

# 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))

# Confiabilidad de pruebas para flexibilidad en futbolistas jóvenes de un club profesional

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> Escuela de Kinesología. Facultad de Salud.

Universidad Bernardo O'Higgins (Santiago, Chile)

<sup>2</sup> Universidad Católica Raúl Silva Henríquez (Santiago, Chile)

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de Chile (Santiago, Chile)

<sup>4</sup> Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología (ULACIT)  
(San José, Costa Rica)

\* Correspondencia: 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,

## Resumen

**Objetivo.** Estimar la confiabilidad de pruebas para medir la flexibilidad de la musculatura flexoextensora de la rodilla, de acuerdo con la temporada, la edad y la posición de juego en jugadores varones del área formativa de un club profesional de fútbol. **Material y métodos.** La medición de la flexibilidad se realizó mediante la aplicación de las pruebas Modified Thomas Test (MT Test) para cuádriceps y el Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS Test) para isquiotibiales. La confiabilidad se estimó mediante el  $\alpha$  de Cronbach. **Resultados.** Ambas pruebas presentaron estimaciones altas de confiabilidad entre temporadas, por categorías de jugadores, puesto de juego y en comparación del rendimiento entre miembro inferior derecho e izquierdo. **Conclusiones.** Ambas pruebas pueden ser aplicadas en deportes colectivos, como acontece en el área formativa de clubes profesionales de fútbol, especialmente, en la prevención de lesiones deportivas, al tener una validez aceptada, presentar una alta confiabilidad de acuerdo con el estudio y además, tener como características: bajo costo, fácil aplicación y medir un volumen importante de personas en breves periodos de tiempo.

**Palabras clave:** test flexibilidad, cuádriceps, isquiotibiales, lesión muscular

## Introducción

La flexibilidad se define como la capacidad de movilizar una o más articulaciones, a través de un rango de movimiento, con el propósito de realizar una acción motora específica. En el caso de los deportes, el grado de flexibilidad requerida estaría supeditado a la especialidad deportiva (Cejudo, Sainz, Ayala, & Santoja,

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

(2014). En el fútbol, Daneshjoo, Rahnama, Halim y Yusof (2013), mencionan que la fuerza y flexibilidad son dos indicadores importantes en el rendimiento físico, en relación con el balance entre miembro inferior dominante y no dominante durante la ejecución de patrones cinemáticos asimétricos, tales como patear el balón, realizar cambios de velocidad o de dirección. Estos indicadores deben ser considerados en la clínica deportiva, puesto que un deportista, con una diferencia significativa de estas capacidades físicas, a nivel de miembros inferiores, incrementaría la probabilidad de cursar con una lesión.

Las lesiones musculares se sitúan entre las de mayor incidencia a nivel deportivo (Muller et al., 2013). En el caso del fútbol, médicos y kinesiólogos refieren que es un problema relevante, tanto a nivel *amateur* como profesional (Melegati et al., 2013), siendo la musculatura flexoextensora de rodilla la que presenta mayor frecuencia y reincidencia de lesión deportiva a nivel de miembros inferiores (Brukner, Nealon, Morgan, Burges, & Dunn, 2014; DeWitt & Vidale, 2014; Espinoza & Valle, 2014; Kary, 2010; Shmitt, Tyler, & McHugh, 2012).

Según Brukner et al. (2014), los diversos factores que influyen en la generación de las lesiones musculares dificultan poder predecirlas con efectividad. Esta situación obliga constantemente a perfeccionar los procesos evaluativos clínicos, así como la aplicación de tests específicos (Brukner et al., 2014). Por otra parte, Rogan, Wust, Schwitter y Schmidtbleicher (2013) promueve la necesidad de la realización sistemática de las evaluaciones de flexibilidad como una de las alternativas preventivas de lesión en el ámbito deportivo.

Las pruebas clínicas que evalúan flexibilidad involucran dos aspectos considerados importantes y que constituyen su objetivo esencial, estos son: rango de movimiento articular y estiramiento muscular (Carregaro, Silva, & Gil, 2007). Ayala, Sainz de Baranda, Cejudo y Santoja (2013), plantean que la valoración de la flexibilidad, en la salud fisicodeportiva, debe ser una actividad habitual; además, la prueba diagnóstica de mayor validez correspondería a la radiológica. Sin embargo, su aplicación en el ámbito científico, clínico y deportivo sería muy limitada debido a su elevado costo y necesidad de personal altamente calificado. Por lo tanto, se requiere de métodos indirectos que presenten adecuados niveles de validez y confiabilidad, pero a su vez contemplen un bajo costo en lo económico y recursos humanos.

Con relación a la validez de las pruebas de flexibilidad para musculatura flexoextensora de rodilla, Peeler y Anderson (2008) plantearon 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) posee dos características positivas: es el de mayor uso en medicina deportiva para medir la flexibilidad del recto anterior de cuádriceps y tiene validez confirmada por diversos textos de medicina deportiva. Con respecto a las pruebas de modalidad Sit-and-Reach Test (SAR Test) para flexibilidad de isquiotibiales, se ha determinado una validez moderada. De estas alternativas la Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS Test), si bien también ha presentado una validez moderada esta ha sido mayor a otras variantes de SAR Test. En cuanto a la confiabilidad de estas pruebas se ha establecido como alta; sin embargo, se produce controversia por las metodologías aplicadas en cuanto a: la posición solicitada al evaluado, la población específica a medir, los puntos de referencias utilizados, el método de registro, experiencia del evaluador, la superficie de medición y el tipo de procedimiento (Díaz, Droguett, Henríquez, Troncoso, & Escobar, 2003; Gyoung & Sung, 2015; Peeler & Anderson, 2008; Quintana & Alburquerque, 2008).

Sin embargo, los estudios de confiabilidad de la flexibilidad para cuádriceps e isquiotibiales en jugadores del área formativa en el fútbol, con enfoque en sus edades y posiciones de juego durante temporadas consecutivas son escasos. Como consecuencia, el propósito del presente estudio se focalizó en determinar la confiabilidad de dos pruebas de flexibilidad para musculatura flexoextensora de rodilla en jugadores varones del área formativa de un club profesional de fútbol: MT Test para cuádriceps y el MBS Test para isquiotibiales, consignándose que la validez de las pruebas es aceptada en el ámbito fisicodeportivo.

## Material y métodos

Este estudio puede ser clasificado como no experimental y transversal.

*Muestra.* La muestra estuvo constituida solo por jugadores varones del área formativa de un club profesional de fútbol, inscritos oficialmente entre las temporadas 2013 al 2015. Estos se clasificaban en ocho categorías de acuerdo a su año de nacimiento, determinándose planteles desde la Sub 11 (11 años) a la Sub 18 (18 y 19 años). La descripción de los estadígrafos descriptivos de la muestra se presenta en la *tabla 1*.

*Consideraciones éticas.* Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación (CEI) de la Universidad Bernardo O'Higgins en el año 2013. Tanto al jugador, como al tutor legal, se les informó de las actividades de cada plantel acerca de su plan formativo, obteniendo la autorización correspondiente (consentimiento y

Category Categoría	Total Sample Muestra total				2011 Season Temporada 2011				2012 Season Temporada 2012				2013 Season Temporada 2013							
	TN NT	Height Talla	SD DE	Weight Peso	SD DE	n	Height Talla	SD DE	Weight Peso	SD DE	n	Height Talla	SD DE	Weight Peso	SD DE	n	Height Talla	SD DE	Weight Peso	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: número total de personas; n: tamaño de la muestra; talla (media en metros); peso (media en kilogramos); DE: desviación estándar.

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

**Tabla 1.** Estadígrafos descriptivos media y desviación estándar de la talla y peso en cada por temporada y en cada categoría 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

asentimiento informado) para ejecutar los objetivos establecidos por temporada, dentro de los cuales se incorporaron las pruebas de flexibilidad para cuádriceps e isquiotibiales (descritas más adelante), como parte de la batería de tests técnico - físicos anuales en el área formativa de un club profesional de fútbol.

**Criterios de exclusión.** Se descartó a todo jugador que en el momento de la prueba tuviera una lesión deportiva de cualquier índole, que afectara el calentamiento físico o ejecución del test; alguna condición patológica (respiratoria, intestinal, entre otras) que hubiese alterado el entrenamiento regular los días previos a la medición o el reintegro reciente a las prácticas regulares post tratamiento terapéutico, con un periodo igual o menor a dos semanas.

**Pruebas para medir flexibilidad.** El estudio consideró una medición anual de todas las categorías, la que fue realizada a mitad de temporada. Para la medición de flexibilidad en cuádriceps se empleó la prueba Modified Thomas Test (MT Test); y para los isquiotibiales la prueba Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS Test). La prueba MT Test tiene validez confirmada y la prueba MBS Test una validez moderada (Peeler & Anderson, 2008). Ambas tienen una confiabilidad alta que puede estar influida por varios factores (Díaz et al., 2003; Gyoung & Sung, 2015; Quintana & Albuquerque, 2008; Peeler & Anderson, 2008).

**Diseño.** Las mediciones de flexibilidad se realizaron en un ambiente cerrado y climatizado (camarín). Se aplicó un calentamiento dirigido por un preparador físico, en un área colindante, con enfoque en activación orgánica gradual (trote, cambios de dirección, estimulación propioceptiva), movilidad articular general y elongación predominantemente balística de miembros inferiores. El calentamiento tuvo una duración inferior a 15 minutos,

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).

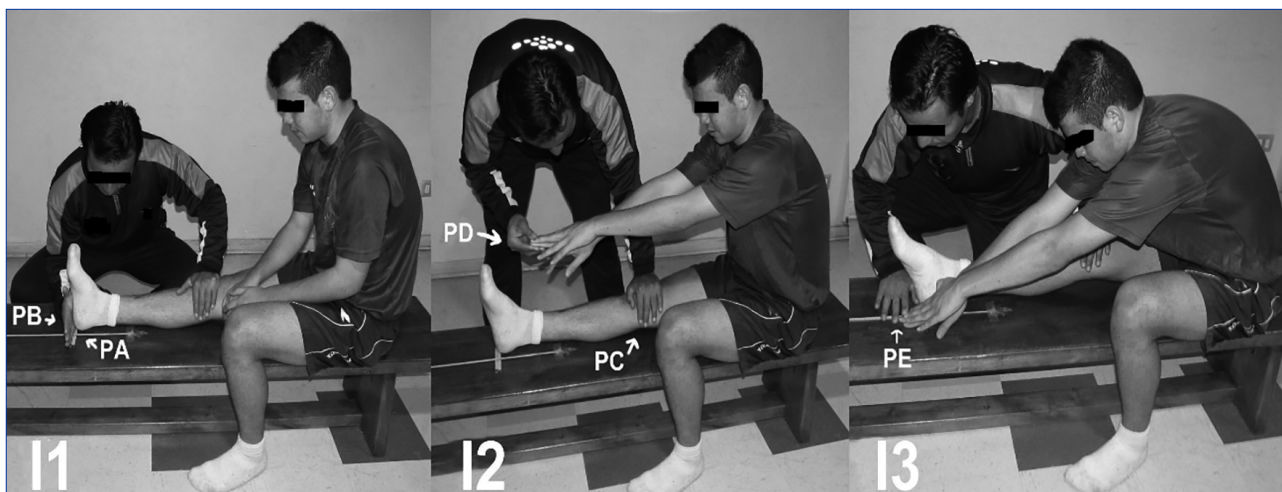
In the execution of the test, the evaluator was always located next to the lower member being measured, positioning the palm of his hand further from the subject, parallel to the 20-cm line, in order to establish the point of support of the subject's heel

similar al tiempo requerido en entrenamientos o competencias. Las mediciones fueron realizadas por el equipo de kinesiólogos del club (tres profesionales), quienes aplicaban las pruebas a los equipos que tenían a cargo durante cada temporada, para finalmente reunir toda la información en un solo registro. El equipo de kinesiólogos fue sometido a un entrenamiento acerca de la forma correcta de las mediciones exigidas por las pruebas aplicadas, de manera previa a cada fase de evaluaciones por temporada.

### Procedimiento

*MBS Test para isquiotibiales.* Se aplicó el procedimiento elaborado por Sai-Chuen Hui, descrito por Díaz et al. (2003), con relación a materiales y posición del evaluado. Implementándose en el presente estudio el accionar más específico por parte del evaluador y la forma de registro de los resultados. La metodología completa de la prueba se describe a continuación. Se utilizó una banca sueca de 34 cm de ancho, 350 cm de largo y 32 cm de alto. Al centro de la banca se colocó una cinta adhesiva de papel, de 2 cm de ancho, perpendicular al eje longitudinal de la banca y en su centro se trazó una línea marcada con lápiz tinta, siguiendo el sentido de la cinta adhesiva. En esta línea, se posicionó la marca de 20 cm de la cinta métrica (2m Stanley®), la cual se ubicó al centro y en el sentido del eje longitudinal de la banca, quedando adherida a la superficie con cinta adhesiva de papel y con la medida 0 cm proximal a la zona donde el evaluado se sentaba [Figura 1: Imagen 1 (II), Punto A (PA)]. El protocolo de la prueba se explicó antes y durante la evaluación, primero en forma grupal y posteriormente de manera individual. Completada la fase de calentamiento, el evaluado se posicionaba sobre la banca (descalzo), comenzándose siempre con la evaluación del miembro inferior derecho. Se verificaba el entendimiento de la prueba por parte del evaluado y se procedía a medir solo un intento por cada miembro inferior. Se permitió un segundo intento: si el jugador no mantenía la posición final a lo menos un segundo; modificaba la posición del miembro inferior libre separando el segmento del borde de la banca o no mantenía la posición de sus manos, durante la proyección de tronco para tocar la cinta métrica (variables de control implementadas y exigidas en el presente estudio).

En la ejecución de la prueba, el evaluador se situó siempre al costado del miembro inferior a medir, posicionando la palma de su mano, más distal con respecto al evaluado, paralela a la línea de los 20 cm, con el propósito de establecer el punto de apoyo del talón del



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

**Figura 1.** Protocolo adaptado en MBS Test para flexibilidad de 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

sujeto [Figure 1: Imagen 1, Punto B (PB)]. El evaluado, en posición sedente, puso su talón dejando la cinta métrica visible y a medial, respecto al miembro inferior a medir. Determinada la posición inicial, el evaluador ubicó su mano más proximal al evaluado, sobre la rodilla del miembro inferior a medir [Figure 1: Imagen 2 (I2), Punto C (PC)] y con la otra mano, liberada después de marcar la posición del talón, pinzó los dedos medios de las manos del evaluado, quien colocó libremente una palma sobre el dorso de la otra mano [Figure 1: Imagen 2 (I2), Punto D (PD)]. El dedo medio inferior fue el punto de contacto final con la cinta métrica ubicada sobre la banca [Figure 1: Imagen 3 (I3), Punto E (PE)].

La visión del evaluador se centró en el miembro inferior libre para supervisar que este no se moviera durante la prueba, segmento que debía estar siempre con la planta del pie apoyada en el suelo, rodilla en 90° y alguna zona de su lado medial en contacto con el borde de la banca, evitando el movimiento en abducción durante la prueba.

Cuando el evaluado alcanzó la máxima proyección anterior de tronco y miembros superiores, la mano del evaluador que acompañó el movimiento de los dedos pinzados, los soltó y con uno de sus dedos marcó la distancia alcanzada por el jugador [Figure 1: Imagen 3 (I3), Punto E (PE)], registrándose el valor correspondiente. Posteriormente, se repitió el mismo procedimiento con el segmento contralateral. En cuanto al registro, se consignó la distancia alcanzada por el evaluado con número positivo, a diferencia del protocolo original en el que se solicitaba indicar con número negativo los valores por

asked to indicate 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.

debajo de los 20 cm, correspondientes a la medida donde se ubicaba el talón del jugador [Figura 1: Imagen 1 (II), Punto A (PA)]. Determinándose que a mayor número obtenido mejor rendimiento en flexibilidad de isquiotibiales por parte del jugador, a menor registro el efecto inverso.

**MT Test para cuádriceps.** Se aplicó el procedimiento descrito por Peeler y Anderson (2008), modificándose en el presente estudio solo la posición del brazo fijo del goniómetro para el registro de la medida en grados. El protocolo completo se describe a continuación. Como materiales se requirió una camilla y un goniómetro (Carci®). En cuanto a protocolo de ejecución se solicitó al evaluado sentarse sobre la camilla, por uno de sus extremos, mientras el evaluador constataba que el segmento pierna del jugador quedara separado del borde de la camilla, a lo menos un puño [Figura 2, Imagen 4 (I4), Punto F (PF)]. A continuación, el evaluado adquiría la posición decúbito supino, llevando el miembro inferior contrario a la medición en dirección al pecho con flexión de cadera y rodilla, sujetándolo con ambas manos [Figura 2, Imagen 5 (I5)]. Finalmente, el evaluador se ubicó para medir el ángulo de rodilla, posicionando el brazo fijo del goniómetro en relación al eje longitudinal del segmento muslo, pero no paralelo a este si no al borde metálico de la camilla [Figura 2, Imagen 6 (I6), Punto G (PG)] y el brazo móvil paralelo al eje longitudinal del segmento pierna del evaluado, posicionando el fulcro en correlación al eje de movimiento de la articulación de rodilla, registrándose finalmente el ángulo entre segmento muslo y pierna, el cual mientras más cercano estuviera a 90 grados (90°) mejor rendimiento en flexibilidad de cuádriceps se consignaba. Posteriormente, se realizaba el mismo procedimiento con el segmento contralateral.



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

**Figura 2.** Protocolo Modified Thomas Test para flexibilidad de cuádriceps

## 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 Hotelling's  $T^2$  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  $T^2$  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.

## Análisis estadístico

Los datos primarios de las mediciones de flexibilidad, en ambos músculos estudiados, fueron sometidos primeramente a las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Levene para determinar distribución normal y homoscedasticidad respectivamente. Posteriormente se estimó  $\alpha$  de Cronbach en dos formas: no estandarizada y estandarizada o tipificada; con el objeto de cuantificar la consistencia interna de las mediciones realizadas y verificar si las varianzas entre los ítems (mediciones dentro de las escalas) tenían varianzas iguales. Se empleó la prueba F de no aditividad de Tukey para determinar la existencia de la propiedad de aditividad de los datos y la prueba de  $T^2$  de Hotteling, con el objeto de determinar si las medias de las escalas eran iguales entre sí. El nivel de significación empleados en todos los casos fue de  $\alpha \leq 0.05$ .

## Resultados

Los valores de consistencia interna de las mediciones de flexibilidad de cuádriceps e isquiotibial (en general) se presentan en la *tabla 2*. Se observa que los valores del  $\alpha$  de Cronbach (no estandarizados y estandarizados) en el cuádriceps derecho e izquierdo son iguales, lo cual muestra que las varianzas entre los ítems dentro de las escalas son iguales y, además, muestra que la consistencia interna de la escala es alta.

La prueba de Tukey no fue significativa ( $p > 0.05$ ), lo cual significa que los datos cumplen con la propiedad de aditividad. La prueba de  $T^2$  fue altamente significativa ( $p < 0.005$ ), indicando que las medias de las escalas son diferentes; es decir, la media de la flexibilidad es mayor en el cuádriceps derecho que en el izquierdo. Los resultados en isquiotibiales son equivalentes a los de cuádriceps.

Variables	Statistics Estadígrafos						
	n	Cronbach's alpha $\alpha$ de Cronbach	Cronbach's alpha (standardised) $\alpha$ de Cronbach (tipificada)	Mean Media	SD DE	Non-additivity (F) No aditividad (F)	$T^2$ F
In general En general		0.877	0.877				
Right quadriceps   Cuádriceps derecho	537	0.877	0.877	71.58	8.74	0.21 (ns)	16.12***
Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo	537			70.57	8.85		
Right hamstring   Isquiotibial derecho	537	0.966	0.966	23.20	7.98	0.82 (ns)	6.75**
Left hamstring   Isquiotibial izquierdo	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

**Tabla 2.** Consistencia interna de las mediciones de flexibilidad de cuádriceps e isquiotibial en general



Variables	Statistics Estadígrafos						
	n	Cronbach's alpha $\alpha$ de Cronbach	Cronbach's alpha (standardised) $\alpha$ de Cronbach (tipificada)	Mean Media	SD DE	Non-additivity (F) No aditividad (F)	T <sup>2</sup> F
<i>In general En general</i>							
<i>First   Primera</i>							
Right quadriceps   Cuádriceps derecho	187	0.842	0.843	72.55	7.93	1.76 (ns)	3.96*
Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				71.67	8.48		
Right hamstring   Isquiotibial derecho	187	0.961	0.962	24.21	7.29	2.83 (ns)	11.92***
Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				23.48	7.64		
<i>Second   Segunda</i>							
Right quadriceps   Cuádriceps derecho	179	0.919	0.919	71.12	9.22	0.09 (ns)	6.93**
Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				70.12	9.33		
Right hamstring   Isquiotibial derecho	179	0.968	0.968	22.94	8.74	0.60 (ns)	0.73 (ns)
Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				22.74	8.92		
<i>Third   Tercera</i>							
Right quadriceps   Cuádriceps derecho	170	0.855	0.856	71.04	9.05	0.61 (ns)	5.84*
Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				69.87	8.69		
Right hamstring   Isquiotibial derecho	170	0.968	0.968	22.40	7.82	1.61 (ns)	0.01 (ns)
Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				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

**Tabla 3.** Confiabilidad interna de las mediciones de flexibilidad de cuádriceps e isquiotibiales en diferentes temporadas

Los valores de consistencia interna de las mediciones de flexibilidad de cuádriceps e isquiotibial, medidos en las diferentes temporadas (tabla 3) permitió observar que, en todos los casos, ambos tipos de  $\alpha$  de Cronbach estimados son iguales o casi iguales, lo cual muestra que las varianzas entre los ítems dentro de las escalas también son iguales. La prueba de Tukey, en todos los casos, no fue significativa ( $p > 0.05$ ) y, por tanto, los datos cumplen con la propiedad de aditividad.

Los valores de T<sup>2</sup> fueron significativos ( $p < 0.05$ ) o muy significativos ( $p < 0.01$  y  $p < 0.005$ ) en todos los casos, con excepción del músculo isquiotibial derecho en la segunda y tercera temporada que resultó no significativo ( $p > 0.05$ ). En los casos en que la prueba fue significativa, el resultado implica que las medias de los valores de la flexibilidad, comparadas entre los cuádriceps o isquiotibial derechos e izquierdos, son mayores en los primeros (Tabla 3).

La consistencia interna (no ajustada y ajustada) de las mediciones de flexibilidad en los cuádriceps e isquiotibial (derechos e izquierdos) en las diferentes edades estudiadas son semejantes entre sí y la interpretación es la misma que se ha planteado anteriormente.

Los valores de la prueba de Tukey, en todos los casos, no fue significativa ( $p > 0.05$ ), lo que representa que se cumple el principio de aditividad, con excepción del cuádriceps derecho en la edad de Sub 13 años, donde la prueba fue significativa ( $p < 0.05$ ) y los valores de

Variables		Statistics						
		Estadígrafos						
Ages			Cronbach's alpha (standardised)	Cronbach's alpha	Mean	SD	Non-additivity (F)	
Edades		n	α de Cronbach (tipificada)	α de Cronbach	Media	DE	No aditividad (F)	T <sup>2</sup> F
Sub 18	Right quadriceps   Cuádriceps derecho	70	0.930	0.931	74.35	9.60	1.03 (ns)	6.0*
	Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				72.87	10.20		
	Right hamstring   Isquiotibial derecho	70	0.971	0.972	26.95	8.37	1.29 (ns)	1.5 (ns)
	Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				26.54	8.00		
Sub 17	Right quadriceps   Cuádriceps derecho	60	0.812	0.818	71.95	6.95	3.11 (ns)	1.13 (ns)
	Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				71.11	8.21		
	Right hamstring   Isquiotibial derecho	60	0.952	0.952	25.09	7.01	0.76 (ns)	0.16 (ns)
	Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				25.25	7.36		
Sub 16	Right quadriceps   Cuádriceps derecho	59	0.799	0.804	65.81	8.31	1.90 (ns)	1.55 (ns)
	Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				67.00	9.51		
	Right hamstring   Isquiotibial derecho	59	0.965	0.965	26.53	7.64	0.61 (ns)	9.14***
	Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				25.39	7.93		
Sub 15	Right quadriceps   Cuádriceps derecho	67	0.832	0.835	69.52	8.32	1.73 (ns)	2.60 (ns)
	Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				68.20	9.22		
	Right hamstring   Isquiotibial derecho	67	0.957	0.958	25.32	6.88	0.72 (ns)	0.27 (ns)
	Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				25.14	7.17		
Sub 14	Right quadriceps   Cuádriceps derecho	75	0.895	0.896	69.18	7.29	0.95 (ns)	2.76 (ns)
	Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				68.29	7.80		
	Right hamstring   Isquiotibial derecho	75	0.956	0.956	25.54	6.83	1.01 (ns)	0.88 (ns)
	Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				25.23	7.16		
Sub 13	Right quadriceps   Cuádriceps derecho	64	0.939	0.944	68.82	9.88	6.97*	8.12 (ns)
	Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				67.25	8.51		
	Right hamstring   Isquiotibial derecho	64	0.946	0.948	23.33	6.37	3.25 (ns)	0.84 (ns)
	Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				22.98	7.03		
Sub 12	Right quadriceps   Cuádriceps derecho	68	0.777	0.778	76.67	7.38	0.16 (ns)	0.67 (ns)
	Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				75.85	7.10		
	Right hamstring   Isquiotibial derecho	68	0.962	0.962	15.63	7.19	0.23 (ns)	0.49 (ns)
	Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				15.87	7.35		
Sub 11	Right quadriceps   Cuádriceps derecho	74	0.721	0.723	75.26	6.49	0.11 (ns)	8.60***
	Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				73.29	5.86		
	Right hamstring   Isquiotibial derecho	74	0.902	0.902	18.05	5.26	0.04 (ns)	3.31 (ns)
	Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				17.38	5.19		

(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

**Tabla 4.** Consistencia interna de las mediciones de flexibilidad para cuádriceps e isquiotibiales en equipos de diferentes edades

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 ( $p > 0.05$ ) in all

esta escala tienen carácter multiplicativo, lo cual afecta la estimación del  $\alpha$  de Cronbach, específicamente para esta escala (Tabla 4).

Por último, en la tabla 5 se presentan los resultados estimados de la consistencia interna (no ajustada y ajustada) de las mediciones de flexibilidad en cuádriceps e isquiotibial (derechos e izquierdos), en las diferentes posiciones de juego estudiadas.

En todos los casos los valores del  $\alpha$  de Cronbach son semejantes entre sí y la interpretación de este hallazgo es igual al planteado anteriormente. La prueba de Tukey

Variables		Statistics Estadígrafos							
		n	Cronbach's alpha (standardised)		Mean Media	SD DE	Non-additivity (F) No aditividad (F)	T <sup>2</sup> F	
Player position Posición de juego	$\alpha$ de Cronbach (tipificada)		Cronbach's alpha $\alpha$ de Cronbach						
Goalkeeper Arquero	Right quadriceps   Cuádriceps derecho	57	0.808	0.808	72.21	7.44	0.13 (ns)	2.85 (ns)	
	Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				70.89	7.19			
Arquero	Right hamstring   Isquiotibial derecho	57	0.976	0.976	24.00	8.61	0.29 (ns)	3.03 (ns)	
	Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				23.38	8.80			
Defence Defensa	Right quadriceps   Cuádriceps derecho	166	0.875	0.875	71.05	9.15	0.32 (ns)	1.76 (ns)	
	Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				70.43	8.90			
Defensa	Right hamstring   Isquiotibial derecho	166	0.964	0.964	23.77	7.50	0.18 (ns)	0.16 (ns)	
	Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				22.74	8.92			
Midfielder Volante	Right quadriceps   Cuádriceps derecho	178	0.884	0.884	72.62	8.89	0.05 (ns)	9.94***	
	Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				71.25	8.98			
Volante	Right hamstring   Isquiotibial derecho	178	0.963	0.963	22.95	8.11	0.01 (ns)	0.51 (ns)	
	Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				22.79	8.13			
Forward Delantero	Right quadriceps   Cuádriceps derecho	136	0.887	0.889	70.61	8.47	2.94 (ns)	3.37 (ns)	
	Left quadriceps   Cuádriceps izquierdo				69.72	9.26			
Delantero	Right hamstring   Isquiotibial derecho	136	0.965	0.965	22.50	8.13	1.19 (ns)	3.34 (ns)	
	Left hamstring   Isquiotibial izquierdo				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**Tabla 5.** Confiabilidad interna de las mediciones de flexibilidad para cuádriceps e isquiotibiales de acuerdo a posición de juego

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

y la de T<sup>2</sup>, en todos los casos, no fueron significativas ( $p > 0.05$ ), con excepción de la estimación del cuádriceps en la posición de volante que resultó altamente significativo ( $p < 0.005$ ), muestra de que, en este caso únicamente, las medias de la flexibilidad en este grupo muscular en miembros inferior derecho e izquierdo son diferentes entre sí.

## Discusión

En el ámbito deportivo se debe tener presente que cuádriceps e isquiotibiales, son músculos biarticulares muy potentes, con características anatómicas, fisiológicas y biomecánicas diferentes (Espinoza & Valle, 2014). En el caso del fútbol estos músculos se caracterizan por tener la mayor incidencia de lesiones, especialmente los isquiotibiales (Kyoung, Hyung, & Kyoung, 2014; Melegati et al., 2013). Según Makaruk, Makaruk y Sacewicz (2010), el grado de coordinación que exista, a nivel muscular entre la relación fuerza – flexibilidad de miembros inferiores, es uno de los factores más importantes para un deportista; especialmente cuando se producen acciones motoras de gran exigencia. Si bien, el objetivo central del presente estudio se enfocó en la estimación de la confiabilidad de las mediciones de flexibilidad 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

cuádriceps e isquiotibiales aplicadas en futbolistas jóvenes. Los resultados evidencian diferencias bilaterales entre miembros inferiores, incluso al hacer comparaciones por puesto de juego. Como consecuencia, los desbalances en flexibilidad, así como los de fuerza, para la musculatura flexoextensora de rodilla se tuvieron que consignar como un indicador clínico de probabilidad de lesión deportiva, especialmente en deportes de alta exigencia para miembros inferiores como acontece en el fútbol.

En el caso de la flexibilidad a nivel deportivo el desbalance mencionado, podría constituir una herramienta útil para distintos profesionales de las ciencias del deporte. La determinación de valores de referencia que permitan direccionar objetivos hacia el rendimiento fisicodeportivo y/o control de rangos de movimiento durante las rehabilitaciones en este ámbito podría constituir una actividad que tendería a disminuir las lesiones de estos músculos; en especial, cuando la actividad deportiva requiere de acciones motoras asimétricas, como sucede en el fútbol (Cejudo et al., 2014). En este sentido, las pruebas de flexibilidad aplicadas en el presente estudio, caracterizadas por una alta confiabilidad, se posicionan como alternativas factibles de aplicar en controles periódicos requeridos para medir capacidades físicas en esta disciplina deportiva (Bjelica, Popovic, & Petkovic, 2013; Daneshjoo et al., 2014). Sin embargo, se debe consignar que la flexibilidad no es una capacidad física relevante para el rendimiento deportivo en el fútbol, en comparación a capacidades como la fuerza o velocidad, por lo que su grado de significancia en esta disciplina debiera ser establecida por parte del área clínica deportiva, en el contexto de la prevención de lesiones musculares más que del rendimiento físico. Por dicha razón, se recomendaría un trabajo multidisciplinario entre los profesionales que constituyen los cuerpos técnicos para complementar rendimiento y prevención de lesiones en el fútbol.

En cuanto a la validez de las pruebas aplicadas, el Modified Thomas Test para flexibilidad de cuádriceps, específicamente para el recto anterior de cuádriceps, presenta buena validez, avalada por el frecuente uso que se le da en el área clínica deportiva (Peeler & Anderson, 2008). En el caso de la flexibilidad en isquiotibiales, la mayor validez se presentaría en la prueba radiológica pero con un costo y nivel de especialización que la categoriza como poco asequible en comparación con los métodos indirectos (Ayala et al., 2013). De estos últimos, los de tipo angular tendrían mayor validez en relación con las modalidades lineales o Sit and Reach test (SAR Test) al implicar una sola articulación (cadera o rodilla). También presentan menor influencia antropométrica, en contraste

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.

con las pruebas lineales que requieren del movimiento de columna e involucrarían la longitud de los segmentos corporales en la medición; las cuales, por estos factores, presentarían una validez moderada, y el Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS test) se posicionaría por sobre de otras variantes de SAR Test, por ser un método unilateral y disminuir las molestias lumbares durante la proyección anterior de tronco; dicha prueba se ha clasificado como más estable y segura entre los SAR test (Díaz et al., 2003; Quintana & Alburquerque, 2008).

A pesar de la validez moderada de los SAR Test, varios autores plantean que esta modalidad es la de mayor aplicación en el área fisicoclínica deportiva (Ayala & Sainz de Baranda, 2011; López, Sainz, & Rodríguez, 2009; Panteleimon, Panagiotis, & Fotis, 2010). Tal aseveración, se debe, en parte, al hecho de que la confiabilidad de las pruebas goniométricas y lineales para la medición de flexibilidad de isquiotibiales es alta (Ayala & Sainz de Baranda, 2011a; Peeler & Anderson, 2008), aunque se plantea que podrían existir diferencias entre las pruebas producto de factores metodológicos, tales como la posición del evaluado, el método de registro, la experiencia del evaluador, entre otros (Gyoung & Sung, 2015; Peeler & Anderson, 2008). En este contexto, el MBS test aplicado en el estudio presentó una alta confiabilidad, lo que permitiría indicar que las modificaciones impuestas en la ejecución del test, en cuanto a procedimiento por parte del evaluador y registro de la prueba, especificado en materiales y métodos, constituirían un factor que contribuye en el grado de confiabilidad observada, entendiéndose que estas modificaciones permitirían controlar variables influyentes en la medición como: evitar la flexión de rodilla del segmento a medir durante la proyección anterior de tronco, al ser fijado por el evaluador [*Figura 1: Imagen 2 (I2), Punto C (PC)*] y controlar que el segmento libre no se desplace en abducción, separándose de la banca, afectando el rendimiento de la prueba. En el caso del MT Test para cuádriceps la modificación incorporada en la evaluación se consignó en el posicionamiento del brazo fijo del goniómetro [*Figura 2, Imagen 6 (I6), Punto G (PG)*]. Dicha condición fue establecida para evitar la influencia del área de sección transversal de muslo, priorizando en la medición la posición del segmento pierna en correlación al eje articular de rodilla.

En el fútbol, se manifestó que la flexibilidad sería una capacidad física secundaria en cuanto a rendimiento deportivo, pero de importancia en la prevención de lesiones. Sin embargo, la posibilidad de aplicar pruebas

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 | Referencias

- 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 inter-sesión 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-

diagnósticas preventivas en esta materia implica seleccionar alternativas que no afecten, por ejemplo, la planificación fisicotécnica del equipo profesional a cargo en cuanto tiempo, costos y recursos. En este sentido, este tipo de pruebas requiere: habilidades mínimas por parte del evaluado, una administración sencilla, poco equipamiento, bajo costo y eficiencia en evaluaciones a gran escala en breves periodos de tiempo. Estas características permitirán una mayor utilización científica y clínica en el área fisicodeportiva (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).

## Conclusiones

El Modified Thomas Test (MT Test) para flexibilidad de cuádriceps y el Modified Back-Saber Sit-and-Reach Test (MBS test) para flexibilidad de isquiotibiales presentaron una confiabilidad alta en jugadores masculinos del área formativa de un club profesional de fútbol, al aplicarse durante tres temporadas consecutivas.

La confiabilidad establecida en el estudio, más la validez que presenta el MT Test y el MBS Test, junto a las características en cuanto a costo, recursos, aplicación y volumen de población a medir en cortos periodos de tiempo, posiciona estas pruebas como alternativas adecuadas para aplicarse en el área formativa de clubes profesionales de fútbol en el diagnóstico preventivo de lesiones musculares deportivas.

## Conflicto de intereses

Las autorías no han comunicado ningún conflicto de intereses.

- 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.

- 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., Strand, J., English, B., McNally, S., ... Uebliacker, 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.