

Estudio descriptivo y comparativo de la fuerza, extensibilidad muscular y cinemática en deportistas semiprofesionales

Descriptive and comparative study of muscle strength, muscle extensibility and kinematics in semi-professional athletes

Torres-Aceña O^a, Jiménez-del-Barrio S^b, Mingo-Gómez MT^b, Ceballos-Laita L^b

^a Ejercicio libre de la profesión. Soria. España

^b Departamento de Cirugía, Oftalmología, Otorrinolaringología y Fisioterapia. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Valladolid. Valladolid. España

Correspondencia:

Luis Ceballos-Laita
Luis.cebillos@uva.es

Recibido: 25 febrero 2020

Aceptado: 13 marzo 2020

RESUMEN

Introducción: la identificación de factores de riesgo de lesión es un aspecto crucial en los deportistas semi-profesionales. Existe una falta de estudios que valoren la función muscular y biomecánica que identifique la funcionalidad del miembro inferior en las disciplinas con mayor prevalencia de lesión. *Objetivo:* comparar las características funcionales y biomecánicas del miembro inferior en deportistas semiprofesionales de las disciplinas de atletismo, balonmano y fútbol. *Material y método:* se incluyeron 51 deportistas semiprofesionales de las disciplinas de balonmano (Grupo BM), atletismo (Grupo A) y fútbol (Grupo FT). Se valoró la fuerza muscular de los músculos de la cadera y rodilla, la extensibilidad muscular de los flexores, abductores y extensores de cadera y las variables cinemáticas del ángulo transversal de la pelvis y del ángulo Q en la pierna dominante (PD) y no dominante (PND). *Resultados:* el grupo BM mostró una mayor fuerza en todos los grupos musculares de forma estadísticamente significativa ($p < 0,05$). El grupo BM mostró una mayor extensibilidad muscular en los isquiosurales y abductores en comparación con el grupo FT ($p < 0,05$). No se encontraron diferencias en las variables cinemáticas ($p > 0,05$), salvo en el ángulo Q de la PND donde el grupo BM mostró menor movimiento en comparación con el grupo FT ($p < 0,05$). *Conclusión:* el grupo BM mostró los valores más altos de fuerza muscular, de extensibilidad de los isquiosurales y abductores y los valores más bajos de ángulo transversal de la pelvis. El grupo FT mostró los valores más bajos de fuerza muscular, de extensibilidad muscular de los músculos abductores e isquiosurales, y la menor estabilidad del ángulo Q.

Palabras clave: fuerza, cinemática, lesión, deporte.

ABSTRACT

Introduction: the identification of risk factors for injuries is an important aspect of semi-professional athletes. There is a lack of studies that assess the muscular and biomechanical function that identifies the functionality of the lower limb in sports with the highest prevalence of injury. *Objective:* to compare functional and biomechanical characteristics of the lower limb in semi-professional athletes, handball and football players. *Material and method:* 51 semi-professional athletes (A group), handball (BM group) and football (FT group) players were included. Hip and knee muscle strength, extensibility of hip flexors, abductors and extensors muscles, and kinematic variables were measured in the dominant and non-dominant lower limb. *Results:* BM group showed greater strength in all

muscle groups statistically significantly ($p < 0.05$). BM group showed greater muscle extensibility in the hamstrings and abductors compared to the FT group ($p < 0.05$). No differences were found in the kinematic variables ($p > 0.05$) except in the angle of the non-dominant lower limb, where the BM group showed less movement compared to the FT group ($p < 0.05$). Conclusion: BM group showed the highest values of muscular strength extensibility of the hamstrings and abductors and the lowest values of the transverse angle of the pelvis. FT group showed the lowest values of muscular strength, muscular extensibility and the abductors and hamstrings muscles and the lower stability of the Q angle.

Keywords: *strength, kinematics, injury, sport*

INTRODUCCIÓN

La realización de actividad física ha demostrado numerosos beneficios para la salud, pero su práctica no está exenta de riesgos. Los deportes de alta intensidad son los que plantean un mayor riesgo de lesión, principalmente en las extremidades inferiores⁽¹⁾.

Se ha descrito que los deportes de alta intensidad como el fútbol, balonmano y atletismo son los que más prevalencia de lesiones presentan, siendo al menos el 10 % de las personas que practican estas modalidades deportivas las que sufren una lesión durante su carrera deportiva^(1, 2). Estas lesiones ocurren principalmente en hombres, en alguna región del miembro inferior y sin contacto⁽²⁾.

Son lesiones que pueden tener un efecto relevante para la salud y para otras facetas como la deportiva, social, laboral y/o educativa, y suponer un aumento de los costes para el sistema sanitario. Por ello, identificar sus factores de riesgo es un aspecto crucial para el diseño de programas de prevención y promoción de salud⁽¹⁾.

Se han descrito como principales factores de riesgo el sobrepeso y el Índice de Masa Corporal (IMC), la función muscular (fuerza y extensibilidad muscular) y la biomecánica del miembro inferior^(3, 4). Estos factores de riesgo pueden interactuar entre sí, predisponiendo al miembro inferior a diferentes lesiones⁽⁴⁾. Sin embargo, gran parte de la literatura se basa principalmente en la medición aislada de la fuerza como predictor de lesiones de las extremidades inferiores, lo cual resulta insuficiente para realizar una valoración clínica completa o para determinar factores predictores de lesiones del miembro inferior^(5, 6).

En base a lo descrito anteriormente, se evidencia la falta de estudios comparativos que relacionen las dife-

rentes pruebas clínicas de valoración de la función muscular y biomecánica que identifiquen las características funcionales del miembro inferior en las disciplinas con mayor prevalencia de lesión. Por ello, el objetivo del presente estudio fue comparar 3 poblaciones de deportistas semiprofesionales de las disciplinas de atletismo, balonmano y fútbol, en cuanto a las características funcionales y biomecánicas del miembro inferior para conocer aspectos específicos de cada una de ellas.

MATERIAL Y MÉTODO

Tipo de estudio

Se diseñó un estudio descriptivo y comparativo, que se realizó acorde a los principios éticos de las normas de la Declaración de Helsinki (Fortaleza 2013) de la Asociación Médica Mundial, en su actualización de 2016 de Taipei. Todos los voluntarios fueron informados del procedimiento y firmaron el consentimiento informado. Este estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigaciones Clínicas de Aragón (CEICA), obteniendo el ID único PI19/207.

La población de este estudio fueron hombres que practicaran una modalidad deportiva de atletismo, balonmano o fútbol. El estudio se realizó en 3 centros privados de la localidad de Soria. Para el reclutamiento de la muestra se realizaron peticiones de forma verbal en los diferentes centros.

Los criterios de inclusión establecidos fueron: hombres con edad comprendida entre 18 y 30 años, que practicaran de forma semiprofesional alguna de las modalidades deportivas descritas previamente con al menos

3 días de entrenamiento semanal de duración mínima de 1,5 horas, y que no presentaran síntomas en el miembro inferior en los últimos 3 meses^(7, 8).

Los criterios de exclusión fueron la presencia de síntomas e historia de cirugía previa en el miembro inferior, signos o síntomas de lesión meniscal, ligamentosa o inestabilidad en alguna de las articulaciones del miembro inferior, presencia de Osgood-Schlatter, obesidad, sedentarismo o menos de 3 días de entrenamiento semanal, lesión de larga duración y otras comorbilidades, como afecciones cardiovasculares o respiratorias, que pudieran impactar potencialmente en la evaluación de la fuerza y potencia muscular, falta de comprensión de la evaluación y falta de capacidad en el cambio de posiciones^(3, 7-9).

Procedimiento

Tras la lectura, comprensión, firma y entrega del consentimiento informado, se llevó a cabo la recogida de variables sociodemográficas, entre las que se incluyeron: talla, peso, IMC, sexo, edad, tipo de deporte que realizaba, días y horas de entrenamiento semanal, superficie de entrenamiento, años practicando el deporte, pierna dominante (PD) y pierna no dominante (PND).

Posteriormente se registraron las variables dependientes, que fueron la fuerza muscular de flexión, extensión, abducción (ABD), aducción (ADD) y rotación interna (RI) y externa de cadera (RE) y de la flexión y extensión de la rodilla, la extensibilidad muscular de los músculos flexores, extensores y abductores de cadera, y las variables cinemáticas de equilibrio transversal de la pelvis y ángulo Q durante el gesto funcional de sentadilla.

A continuación, se describen las variables dependientes y las herramientas de medición.

Variables de estudio y herramientas de medición

Fuerza muscular

La medición de la fuerza muscular se realizó con el dinamómetro manual digital Lafayette Modelo-01165⁽⁷⁾, mostrando los resultados obtenidos en kilogramos, lle-

vándose a cabo en todos los planos de movimiento tanto para la musculatura de la cadera, como para la de la rodilla, obteniéndose los valores de fuerza para los músculos flexores, extensores, ABD, ADD y rotadores de la cadera y los flexores y extensores de la rodilla, siguiendo el protocolo descrito por Mentiplay y cols. que ha mostrado un coeficiente de correlación intraclass (CCI) entre 0,76 y 0,95⁽⁷⁾. Antes de la medición de la fuerza de cada grupo muscular se permitió a los participantes que realizaran una contracción submáxima de prueba. Después, los participantes realizaron 2 contracciones máximas voluntarias para cada grupo muscular, mientras se les daba un estímulo verbal constante. Cada contracción se mantuvo 3 segundos, con un descanso de al menos 1 minuto entre repeticiones del mismo grupo muscular y se guardó el valor más alto de las dos mediciones^(10, 11).

La medición de la fuerza muscular en cada uno de los ejes de movimiento se realizó de la siguiente manera^(7, 11). Para la valoración de la fuerza de los flexores de cadera se colocó al paciente en sedestación con una flexión de cadera y rodilla de 90°. El dinamómetro se colocó en la cara anterior del muslo, 5 cm por encima del borde superior de la rótula. En esta misma posición se valoró la RI y la RE de la cadera colocando el dinamómetro 5 cm próxima al maléolo lateral y al maléolo medial, respectivamente. Para la valoración de los músculos flexores y extensores de rodilla, de nuevo en sedestación, se colocó el dinamómetro 5 cm por encima de la mortaja tibio-peronea por la parte ventral y dorsal, respectivamente. Para la valoración de los músculos ABD y ADD se colocó al paciente en decúbito supino en posición anatómica y el dinamómetro se colocó 5 cm proximal al maléolo lateral para el registro de la abducción, y 5 cm proximal al maléolo medial para el registro de la aducción. Finalmente, para la medición de la extensión de cadera se colocó al paciente en decúbito prono en posición anatómica y el dinamómetro en la cara posterior de la tibia, 5 cm proximal a la articulación tibio-tarsiana.

Extensibilidad muscular

La medición de la extensibilidad muscular se realizó utilizando un inclinómetro digital. Cada test de extensibilidad muscular se realizó un total de 3 veces,

obteniéndose como resultado final la media de las 3 mediciones.

Se midió la extensibilidad de los flexores de cadera, principalmente del recto anterior, mediante el test de Ely. Este procedimiento ha mostrado un CCI de 0,83 y se basa en realizar una flexión pasiva de rodilla hasta que la pelvis comienza a moverse. Dependiendo de los autores, se considera una falta de extensibilidad muscular, si el talón no llega al contacto con el glúteo⁽¹²⁾, o si no existen al menos 128° de flexión de rodilla^(13, 14).

Se midió la extensibilidad de los ABD de cadera mediante el test de Ober modificado. Este procedimiento ha mostrado un CCI de 0,82 y se basa en la cuantificación de los grados que el miembro inferior es capaz de recorrer en aducción neutra sin que se mueva la pelvis. Se considera una disminución de la extensibilidad si el miembro inferior no sobrepasa la línea media, registrándose como valor negativo⁽¹⁵⁾.

Se midió la extensibilidad de los isquiosurales mediante el *Active Knee Extension Test* (AKE). Este procedimiento ha mostrado un CCI de 0,91 y se basa en la extensión de la rodilla de forma activa con el pie en flexión plantar desde una posición de 90° de flexión de cadera^(16, 17).

Variables cinemáticas

Para la medición de las variables cinemáticas se utilizó el Software 2D Kinovea (versión 0.8.15). Dentro de las variables cinemáticas, se realizó una valoración ángulo transversal de la pelvis y del ángulo Q.

Para llevar a cabo la recolección de datos con el sistema 2D se identificaron puntos de referencia anatómicos con marcadores reflectantes en la piel del sujeto (figura 1). La cámara se colocó a una altura de 1,2 metros del suelo y a una distancia de 2,4 metros del participante, obteniendo imágenes del plano frontal. Este protocolo ha mostrado un CCI de 0,92⁽¹⁸⁾.

Los participantes realizaron 3 sentadillas unipodales en cada pierna, para lo que recibieron instrucciones verbales estandarizadas sobre el desempeño de la sentadilla unipodal⁽¹⁹⁾ y se permitieron hasta 3 ensayos de práctica por pierna. Los participantes debían mirar a un punto fijo previamente establecido, cruzar los brazos sobre el pecho y pararse en la pierna que estaba siendo testada con la rodilla opuesta flexionada 90° aproximadamente. Después se les pidió que realizaran una sentadilla lo más profunda posible manteniendo el equilibrio y que volvieran a la posición inicial^(19, 20).

Para cada prueba, se crearon 2 imágenes fijas en el plano frontal (una en posición bípeda y otra en posición de sentadilla máxima). En cada imagen fija, se midieron los ángulos de las articulaciones en la pelvis, cadera, rodilla y tobillo, utilizando los marcadores reflectantes y se calculó el desplazamiento de la articulación entre la posición bípeda y la sentadilla. Todos los ángulos fueron medidos por el mismo examinador⁽²⁰⁾.

La medición del ángulo transversal de la pelvis se realizó midiendo el ángulo formado entre las espinas ilíacas anterosuperiores (EIAS) y el fémur de forma longitudinal. Se registró la diferencia entre la posición bípeda estática y la posición de sentadilla profunda máxima. La medición del ángulo Q se realizó mediante el ángulo creado entre



FIGURA 1. Medición de las variables cinemáticas. 1: colocación de marcadores; 2: colocación de la cámara; 3. ángulo Q estático; 4: ángulo Q dinámico; 5: ángulo transversal de la pelvis estático; 6: ángulo transversal de la pelvis dinámico.

la intersección de la línea longitudinal entre la EIAS y el centro de la rótula y la línea longitudinal entre el centro de la rótula y la tuberosidad tibial anterior. Se registró la diferencia entre el valor del ángulo Q en bipedestación y en posición de sentadilla máxima⁽²⁰⁾.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SPSS versión 20.0 para Windows (IBM, SPSS, Chicago, IL, USA). El análisis descriptivo incluyó la media (M) y la desviación típica (DT) para resumir las características de los participantes para todas las variables continuas. Se evaluó la normalidad de las variables utilizando la prueba Shapiro-Wilk antes del análisis comparativo. El análisis comparativo para estudiar las diferencias entre los 3 grupos se realizó utilizando el análisis de la varianza (ANOVA). Para el análisis *post hoc*, en el caso de que existieran diferencias entre los grupos, se utilizó el estadístico de corrección de Bonferroni para la comparación por pares. El valor de la significación estadística se estableció al 0,05 con un 95 % de intervalo de confianza y un p-valor < 0,05 considerado como estadísticamente significativo.

RESULTADOS

Se incluyeron en el estudio 51 deportistas semiprofesionales de entre 18 y 30 años pertenecientes a los deportes de balonmano (Grupo BM, n = 14), fútbol (Grupo FT, n = 21) y atletismo de pruebas combinadas (Grupo A, n = 16). La edad media fue de 22,20 (3,29) años, el IMC medio fue de 23,26 (1,97) kg/cm², la media de días de entrenamiento fue de 4,73 (0,82) días con una media de 9,65 (2,14) horas de entrenamiento semanales. No hubo diferencias estadísticamente significativas en los principales parámetros sociodemográficos estudiados entre los 3 grupos (p > 0,05).

Los principales resultados del análisis comparativo entre grupos y entre PD y PND se muestran en la tabla 1. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza de la cadera en todos los planos entre los 3 grupos. El grupo BM fue el que mostró una

mayor fuerza muscular de todos los grupos musculares valorados tanto en la PD como en la PND:

- En los músculos flexores comparado con el grupo FT (PD: Δ 12,09; 8,90 a 15,30; p < 0,001; PND: Δ 16,71; 13,24 a 20,18; p < 0,001), y con el grupo A (PD: Δ 4,46; 1,07 a 7,86; p = 0,006; PND: Δ 9,01; 5,34 a 12,70; p < 0,001).
- En los músculos extensores comparado con el grupo FT (PD: Δ 11,90; 8,78 a 15,03; p < 0,001; PND: Δ 10,09; 7,03 a 13,16; p < 0,001), y con el grupo A (PD: Δ 7,32; 4,00 a 10,64; p < 0,001; PND: Δ 6,48; 3,23 a 9,74; p < 0,001).
- En los músculos ABD comparado con el grupo FT (PD: Δ 9,00; 6,45 a 11,55; p < 0,001; PND: Δ 6,21; 4,36 a 8,07; p < 0,001), y con el grupo A (PD: Δ 8,09; 5,39 a 10,79; p < 0,001; PND: Δ 4,98; 3,01 a 6,95; p < 0,001).
- En los músculos ADD comparado con el grupo FT (PD: Δ 4,57; 2,32 a 6,82; p < 0,001; PND: Δ 5,52; 3,36 a 7,69; p < 0,001), y con el grupo A (PD: Δ 3,71; 1,33 a 6,10; p = 0,001; PND: Δ 4,59; 2,31 a 6,89; p < 0,001).
- En los RI comparado con el grupo FT (PD: Δ 2,16; 0,51 a 3,82; p = 0,006; PND: Δ 1,57; 0,02 a 3,12; p = 0,045);
- En los RE comparado con el grupo FT (PD: Δ 4,73; 2,87 a 6,60; p < 0,001; PND: Δ 4,35; 2,46 a 6,26; p < 0,001), y con el grupo A (PD: Δ 3,21; 1,24 a 5,19; p = 0,001; PND: Δ 3,09; 1,08 a 5,12; p = 0,001).

En relación a la extensibilidad muscular, el grupo BM mostró una mayor extensibilidad muscular en los isquiosurales en comparación con el grupo FT (PD: Δ 15,21 (4,78 a 25,64; p = 0,002; PND: Δ 12,42 (0,97 a 23,88; p = 0,029) y en los ABD en comparación con el grupo FT (PD: Δ 4,92 (0,04 a 9,95; p = 0,049; PND: Δ 5,29 (0,63 a 11,23; p = 0,023)). No se mostraron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo BM y el grupo A para los isquiosurales, ni para ABD y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos para la extensibilidad del recto anterior.

No se mostraron diferencias entre los 3 grupos en el ángulo transversal de la pelvis ni en el ángulo Q de la rodilla, salvo en el ángulo Q de la PND donde el grupo BM mostró diferencias estadísticamente significativas al ser comparado con el grupo FT en la PND (Δ -5,95 (-11,73 a -0,17; p = 0,041).

TABLA 1. Criterios de selección.

Variables de estudio	Grupo FT (n = 21) Media (DT)	p-valor	Grupo BM (n = 14) Media (DT)	p-valor	Grupo A (n = 16) Media (DT)	p-valor	p-valor entre grupos
Fuerza muscular (Kg)							
Flexores PD	11,62 (1,39)	0,258	23,71 (3,32)	< 0,001	19,25 (5,71)	0,787	F = 47,03 p < 0,001
Flexores PND	11,43 (1,65)		28,14 (4,09)		19,13 (6,02)		F = 71,75 p < 0,001
Extensores PD	12,76 (1,01)	0,576	24,57 (4,60)	0,026	17,25 (4,79)	0,006	F = 44,58 p < 0,001
Extensores PND	12,76 (1,09)		22,86 (4,45)		16,38 (4,73)		F = 33,36 p < 0,001
Abductores PD	10,71 (1,58)	0,019	19,71 (4,26)	0,001	11,63 (3,03)	0,468	F = 42,91 p < 0,001
Abductores PND	10,14 (1,49)		16,36 (2,73)		11,38 (2,39)		F = 36,35 p < 0,001
Aductores PD	10,14 (1,87)	0,258	14,71 (3,47)	0,391	11,00 (2,63)	0,312	F = 13,46 p < 0,001
Aductores PND	9,76 (2,14)		15,29 (2,89)		10,69 (2,65)		F = 21,51 p < 0,001
Rotadores internos PD	8,90 (1,67)	0,733	11,07 (1,65)	0,303	10,00 (2,39)	0,136	F = 5,37 p = 0,008
Rotadores internos PND	9,00 (1,48)		10,57 (1,60)		9,69 (2,30)		F = 3,17 p = 0,051
Extensibilidad muscular (°)							
AKE PD	140,43 (11,24)	0,752	155,64 (11,77)	0,121	144,69 (13,66)	0,688	F = 6,67 p = 0,003
AKE PND	141,00 (14,08)		153,43 (15,30)		145,31 (10,28)		F = 3,63 p = 0,034
Ober PD	-2,81 (3,85)	0,723	2,14 (7,44)	0,431	2,06 (6,41)	0,353	F = 4,37 p = 0,018
Ober PND	-2,57 (4,16)		3,36 (7,95)		0,56 (6,67)		F = 3,93 p = 0,026

Ely PD	108,24 (8,63)	0,249	108,43 (12,29)	0,292	105,19 (11,17)	0,030	F = 0,48 p = 0,619
Ely PND	109,90 (7,27)		109,50 (14,05)		109,75 (6,45)		F = 0,01 p = 0,992
Variables cinemáticas (°)							
Ángulo transversal PD	17,52 (3,82)	0,393	16,21 (5,63)	0,347	16,56 (4,53)	0,663	F = 0,39 p = 0,679
Ángulo transversal PND	16,24 (5,24)		14,43 (4,43)		17,31 (7,37)		F = 0,93 p = 0,400
Ángulo Q PD	5,81 (5,76)	0,025	6,57 (6,66)	0,191	7,81 (5,96)	0,707	F = 0,49 p = 0,614
Ángulo Q PND	10,10 (8,50)		4,14 (4,43)		8,44 (5,68)		F = 3,32 p = 0,044

DT: Desviación típica; PD: Pierna dominante; PND: Pierna no dominante; Kg: Kilogramos; (°): grados de movimiento; FT: Fútbol; BM: Balonmano; A: Atletismo; AKE: Active Knee Extension Test (Test de Extensión de Rodilla Activa); F: estadístico de Fisher-Snedecor.

Con respecto a los resultados intragrupo el grupo BM mostró diferencias estadísticamente significativas entre la PD y la PND, mostrando la PD mayor fuerza muscular en los músculos flexores, extensores y ABD ($p < 0,05$).

DISCUSIÓN

El presente estudio contó con 51 hombres deportistas semiprofesionales de 3 disciplinas deportivas. Las variables sociodemográficas y el número de sujetos incluidos por grupo fue similar a los mostrados por otros autores^(3, 7, 9, 10, 12, 20-22).

El grupo BM fue el grupo que mostró mayor fuerza muscular en los músculos de la cadera y de la rodilla tanto en la PD como en la PND en comparación con los grupos A y FT. Los valores de fuerza mostrados por el grupo BM fueron similares a los descritos en la bibliografía para este grupo poblacional^(10, 11, 23), a excepción de la fuerza de RI que fue menor⁽²⁴⁾. La disminución de la fuerza de RI se ha relacionado con posibles alteraciones musculoesqueléticas en la región pélvica, las cuales son frecuentes en esta modalidad deportiva según estudios previos⁽²⁵⁾.

Los grupos A y FT mostraron una menor fuerza en general de forma estadísticamente significativa. Además, los resultados recogidos en este estudio son inferiores a los mostrados por otros autores^(7, 10). La disminución de la fuerza muscular se ha mostrado relacionada con una peor función biomecánica del miembro inferior y con un aumento en el riesgo de sufrir roturas musculares de cuádriceps, isquiotibiales e incluso con lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla^(26, 27).

El grupo BM mostró los valores más altos de extensibilidad en los músculos isquiosurales y en los músculos abductores. Estos valores fueron estadísticamente mayores que los mostrados por el grupo FT. No hubo diferencias estadísticamente significativas en la extensibilidad del recto anterior entre los 3 grupos.

La disminución de la extensibilidad de la musculatura isquiosural se ha mostrado relacionada con un mayor riesgo de ruptura sin contacto de esta misma musculatura. Esta lesión isquiotibial es la que más prevalencia presenta en el fútbol^(13, 28). En relación con la disminución de la extensibilidad de los músculos abductores no se

han encontrado estudios que hayan valorado previamente la extensibilidad de esta musculatura en deportistas semiprofesionales.

A pesar de no existir diferencias estadísticamente significativas en la extensibilidad del recto femoral entre los 3 grupos, los valores medios alcanzados son clasificados como una disminución de la extensibilidad muscular⁽¹²⁾ y son menores a los descritos por otros autores^(12, 29). Esta disminución de la extensibilidad muscular del recto femoral puede deberse a los gestos repetitivos de flexión de cadera que realizan los deportistas de estas disciplinas, y se ha mostrado frecuente en futbolistas⁽⁶⁾. La disminución de la extensibilidad del recto femoral se ha mostrado relacionada con patologías como la rotura de cuádriceps, con una menor capacidad de generar fuerza de flexión de cadera e incluso con irritaciones del nervio femoral⁽⁶⁾.

Con respecto a las variables cinemáticas medidas con el software 2D Kinovea, el grupo BM fue el que mostró menor variación en el ángulo transversal de la pelvis durante la sentadilla, por lo que se considera que fue el grupo más estable. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en las variables de fuerza y extensibilidad muscular, ya que mayores valores de fuerza muscular y valores de extensibilidad muscular adecuada parecen mostrar una cinemática más estable durante gestos funcionales^(7, 10, 15).

Por el contrario, el grupo FT fue el que mostró una mayor variabilidad en el ángulo Q de la rodilla durante la realización de la sentadilla, por lo que fue el grupo menos estable. Estos hallazgos se han descrito como uno de los principales factores de riesgo para las lesiones de rodilla sin contacto, las lesiones más prevalentes en el deporte del fútbol⁽³⁰⁾. Estos resultados concuerdan con los valores obtenidos de fuerza, ya que fue el grupo que menos fuerza mostró en el miembro inferior, y con los valores de extensibilidad muscular, ya que mostró menor extensibilidad de los músculos flexores y abductores de cadera.

Este estudio presenta una serie de limitaciones que deben ser consideradas. Con respecto a la selección de la muestra, solo se seleccionaron deportistas hombres semiprofesionales de edades comprendidas entre los 18 y los 30 años, lo que no permite extrapolar los datos a otros deportistas con edad y sexo diferentes. Además, el número de sujetos incluido en cada grupo es reducido

y podría no ser suficientemente representativo de la población, por lo que la validez externa del estudio es muy limitada. Por otro lado, el diseño transversal de este estudio no permite la asociación causa-efecto de las diferencias encontradas en los resultados ya que no se realizó un seguimiento de los sujetos.

Deberían desarrollarse futuras investigaciones con el objetivo de presentar valores que puedan ser clasificados como normativos para las diferentes variables estudiadas. Además del estudio de grupos más amplios, incluyendo deportistas mujeres, en otras disciplinas deportivas y un diseño metodológico que permita el seguimiento de los sujetos en el tiempo para poder hacer asociaciones causales.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio comparativo reflejan que deportistas hombres semiprofesionales del grupo BM muestran valores más altos de fuerza muscular de los músculos flexores, extensores, abductores, aductores y rotadores de cadera y de flexores y extensores de rodilla, valores más altos de extensibilidad de la musculatura isquiosural y abductora y los valores más bajos de ángulo transversal de la pelvis durante el gesto de sentadilla respecto a deportistas de las disciplinas de fútbol y atletismo de las mismas categorías profesionales. También se muestra que el grupo FT mostró los valores más bajos de fuerza muscular en los músculos de la cadera y rodilla, la menor extensibilidad muscular de los músculos abductores e isquiosurales, y la menor estabilidad del ángulo Q respecto a los otros grupos de las mismas categorías profesionales.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Protección de personas y animales. Los procedimientos que se han seguido en este estudio cumplen los principios básicos de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, actualizada en 2013 en Fortaleza (Brasil) y complementada con la Declaración de Taipei, de 2016 sobre las consideraciones éticas sobre las bases de datos de salud y los biobancos.

Confidencialidad y consentimiento informado.

Los autores declaran ser los responsables de llevar a cabo los protocolos establecidos por sus respectivos centros para evaluar a los sujetos incluidos en el estudio con finalidad de investigación y divulgación científica y garantizan que se ha cumplido la exigencia de haber informado a todos los sujetos del estudio, que han obtenido su consentimiento informado por escrito para participar en el mismo y que están en posesión de dichos documentos.

Confidencialidad de los datos y derecho a la privacidad. Los autores declaran que los datos obtenidos cumplen la normativa de protección de datos de carácter personal, que se ha cumplido con la garantía de la privacidad de los datos de los participantes en esta investigación y manifiestan que el trabajo publicado no incumple la normativa de protección de datos de carácter personal, protegiendo la identidad de los sujetos en la redacción del texto, y no se utilizan nombres, ni iniciales, ni números de historia clínica del hospital (o cualquier otro tipo de dato para la investigación que pudiera identificar al paciente).

Conflicto de intereses. Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Financiación. Este estudio fue financiado por la Cátedra de Conocimiento e Innovación de la Caja Rural de Soria.

Contribución de autoría. Todos los autores de este estudio cumplen con los criterios de autoría habiendo contribuido intelectualmente al desarrollo, redacción, supervisión y revisión del estudio y han tenido acceso completo a su contenido, y han aprobado la versión final presentada. Los autores asumen la plena responsabilidad pública del contenido del presente artículo.

Limitaciones de responsabilidad. Los autores declaran que los puntos de vista expresados en el artículo son de su exclusiva responsabilidad y no de la institución en la que trabajan o de la fuente de financiación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Leppänen M, Aaltonen S, Parkkari J, Heinonen A, Kujala UM. Interventions to Prevent Sports Related Injuries: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials. *Sport Med.* 2014 Apr 27; 44(4): 473–86.
2. Tahirbegolli B, Diñçer Ş, Gözübüyük ÖB, Değirmenci U, Yildiz S, Vehid S. Athlete presentations and injury frequency by sport at a sports medicine university clinic. *J Sports Med Phys Fitness.* 2018 Nov; 58(11): 1676–80.
3. Paul DJ, Nassis GP, Whiteley R, Marques JB, Kenneally D, Chalabi H. Acute responses of soccer match play on hip strength and flexibility measures: potential measure of injury risk. *J Sports Sci.* 2014 Aug 9; 32(13): 1318–23.
4. Risberg MA, Steffen K, Nilstad A, Myklebust G, Kristianslund E, Moltubakk MM, et al. Normative Quadriceps and Hamstring Muscle Strength Values for Female, Healthy, Elite Handball and Football Players. *J Strength Cond Res.* 2018 May; 32(8): 2314–23.
5. Liporaci RF, Saad MC, Bevilaqua-Grossi D, Riberto M. Pre-season intrinsic risk factors—associated odds estimate the exposure to proximal lower limb injury throughout the season among professional football players. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2018 May 30; 4(1): e000334.
6. Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Idoate F, Myer GD. Rectus femoris muscle injuries in football: a clinically relevant review of mechanisms of injury, risk factors and preventive strategies. *Br J Sports Med.* 2013 Apr; 47(6): 359–66.
7. Mentiplay BF, Perraton LG, Bower KJ, Adair B, Pua Y-H, Williams GP, et al. Assessment of Lower Limb Muscle Strength and Power Using Hand-Held and Fixed Dynamometry: A Reliability and Validity Study. *PLoS One.* 2015 Oct 28; 10(10): e0140822.
8. Nunes GS, de Oliveira Silva D, Pizzari T, Serrão FV, Crossley KM, Barton CJ. Clinically measured hip muscle capacity deficits in people with patellofemoral pain. *Phys Ther Sport.* 2019 Jan; 35: 69–74.
9. Jackson SM, Cheng MS, Smith AR, Kolber MJ. Intrarater reliability of hand held dynamometry in measuring lower extremity isometric strength using a portable stabilization device. *Musculoskelet Sci Pract.* 2017 Feb; 27: 137–41.
10. Romero-Franco N, Jiménez-Reyes P, Montaña-Munuera JA. Validity and reliability of a low-cost digital dynamometer for measuring isometric strength of lower limb. *J Sports Sci.* 2017 Nov; 35(22): 2179–84.

11. Thorborg K, Petersen J, Magnusson SP, Hölmich P. Clinical assessment of hip strength using a hand-held dynamometer is reliable. *Scand J Med Sci Sports*. 2009 Jun 23; 20(3): 493–501.
12. Peeler J, Anderson JE. Reliability of the Ely's test for assessing rectus femoris muscle flexibility and joint range of motion. *J Orthop Res*. 2008 Jun; 26(6): 793–9.
13. Fousekis K, Tsepis E, Poulmedis P, Athanasopoulos S, Vagenas G. Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *Br J Sports Med*. 2011 Jul; 45(9): 709–14.
14. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med*. 2003 Jan; 31(1): 41–6.
15. Wang T-G, Jan M-H, Lin K-H, Wang H-K. Assessment of Stretching of the Iliotibial Tract With Ober and Modified Ober Tests: An Ultrasonographic Study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006 Oct; 87(10): 1407–11.
16. Neto T, Jacobsohn L, Carita AI, Oliveira R. Reliability of the active-knee-extension and straight-leg-raise rests in subjects with flexibility deficits. *J Sport Rehabil*. 2015 Dec 3; 24(4): pii: 2014-0220.
17. Reurink G, Goudswaard GJ, Oomen HG, Moen MH, Tol JL, Verhaar JAN, et al. Reliability of the Active and Passive Knee Extension Test in Acute Hamstring Injuries. *Am J Sports Med*. 2013 Aug 4; 41(8): 1757–61.
18. Emamvirdi M, Letafatkar A, Khaleghi Tazji M. The Effect of Valgus Control Instruction Exercises on Pain, Strength, and Functionality in Active Females With Patellofemoral Pain Syndrome. *Sport Heal A Multidiscip Approach*. 2019 May 29; 11(3): 223–37.
19. Weeks BK, Carty CP, Horan SA. Kinematic predictors of single-leg squat performance: a comparison of experienced physiotherapists and student physiotherapists. *BMC Musculoskelet Disord*. 2012 Dec 25; 13(1): 207.
20. Schurr SA, Marshall AN, Resch JE, Saliba SA. Two-Dimensional video analysis is comparable to 3D motion capture in lower extremity movement assessment. *Int J Sports Phys Ther*. 2017 Apr; 12(2):163–72.
21. Ferber R, Kendall KD, McElroy L. Normative and critical criteria for iliotibial band and iliopsoas muscle flexibility. *J Athl Train*. Jul-Aug 2010; 45(4): 344–8.
22. Mosler AB, Crossley KM, Thorborg K, Whiteley RJ, Weir A, Serner A, et al. Hip strength and range of motion: Normal values from a professional football league. *J Sci Med Sport*. 2017 Apr; 20(4): 339–43.
23. Charlton PC, Drew MK, Mentiplay BF, Grimaldi A, Clark RA. Exercise Interventions for the Prevention and Treatment of Groin Pain and Injury in Athletes: A Critical and Systematic Review. *Sport Med*. 2017 Oct 12; 47(10): 2011–26.
24. Hermassi S, Chelly M, Wagner H, Fieseler G, Schulze S, Delank K-S, et al. Relationships between maximal strength of lower limb, anthropometric characteristics and fundamental explosive performance in handball players. *Sportverletz Sportschaden*. 2019 Jun; 33(2): 96–103.
25. Rafnsson ET, Valdimarsson Ö, Sveinsson T, Árnason Á. Injury Pattern in Icelandic Elite Male Handball Players. *Clin J Sport Med*. 2019 May; 29(3): 232–7.
26. Lee JWY, Mok K-M, Chan HCK, Yung PSH, Chan K-M. Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors for hamstring strain injury in football: A prospective study of 146 professional players. *J Sci Med Sport*. 2018 Aug; 21(8): 789–93.
27. van Dyk N, Bahr R, Whiteley R, Tol JL, Kumar BD, Hamilton B, et al. Hamstring and Quadriceps Isokinetic Strength Deficits Are Weak Risk Factors for Hamstring Strain Injuries. *Am J Sports Med*. 2016 Jul; 44(7): 1789–95.
28. Ribeiro-Alvares JB, Dornelles MP, Fritsch CG, de Lima-e-Silva FX, Medeiros TM, Severo-Silveira L, et al. Prevalence of Hamstring Strain Injury Risk Factors in Professional and Under-20 Male Football (Soccer) Players. *J Sport Rehabil*. 2019 Jun 13; 1–7.
29. Iversen MD, Price LL, von Heideken J, Harvey WF, Wang C. Physical examination findings and their relationship with performance-based function in adults with knee osteoarthritis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016 Jul 12; 17: 273.
30. Bisciotti GN, Chamari K, Cena E, Bisciotti A, Bisciotti A, Corsini A, et al. Anterior cruciate ligament injury risk factors in football: a narrative review. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019 Oct; 59(10): 1724–38.