequence, imbalances in flexibility as well as in strength in the muscle flexion and extension of the knee must be considered a clinical indicator of the likelihood of sports injury, especially in highly demanding sports for the lower members, like football.

In the case of flexibility in sport, the aforementioned imbalance may be a useful tool for different sport science professionals. The determination of reference values that allow objectives to be geared towards physical-sport performance and/or control of ranges of motion during rehabilitations in this field could be an activity that would likely lower the injuries to these muscles, especially when the sport requires asymmetrical motor actions, as football does (Cejudo et al., 2014). In this sense, the flexibility tests applied in this study, characterised by high reliability, are positioned as feasible alternatives to apply in the periodic checks required to measure physical capacities in this sports discipline (Bjelica, Popovic, & Petkovic, 2013; Daneshjoo et al., 2014). However, it should be noted that flexibility is not an important physical capacity for performance in football compared to capacities like strength and speed, so its degree of significance in this discipline should be established by the sports clinical area within the context of the prevention of muscle injuries more than physical performance. For this reason, multidisciplinary work among the professionals on the technical teams is recommended to complement performance and the prevention of injuries in football.

In terms of the validity of the tests applied, the Modified Thomas Test for flexibility of the quadriceps, specifically for the anterior straight quadriceps, shows good validity, endorsed by its frequent use in the sports clinic field (Peeler & Anderson, 2008). In the case of flexibility of the hamstrings, the greatest validity comes from X-rays, but the cost and level of specialisation are quite high, which categorise it as largely unfeasible compared to indirect methods (Ayala et al., 2013). Of the latter, the angular type of tests is more valid than the linear modalities or the Sit and Reach (SAR) Test, as it involves just a single joint (hip or knee). They also have a lower anthropometric influence in contrast to linear tests, which

quadriceps i isquiotibials aplicades en futbolistes joves. Els resultats evidencien diferències bilaterals entre membres inferiors, fins i tot en fer comparacions per lloc de joc. Com a conseqüència, els desequilibris en flexibilitat, així com els de força, per a la musculatura flexoextensora de genoll es van haver de consignar com un indicador clínic de probabilitat de lesió esportiva, especialment en esports d'alta exigència per a membres inferiors com esdevé en el futbol.

En el cas de la flexibilitat a nivell esportiu el desequilibri esmentat, podria constituir una eina útil per a diferents professionals de les ciències de l'esport. La determinació de valors de referència que permetin adreçar objectius cap al rendiment físicoesportiu i/o control de rangs de moviment durant les rehabilitacions en aquest àmbit podria constituir una activitat que tendiria a disminuir les lesions d'aquests músculs; especialment, quan l'activitat esportiva requereix d'accions motores asimètriques, com succeeix en el futbol (Cejudo et al., 2014). En aquest sentit, les proves de flexibilitat aplicades en el present estudi, caracteritzades per una alta confiabilitat, es posicionen com a alternatives factibles d'aplicar en controls periòdics requerits per mesurar capacitats físiques en aquesta disciplina esportiva (Bjelica, Popovic i Petkovic, 2013; Daneshjoo et al., 2014). No obstant això, s'ha d'assenyalar que la flexibilitat no és una capacitat física rellevant per al rendiment esportiu en el futbol, en comparació amb capacitats com la força o velocitat. Per tant, el seu grau de significança en aquesta disciplina hauria de ser establerta per part de l'àrea clínica esportiva, en el context de la prevenció de lesions musculars més que del rendiment físic. Per tant, es recomanaria un treball multidisciplinari entre els professionals que constitueixen els cossos tècnics per complementar rendiment i prevenció de lesions en el futbol.

Quant a la validesa de les proves aplicades, el Modified Thomas Test per a flexibilitat de quadriceps, específicament per al recte anterior de quadriceps, presenta bona validesa, avalada pel freqüent ús que se li dona a l'àrea clínica esportiva (Peeler & Anderson, 2008). En el cas de la flexibilitat en isquiotibials, la major validesa es presentaria en la prova radiològica però amb un cost i nivell d'especialització que la categoritza com a poc assequible en comparació als mètodes indirectes (Ayala et al., 2013). D'aquests últims, els de tipus angular tindrien més validesa en comparació amb les modalitats lineals o Sit and Reach test (SARTest) en implicar una sola articulació (maluc o genoll). També presenten menor influència antropomètrica, en contrast

require the movement of the spinal column and involve the length of the body segments in the measurement. Therefore, because of these factors, their level of validity is moderate. The Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS test) is an improvement over the other variations of the SAR test because it is a unilateral method and decreases lower back discomfort in the forward projection of the trunk; this test has been classified as the most stable and safest of the SAR Tests (Díaz et al., 2003; Quintana & Alburquerque, 2008).

Despite the moderate validity of the SAR Tests, several authors suggest that this modality is the most applicable within the sports physical-clinical area (Ayala & Sainz de Baranda, 2011; López, Sainz, & Rodríguez, 2009; Panteleimon, Panagiotis, & Fotis, 2010). This claim is partly due to the fact that the reliability of goniometric and linear tests for measuring the flexibility of the hamstrings is high (Ayala & Sainz de Baranda, 2011a; Peeler & Anderson, 2008), although there may be differences between the tests based on methodological factors, such as the position of the subject, the recording method and the evaluator's experience (Gyoung & Sung, 2015; Peeler & Anderson, 2008). Within this context, the MBS Test applied in the study showed high reliability, which indicates that the modifications imposed in the execution of the test in terms of the evaluator's procedure and the recording of the results, specified in the materials and methods, are a factor that contributes to the degree of reliability observed, and that these modifications allow influential variables in the measurement to be controlled, such as avoiding flexion of the knee in the leg being measured during the forward projection of the trunk, as placed by the evaluator [*Figure 1: Image 2 (I2), Point C (PC)*], and ensuring that the free leg does not move in abduction by separating it from the bench, thus affecting the performance on the test. In the case of the MT Test for the quadriceps, the modification incorporated into the evaluation was seen in the position of the stationary arm of the goniometer [*Figure 2, Image 6 (I6), Point G (PG)*]. This condition was established to avoid the influence of the transversal section of the thigh, prioritising the position of the leg in correlation to the articular axis of the knee in the measurement.

In football, it has been shown that flexibility is a secondary physical capacity in terms of sports performance, yet it is important in preventing injuries.

amb les proves lineals que requereixen del moviment de columna i involucrarien la longitud dels segments corporals en el mesurament; els quals, per aquests factors, presentarien una validesa moderada, i el Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS test) es posicionaria per sobre altres variants de SAR Test, per ser un mètode unilateral i disminuir les molèsties lumbars durant la projecció anterior de tronc; aquesta prova s'ha destacat com una prova més estable i segura entre els SAR test (Díaz et al., 2003; Quintana i Alburquerque, 2008).

Malgrat la validesa moderada dels SAR Test, diversos autors plantegen que aquesta modalitat és la de major aplicació a l'àrea fisicoclínica esportiva (Ayala & Sainz de Baranda, 2011; López, Sainz, & Rodríguez, 2009; Panteleimon, Panagiotis, & Fotis, 2010). Tal asseveració es deu, en part, al fet que la confiabilitat de les proves goniomètriques i lineals per al mesurament de flexibilitat de isquiotibials és alta (Ayala & Sainz de Baranda, 2011a; Peeler & Anderson, 2008); encara que es planteja que podrien existir diferències entre les proves producte de factors metodològics, tals com la posició de l'avaluat, el mètode de registre, l'experiència de l'avaluador, entre uns altres (Gyoung & Sung, 2015; Peeler & Anderson, 2008). En aquest context, el MBS test aplicat en l'estudi va presentar una alta confiabilitat, la qual cosa permetria indicar que les modificacions imposades en l'execució del test, quant a procediment per part de l'avaluador i registre de la prova, específicament en materials i mètodes, constituïria un factor que contribueix en el grau de confiabilitat observat, entenent-se que aquestes modificacions permetrien controlar variables influents en el mesurament com: evitar la flexió de genoll del segment a mesurar durant la projecció anterior de tronc, en ser fixat per l'avaluador [*Figura 1: Imatge 2 (I2), Punt C (PC)*] i controlar que el segment lliure no es desplaça en abducció, separant-se de la banca, afectant el rendiment de la prova. En el cas del MT Test per quàdriceps la modificació incorporada en l'avaluació es va consignar en el posicionament del braç fix del goniòmetre [*Figura 2, Imatge 6 (I6), Punt G (PG)*]. Tal condició va ser establerta per evitar la influència de l'àrea de secció transversal de cuixa, prioritzant en el mesurament la posició del segment cama en correlació a l'eix articular de genoll.

En el futbol, es va manifestar que la flexibilitat seria una capacitat física secundària quant a rendiment esportiu, però d'importància en la prevenció de lesions. No obstant això, la possibilitat d'aplicar proves diagnòstiques preventives en

However, the possibility of applying preventative diagnostic tests in this matter means choosing alternatives that do not affect the physical-technical planning of the professional team in charge in terms of time, costs and resources. In this sense, this kind of test requires minimal skills by the subject, simple administration, little equipment, low cost and efficiency in conducting a large number of evaluations in a brief period of time. These characteristics allow for a greater scientific and clinical use in the physical-sports area (Ayala & Sainz de Baranda, 2011b; Ayala, Sainz de Baranda, De Ste Croix, & Santoja, 2011; Borrás, Comella, & Cirera, 2007; Kawano, Ambar, Olivera, Boer, & Cardoso, 2010; López, Sainz de Baranda, Yuste, & Rodríguez, 2008; Mayorga, Merino, & Viciano, 2014).

## Conclusions

The Modified Thomas Test (MT Test) for flexibility of the quadriceps and the Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS Test) for flexibility of the hamstrings showed high reliability in male players in the training area of a professional football club when applied for three consecutive seasons.

The reliability established in the study, more than the validity of the MT Test and the MBS Test, along with their characteristics in terms of cost, resources, application and volume of the population to be measured, position these tests as appropriate alternatives to be applied in the training area of professional football clubs for the preventative diagnosis of sports-based muscle injuries.

## Conflict of Interests

No conflict of interest was reported by the authors.

## References | Referències

- Ayala, F., & Sainz de Baranda, P. (2011a). Fiabilidad absoluta de las pruebas sit-and-reach modificado y back saber sit and reach para estimar la flexibilidad isquiosural en jugadores de fútbol sala. *Apunts Medicina de l'Esport*, 46(170): 81-88. doi:10.1016/j.apunts.2011.01.001
- Ayala, F., & Sainz de Baranda, P. (2011b). Reproducibilidad intersección de las pruebas distancia dedos planta y distancia desde el suelo para estimar la flexibilidad isquiosural en jugadores adultos de fútbol sala de primera división. *Revista Andaluza de Medicina del deporte*, 4(2), 47-51.
- Ayala, F., Sainz de Baranda, P., Cejudo, A., & Santoja, F. (2013). Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: des-

cripción de los procedimientos exploratorios y valores de referencia. *Revista Andaluza de Medicina del deporte*, 6(3), 120-128.

Ayala, F., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M., & Santoja, F. (2011). Criterio-related validity of four clinical test used to measure hamstring flexibility in professional futsal players. *Physical Therapy in Sport*, 12(4): 175-181. doi:10.1016/j.ptsp.2011.02.005

Bjelica, D., Popovic, S., & Petkovic, J. (2013). Comparison of instep Licking between preferred and non-preferred leg in young football players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2(1): 5-10.

Borrás, X., Comella, A., & Cirera, E. (2007). Comparación entre la videografía y el método Sit and Reach para la valoración de la flexibilidad isquiotibial en deportistas escolares. *Biomecánica*, 15(1): 38-41.

## Conclusions

El Modified Thomas Test (MT Test) per a flexibilitat de quàdriceps i el Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS test) per a flexibilitat d'isquiotibials van presentar una confiabilitat alta en jugadors masculins de l'àrea formativa d'un club professional de futbol, en aplicar-se durant tres temporades consecutives.

La confiabilitat establerta en l'estudi, més la validesa que presenta el MT Test i el MBS Test, al costat de les característiques quant a cost, recursos, aplicació i volum de població a mesurar en curts períodes de temps, posiciona aquestes proves com a alternatives adequades per aplicar-se a l'àrea formativa de clubs professionals de futbol en el diagnòstic preventiu de lesions musculars esportives.

## Conflicte d'interessos

Les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.

- Brukner, P., Nealon, A., Morgan, C., Burges, D., & Dunn, A. (2014). Recurrent hamstring muscle injury: applying the limited evidence in the professional football setting with a seven-point programme. *British Journal of Sports Medicine*, 48(11), 929-938. doi:10.1136/bjsports-2012-091400
- Carregaro, R., Silva, L., & Gil, H. (2007). Comparison between two clinical tests for the evaluation of posterior thigh muscles flexibility. *Revista Brasileira de Fisioterapia, Sao Carlos*, 11(2), 125-130.
- Cejudo, A., Sainz, P., Ayala, F., & Santonja, F. (2014). Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores senior de balonmano. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 14(2): 111-120. doi:10.4321/S1578-84232014000200012
- Daneshjoo, A., Rahnama, N., Halim, A., & Yusof, A. (2013). Bilateral and unilateral asymmetries of isokinetic strength and flexibility in male Young professional soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 36(1), 45-53. doi:10.2478/hukin-2013-0005
- DeWitt, J., & Vidale, T. (2014). Recurrent hamstring injury: consideration following operative and non-operative management. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(6), 798-812.
- Díaz, C., Droguett, H., Henríquez, J., Troncoso, F., & Escobar, M. (2003). Métodos de medición de la flexibilidad de isquiotibiales. Análisis crítico. *Kinesiología*, 71, 38-45.
- Espinoza, O., & Valle, S. (2014). Composición corporal y el efecto de un programa de fuerza auxiliar para prevenir lesiones en músculos cuádriceps femoral, isquiotibiales y bíceps femoral en jóvenes universitarios futbolistas. *International Journal of Morphology*, 32(3): 1095-1100. doi:10.4067/S0717-95022014000300056
- Gyoung, K., & Sung, H. (2015). Reliability of the modified Thomas test using a lumbo-plevic stabilization. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(2), 447-449. doi:10.1589/jpts.27.447
- Kary, J. (2010). Diagnosis and management of quadriceps strain and contusions. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 3(1-4), 26-31. doi:10.1007/s12178-010-9064-5
- Kawano, M., Ambar, G., Olivera, B., Boer, M., & Cardoso, J. (2010). Influence of the gastrocnemius muscle on the sit-and-reach test assessed by angular kinematic analysis. *Revista Brasileira de Fisioterapia. Sao Carlos*, 14(1), 10-5.
- Kyoung, L., Hyung, N., & Kyoung, J. (2014). Effects on hamstring muscle extensibility, muscle activity, and balance of different stretching techniques. *Journal of Physical Therapy Science*, 26, 209-213. doi:10.1589/jpts.26.209
- López, P., Sáinz, P., & Rodríguez, P. (2009). A comparison of the sit-and-reach test and the back-saber sit-and-reach test in university students. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 116-122.
- López, P., Sainz de Baranda, P., Yuste, J., & Rodríguez, P. (2008). Validez del test sit-and-reach unilateral como criterio de extensibilidad isquiosural. Comparación con otros protocolos. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 3, 87-92.
- Makaruk, H., Makaruk, B., & Sacewicz, T. (2010). The effects of static stretching and isometric strength on hamstring strength and flexibility asymmetry. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 17, 153-156.
- Mayorga, D., Merino, R., & Viciano, J. (2014). Criterion-related validity of sit and reach tests for estimating hamstring and lumbar extensibility: a meta-analysis. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13, 1-14.
- Melegati, G., Tornese, D., Gevi, M., Trabattini, A., Pozzi, G., Schonhuber, H., & Volpi, P. (2013). Reducing muscle injuries and reinjuries in one Italian professional male soccer team. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 3(4), 324-330.
- Mueller, H., Haensel, L., Mithoefer, K., Estrand, J., English, B., McNally, S., ... Ueblacker, P. (2013). Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement. *British Journal of Sports Medicine*, 47(6), 342-350. doi:10.1136/bjsports-2012-091448
- Panteleimon, B., Panagiotis, I., & Fotis, B. (2010). Evaluation of hamstring flexibility by using two different measuring instruments. *Sport-Logia Journal*, 6(2): 28-32. doi:10.5550/sgia.1002028
- Peeler, J., & Anderson, J. (2008). Reliability limits of the Modified Thomas Test for assessing rectus femoris muscle flexibility about the knee joint. *Journal of Athletic Training*, 43(5): 470-476. doi:10.4085/1062-6050-43.5.470
- Quintana, E., & Albuquerque, F. (2008). Evidencia científica de los métodos de evaluación de la elasticidad de la musculatura isquiosural. *Osteopatía Científica*, 3(3): 115-124. doi.org/10.1016/S1886-9297(08)75760-6
- Rogan, S., Wust, D., Schwitter, T., & Schmidbleicher, D. (2013). Static stretching of the hamstring muscle for injury prevention in football codes: a systematic review. *Asian Journal of Sports Medicine*, 4(1): 1-9.
- Schmitt, B., Tyler, T., & McHugh, M. (2012). Hamstring injury rehabilitation and prevention of reinjury using lengthened static eccentric training: a new concept. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(3), 333-341.