

Is Exercise a Determining Factor of Functional Asymmetries in the Lower Limb?

CRISTINA PETISCO RODRÍGUEZ
MANUEL CARRETERO GONZÁLEZ
JAVIER SÁNCHEZ SÁNCHEZ

Faculty of Education
Pontifical University of Salamanca (Spain)

Corresponding author
Javier Sánchez Sánchez
jsancheza@upsa.es

¿Es el ejercicio físico un factor determinante de las asimetrías funcionales en la extremidad inferior?

CRISTINA PETISCO RODRÍGUEZ
MANUEL CARRETERO GONZÁLEZ
JAVIER SÁNCHEZ SÁNCHEZ

Facultad de Educación
Universidad Pontificia de Salamanca (España)

Correspondencia con autor
Javier Sánchez Sánchez
jsancheza@upsa.es

Abstract

The aim was to analyze the asymmetry between dominant and non-dominant leg, using unilateral test jump with college students who have a different pattern of weekly sports. 129 university students were divided into groups according to the pattern of weekly physical activity: low physical activity (LPAG; $n = 44$; 20.9 ± 2.6 years; 175.0 ± 8.1 cm; 71.2 ± 12.1 kg), average physical activity (APAG; $n = 46$; 20.7 ± 1.9 years; 174.1 ± 7.0 cm; 68.9 ± 9.1 kg) and high physical activity (HPAG; $n = 39$; 20.7 ± 1.4 years; 174.8 ± 7.5 cm; 68.9 ± 9.1 kg). All subjects performed unilateral jump test: squat jump (SJ) countermovement jump (CMJ), triple hop test for distance (THD) and crossover hop test for distance (COHD). The results indicate differences in the strength of dominant and nondominant leg in HPAG: SJ ($p < 0.01$), CMJ ($p < 0.05$) and COHD ($p < 0.01$). No significant differences in asymmetry index between groups. In the LPAG more subjects at high risk of injury to the lower extremity.

Keywords: functional assessment, injury prevention, strength.

Introduction

Physical exercise and sport have positive effects on the health of their practitioners (Leppänen, Aaltonen, Parkkari, Heinonen, & Kujula, 2014). It has been shown that joining physical exercise programmes leads to an improvement in factors connected with physical (strength, endurance and flexibility)

Resumen

El objetivo de este estudio ha sido analizar la asimetría entre pierna dominante y no dominante, por medio de test de salto unilateral horizontal y vertical, en una muestra de estudiantes universitarios con diferente patrón de práctica físico-deportiva semanal. La muestra está compuesta por 129 estudiantes universitarios divididos en grupos según el patrón de actividad física semanal: actividad física baja (GAFB; $n = 44$; $20,9 \pm 2,6$ años; $175,0 \pm 8,1$ cm; $71,2 \pm 12,1$ kg), actividad física media (GAFM; $n = 46$; $20,7 \pm 1,9$ años; $174,1 \pm 7,0$ cm; $68,9 \pm 9,1$ kg) y actividad física alta (GAFA; $n = 39$; $20,7 \pm 1,4$ años; $174,8 \pm 7,5$ cm; $68,9 \pm 9,1$ kg). Todos realizaron test de salto unilaterales verticales: *squat jump* (SJ), *countermovement jump* (CMJ); y horizontales: *triple hop test for distance* (THD) y *cross-over hop test for distance* (COHD). Los resultados reflejan diferencias en los valores de fuerza entre pierna dominante y no dominante para el GAFA, en las pruebas SJ ($p < 0,01$), CMJ ($p < 0,05$) y COHD ($p < 0,01$). No se observan diferencias significativas en el índice de asimetría en función del patrón de actividad física. En el GAFB existen mayor porcentaje de sujetos con alto riesgo de lesión en la extremidad inferior.

Palabras clave: evaluación funcional, prevención de lesiones, fuerza

Introducción

La actividad físico-deportiva tiene efectos positivos sobre la salud de los practicantes (Leppänen, Aaltonen, Parkkari, Heinonen, & Kujula, 2014). Se ha demostrado que la incorporación a programas de actividad física conduce a una mejora de cualidades relacionadas con el bienestar físico (la fuerza, la resistencia o la flexibilidad)

and mental (self-esteem, decreased anxiety, etc.) wellbeing (Darrow, Collins, Yard, & Comstock, 2009). However, the rise in physical exercise and sports participation has also increased the occurrence of sports injuries (Herman, Barton, Malliaras, & Morrissey, 2012) because they are inherent in the activity itself (Leppänen et al., 2014). Nevertheless, efforts should focus on reducing their incidence since their emergence is detrimental to health and wellbeing, leading to various states of incapacity and disability which hinder performance of daily activities (Darrow et al., 2009). To address this situation it seems advisable to accompany the main physical and sports activity with other preventive physical exercises (McBain et al., 2012).

Prevention strategies should be based on identifying and understanding everything which might increase the risk of injury (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty, & Ferret, 2008). The agents involved in injury incidence (Meeuwisse, 1994) have been divided into extrinsic and intrinsic risk factors (Arnason, 2004). Imbalances between agonist and antagonist muscles or between dominant and non-dominant segments have been described as significant intrinsic risk factors due to the importance of strength in motor performance (Newton et al., 2006). Specifically, differences in strength between the lower limbs are called 'functional asymmetries' (Fousekis, Elias, & Vagenas, 2010). The appearance of these deficiencies may be associated with inadequate rehabilitation after injury, the impact of the training programme or the biomotor requirements of the sport concerned (Newton et al., 2006). For example, a tennis player probably has greater muscle mass and strength in their dominant arm (Hewit, Cronin, & Hume, 2012) while playing professional soccer or basketball leads to dominances in the lower segment of athletes (Rahnama, Lees, & Bambaecichi, 2008; Theoharopoulos & Tsitskaris, 2000).

Asymmetries bring about a change in the mechanics of sports movements which affects performance and increases the risk of injury to the musculoskeletal system (Menzel et al., 2013). During jumping, changing direction and braking, the weak segment is put under pressure which it finds hard to withstand (Hoffman, Ratamess, Klatt, Faigenbaum, & Kang, 2007). Action programmes to offset these asymmetries need to be

y mental (autoestima, disminución de la ansiedad, etc.) (Darrow, Collins, Yard, & Comstock, 2009). Sin embargo, el aumento de la práctica físico-deportiva también ha incrementado la aparición de lesiones deportivas (Herman, Barton, Malliaras, & Morrissey, 2012) debido a que se trata de un hecho consustancial a la propia actividad (Leppänen et al., 2014). Aun así se deben centrar esfuerzos en reducir su incidencia, puesto que su aparición va en detrimento de la salud y el bienestar, causando diferentes estados de incapacidad e invalidez que inhabilitan para el desarrollo de la actividad cotidiana (Darrow et al., 2009). Para hacer frente a esta situación, parece recomendado acompañar la práctica físico-deportiva principal de otros ejercicios físicos preventivos (McBain et al., 2012).

Las estrategias de prevención deben partir de una identificación y comprensión de todo aquello que puede incrementar el riesgo de lesión (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty, & Ferret, 2008). Los agentes involucrados en la incidencia lesional (Meeuwisse, 1994) han sido divididos en factores de riesgo extrínsecos e intrínsecos (Arnason, 2004). Entre estos últimos y debido a la importancia que la fuerza tiene en el rendimiento motor, se han considerado como importantes los desequilibrios entre musculatura agonista y antagonista o entre segmento dominante y no dominante (Newton et al., 2006). En concreto, las diferencias de fuerza entre las extremidades inferiores se conocen con el término de asimetrías funcionales (Fousekis, Elias, & Vagenas, 2010). La aparición de estos déficits puede estar asociada a un inadecuado proceso de readaptación tras una lesión, a las connotaciones del programa de entrenamiento o a las demandas biomotoras de la modalidad deportiva (Newton et al., 2006). Por ejemplo, un jugador de tenis probablemente tenga mayor masa muscular y fuerza en su brazo dominante (Hewit, Cronin, & Hume, 2012), y la práctica de fútbol o baloncesto a nivel profesional genere dominancias en el segmento inferior de los sujetos deportistas (Rahnama, Lees, & Bambaecichi, 2008; Theoharopoulos & Tsitskaris, 2000).

Las asimetrías provocan una modificación en la mecánica del gesto deportivo, que afectará al rendimiento e incrementará el riesgo de padecer una lesión en el sistema musculoesquelético (Menzel et al., 2013). El segmento débil recibe una presión durante las acciones de salto, cambio de dirección y frenada que difícilmente podrá tolerar (Hoffman, Ratamess, Klatt, Faigenbaum, & Kang, 2007). Por un lado, se hace preciso establecer programas de acción para compensar estas asimetrías

put in place (Hewit et al., 2012) while unilateral strength has to be monitored (Murphy, Connolly, & Beynnon, 2003) and tolerable asymmetry ranges established (Hewit et al., 2012). Tests using free weights (Faigenbaum, Milliken, & Westcott, 2003) and other isokinetic testing (Croisier et al., 2008; Impellizzeri, Rampinini, Maffiuletti, & Marcora, 2007) have traditionally been used for such monitoring. However, some authors contend that these strategies do not include the demands of physical exercise and sports activity and therefore the information gathered lacks specificity (Lehance, Binet, Bury, & Croisier, 2009). Jumping tests are a widely used tool in the search for more decisive analysis instruments as they straightforwardly provide data about the power of the lower segment, whether bilaterally or unilaterally, in different planes of application and cyclically or acyclically (Hewit et al., 2012).

Strength assessment needs to reproduce the conditions of athletic activity (Newton et al., 2006). Most sports movements result from a succession of unilateral reaction forces manifested in different planes (Maulder & Cronin, 2005). As a result, and although power has usually been assessed using a vertical jump test (Cronin & Hansen, 2005), horizontal jump tests, and specifically hop tests, have gained ground among sports science experts (Rösch et al., 2000).

The aim of this study was to analyse asymmetry between dominant and non-dominant legs through unilateral horizontal and vertical jump tests in a sample of university students, classified into three groups by their weekly physical exercise and sports activity patterns.

Material and Method

Sample

The participant sample consisted of 129 university students who voluntarily agreed to take part in the study. Exclusion criteria were having been injured in the two months prior to the date of performance of the tests and being a registered practitioner of any sport. The subjects were divided into three groups according to their level of weekly physical activity: low physical activity group (LPAG), average physical activity group (APAG) and high physical activity group

(Hewit et al., 2012), y por otro, es obligado monitorizar la fuerza unilateral (Murphy, Connolly, & Beynnon, 2003) y establecer rangos de asimetría tolerables (Hewit et al., 2012). Para desarrollar este seguimiento, tradicionalmente se ha recurrido a test que usan pesos libres (Faigenbaum, Milliken, & Westcott, 2003) y a otras pruebas isocinéticas (Croisier et al., 2008; Impellizzeri, Rampinini, Maffiuletti, & Marcora, 2007). Sin embargo, algunos autores consideran que en estas estrategias no están incorporadas las demandas propias de una actividad físico-deportiva y que por tanto la información recogida carece de especificidad (Lehance, Binet, Bury, & Croisier, 2009). En la búsqueda de instrumentos de análisis más determinantes, las pruebas de salto son una herramienta muy empleada, debido a su facilidad para ofrecer datos de la potencia del segmento inferior, de manera bilateral o unilateral, en diferentes planos de aplicación y de forma cíclica o acíclica (Hewit et al., 2012).

La evaluación de la fuerza debe reproducir las condiciones de la actividad atlética (Newton et al., 2006). La mayoría de gestos deportivos resultan de una sucesión de fuerzas de reacción unilaterales manifestadas en diferentes planos (Maulder & Cronin, 2005). Por este motivo, y a pesar de que habitualmente se ha valorado la potencia mediante test de salto vertical (Cronin & Hansen, 2005), las pruebas de salto horizontal, en concreto los hop test, han adquirido gran valor entre los profesionales de las ciencias del deporte (Rösch et al., 2000).

El objetivo de este estudio ha sido analizar la asimetría entre pierna dominante y no dominante, por medio de test de salto unilateral horizontal y vertical, en una muestra de estudiantes universitarios, clasificados en 3 grupos según su patrón de práctica físico-deportiva semanal.

Material y método

Muestra

La muestra participante está compuesta por 129 estudiantes universitarios que voluntariamente accedieron a colaborar en el estudio. Como criterios de exclusión se estableció haber sufrido alguna lesión en los 2 meses previos a la fecha de realización de los test y estar federado para la práctica de alguna disciplina deportiva. Los sujetos fueron divididos en 3 grupos según su nivel de actividad física semanal: grupo de actividad física baja (GAFB), grupo de actividad física media (GAFM) y

Group	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	PA (minutes/week)
LPAG (n=44)	20.9±2.6	175.0±8.1	71.2±12.1	98.2±30.2
APAG (n=46)	20.7±1.9	174.1±7.0	68.9±9.1	229.6±30.5
HPAG (n=39)	20.7±1.4	174.8±7.5	68.9±9.1	327.6±18.2

PA = minutes of physical activity performed per week; n = sample size; LPAG = low physical activity group; APAG = average physical activity group; HPAG = high physical activity group.

Table 1. Description of the groups making up the sample under study

(HPAG) (Table 1). Before the start of testing the participants signed an informed consent form which set out the benefits, risks and obligations arising from their inclusion in the study. The experimental design was approved by the Ethics Committee of the Pontifical University of Salamanca and meets the guidelines established in the Declaration of Helsinki (2013).

Procedure

A week before the assessment date the subjects attended two sessions for familiarisation with the tests and measuring instruments. The participants' age, height and weight were recorded in the first assessment session. In addition, the students were asked to answer the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) short form (Tolosa & Gómez-Conesa, 2007) in order to evaluate their regular physical activity pattern. Two questions were used to estimate the pattern of strenuous weekly physical activity: On how many of the past seven days have you done strenuous physical activity such as lifting heavy weights, doing aerobic exercise or cycling?; and How much total time did you spend on strenuous physical activity on one of those days? The sample was divided into three groups based on the strenuous physical activity performed (Tucker, Welk, & Beyler, 2011): less than 150 minutes/week (LPAG), 150 to 300 minutes/week (APAG) and over 300 minutes/week (HPAG).

To carry out the tests the subjects were asked to avoid strenuous physical activity in the previous 48 hours, come along dressed in sportswear and have their last meal at least 3 hours before the start of

Grupo	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)	AF (minutos/semana)
GAFB (n=44)	20,9±2,6	175,0±8,1	71,2±12,1	98,2±30,2
GAFM (n=46)	20,7±1,9	174,1±7,0	68,9±9,1	229,6±30,5
GAFA (n=39)	20,7±1,4	174,8±7,5	68,9±9,1	327,6±18,2

AF = minutos de actividad física realizados por semana; n = tamaño muestral; GAFB = grupo de actividad física baja; GAFM = grupo de actividad física media; GAFA = grupo de actividad física alta.

Tabla 1. Descripción de los grupos que componen la muestra objeto de estudio

grupo de actividad física alta (GAFA) (tabla 1). Antes del comienzo de las pruebas, los participantes firmaron un consentimiento informado en el que se les anunciaba los beneficios, riesgos y obligaciones derivadas de su inclusión en el estudio. El diseño experimental fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Pontificia de Salamanca y cumplía con las directrices establecidas en la Declaración de Helsinki (2013).

Procedimiento

Una semana antes de la fecha de evaluación, los sujetos tomaron parte en 2 sesiones de familiarización con los test y los instrumentos de medida. Se registró la edad, la talla y el peso de los participantes en la primera sesión de evaluación. Además, para evaluar el patrón de actividad física habitual, se pidió a los estudiantes que completaran las preguntas del cuestionario internacional de actividad física (IPAQ) versión corta (Tolosa & Gómez-Conesa, 2007). Para estimar el patrón de actividad física intensa semanal se consideró la pregunta: Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos realizó actividades físicas intensas tales como levantar pesos pesados, hacer ejercicio aeróbico o montar en bicicleta?, y ¿Cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física intensa en uno de esos días?. En función de la actividad física intensa realizada, se dividió la muestra en 3 grupos (Tucker, Welk, & Beyler, 2011): menos de 150 minutos/semana (GAFB), 150 a 300 minutos/semana (GAFM) y más de 300 minutos/semana (GAFA).

Para la realización de las pruebas se pidió a los sujetos evitar cualquier actividad física intensa en las 48 horas previas, acudir con ropa deportiva y haber realizado la última comida al menos 3 horas antes del

the tests. After a 15-minute warm-up led by a specialist (low intensity running, joint mobility and five horizontal and vertical jump exercises), the subjects began the tests in the following order: squat jump (SJ), countermovement jump (CMJ), triple hop test for distance (THD) and cross-over hop test for distance (COHD). The tests were performed with both legs separately, alternating in the same test the dominant segment first and the non-dominant afterwards. The dominant leg was defined as the one with which the subject presented greater proficiency in performing basic skills such as kicking or controlling a ball (Miyaguchi & Demura, 2010). There was always a 30-second break between repetitions of jumps on the same leg. Recovery time between each type of jump was two minutes. Two attempts were made at each type of jump and the better result for each one was selected.

Using the results of each test for the dominant and non-dominant leg, we calculated the asymmetry index (Barber et al., 1990) in absolute values (Hewit et al., 2012):

$$\frac{\text{Non-dominant leg} - \text{Dominant leg}}{\text{Dominant leg}} \times 100$$

Based on the symmetry presented in each jump test, and considering a symmetry value of less than 85% as a risk, we calculated the percentage of subjects in each physical activity group at each level of symmetry (Maulder & Cronin, 2005): low risk, <90%; medium risk, 90-85%; high risk, > 85%.

Vertical jump test

We assessed the participants' vertical unilateral strength using the SJ and CMJ tests following the procedure proposed by Maulder and Cronin (2005). We measured the height of each jump in metres using the Globus Ergo System® (Codognè, Italy) jump platform. The subjects began the SJ test with knees bent to 90°, standing on a support and with their hands on their hips. From this position the subject thrust as hard as possible in order to achieve the greatest possible vertical height. The CMJ test followed a similar procedure, but in this case the subject bent and straightened the knees prior to takeoff. In no case were they allowed to bend their knees whilst in the air (Bosco & Komi, 1978). We measured the results of both tests in metres.

comienzo de los test. Después de 15 minutos de calentamiento dirigido por un técnico especialista (carrera de baja intensidad, movilidad articular y 5 acciones de salto vertical y horizontal), los sujetos comenzaron los test en el siguiente orden: *squat jump* (SJ), *countermovement jump* (CMJ), *triple hop test for distance* (THD) y *cross-over hop test for distance* (COHD). Los test se realizaron con ambas piernas por separado, alternando en la misma prueba el segmento dominante primero y el no dominante después. Se consideró como pierna dominante aquella con la que el sujeto manifiesta mayor maestría para realizar habilidades básicas como golpes o controles de balón (Miyaguchi & Demura, 2010). No se repitió ningún salto con la misma pierna sin respetar un descanso de 30 segundos. El tiempo de recuperación entre cada tipo de salto fue de 2 minutos. Se realizaron 2 intentos de cada tipo de salto, eligiendo el mejor resultado de cada uno.

A partir de los resultados obtenidos en cada test para la pierna dominante y no dominante, se calculó el índice de asimetría (Barber et al., 1990), en valores absolutos (Hewit et al., 2012):

$$\frac{\text{Pierna no dominante} - \text{Pierna dominante}}{\text{Pierna dominante}} \times 100$$

A partir de la simetría manifestada en cada test de salto, y considerando como situación de riesgo un valor inferior al 85% de simetría, se calculó el porcentaje de sujetos de cada grupo de actividad física situado en cada nivel de simetría (Maulder & Cronin, 2005): bajo riesgo, <90%; riesgo medio, 90-85%; alto riesgo, >85%.

Test de salto vertical

La fuerza unilateral vertical de los participantes fue evaluada a través de los test SJ y CMJ según el procedimiento propuesto por Maulder y Cronin (2005). Se tomó la altura de cada impulso en metros, empleando la plataforma de salto Globus Ergo System® (Codognè, Italy). En el test SJ los sujetos partieron con 90° de flexión de rodillas, manteniéndose en un apoyo y con las manos fijas sobre las caderas. Desde esta posición el sujeto realizaba un impulso máximo con el objetivo de alcanzar la mayor altura en la vertical posible. La realización del test CMJ siguió un procedimiento similar, pero en esta prueba el sujeto realizó una flexo-extensión de la rodilla previa al despegue. En ningún caso se permitió la flexión de rodilla durante la fase aérea (Bosco & Komi, 1978). En ambos test el resultado se midió en metros.

The reliability of both tests has been examined in previous studies of populations who did recreational sport (Maulder & Cronin, 2005) with good values in the Intraclass Correlation Coefficient (ICC) of 0.82 to 0.86 and 0.86 to 0.95 in the SJ and CMJ tests respectively.

Horizontal jump test

Following other studies (Maulder & Cronin, 2005; Noyes, Barber, & Mangine, 1991; Rösch et al., 2000) we assessed unilateral horizontal strength using the THD and COHD tests. In the THD the participant performed three horizontal thrusts with the dominant leg or non-dominant leg, trying to achieve the greatest length of jump possible. In the COHD the participant performed the same thrusts but alternating each support on either side of a reference line. For the attempt to be valid, hands had to be on hips and the landing position had to be held for 2-3 seconds without loss of balance or additional movements involving the free limb. We measured the results in metres.

The reliability of both tests has been examined in previous studies of populations of active young people (Bolgla & Keskula, 1997), with ICC values of 0.95 and 0.96 for the THD and COHD tests respectively.

Statistical analysis

The values for each variable are expressed through the mean and standard deviation (\pm SD). We used the Shapiro-Wilk W-test to test the normal distribution of the data, which allows the use of parametric statistics. We used the Anova test to compare the strength of each segment (i.e. dominant leg and non-dominant leg) in the jump tests (i.e. SJ, CMJ, THD and COHD) by level of physical activity (i.e. LPAG, APAG and HPAG). We also used this test to compare the influence of the level of physical activity on the asymmetry index observed in each jump test. We used the t-Student test for related samples to compare differences in strength between dominant and non-dominant leg in each activity group. In all cases the significance level was set at $p < 0.05$ or $p < 0.01$. We performed statistical analysis using the Statistical Package for the Social Sciences for Windows v. 19.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA).

La fiabilidad de ambas pruebas ha sido examinada en trabajos anteriores llevados a cabo sobre poblaciones que realizaban deporte recreativo (Maulder & Cronin, 2005), con buenos valores en el coeficiente de correlación intraclase (CCI) de 0,82-0,86 y de 0,86-0,95, en los test SJ y CMJ, respectivamente.

Test de salto horizontal

Según el test de salto horizontal empleado en otros trabajos (Maulder & Cronin, 2005; Noyes, Barber, & Mangine, 1991; Rösch et al., 2000), se evaluó la fuerza horizontal unilateral por medio de los test THD y COHD. En el THD, el participante realizó 3 impulsos horizontales con pierna dominante o con pierna no dominante, intentando alcanzar la mayor longitud posible. Durante el COHD, el participante realizó los mismos impulsos, pero alternando cada apoyo a un lado y otro de una línea de referencia. Para que el intento fuese válido, las manos debían llevarse sobre las caderas y la posición de aterrizaje se tenía que mantener durante 2-3 segundos, sin pérdida de equilibrio o movimientos adicionales que implicasen a la extremidad libre. El resultado se midió en metros.

La fiabilidad de ambas pruebas ha sido examinada en trabajos anteriores llevados a cabo sobre poblaciones de jóvenes activos (Bolgla & Keskula, 1997), con valores del CCI de 0,95 y 0,96 para los test THD y COHD, respectivamente.

Análisis estadístico

Los valores correspondientes a cada variable se expresan a través de la media y desviación estándar (\pm SD). Para la comprobación de la distribución normal de los datos, que permite el uso de la estadística paramétrica se aplicó la prueba Shapiro-Wilk W-test. Para comparar la fuerza de cada segmento (i.e. pierna dominante y pierna no dominante), en las diferentes pruebas de salto (SJ, CMJ, THD y COHD) según el nivel de actividad física (GAFB, GAFM y GAFA) se empleó la prueba Anova. También fue empleada esta prueba para comparar la influencia del nivel de actividad física sobre el índice de asimetría observado en cada prueba de salto. La prueba t-Student para muestras relacionadas fue utilizada para comparar las diferencias de fuerza entre pierna dominante y no dominante en cada grupo de actividad. En todos los casos se estableció un nivel de significación de $p < 0,05$ o $p < 0,01$. El análisis estadístico se realizó usando el programa Estadístico para las Ciencias Sociales SPSS para Windows v. 19.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA).

Results

Table 2 shows the values for each jump test (i.e. SJ, CMJ, THD and COHD), for the dominant and non-dominant leg in each of the assessment groups (i.e. LPAG, APAG and HPAG). The intergroup analysis shows significant differences in the strength values of both dominant and non-dominant legs in the THD and CMJ tests ($p < 0.01$ in LPAG vs. HPAG and APAG vs. HPAG). There are significant differences ($p < 0.01$) in the COHD test conducted with the non-dominant leg in LPAG vs. HPAG, although this was not found in LPAG vs. APAG and APAG vs. HPAG. Finally, the values registered in the SJ test show no differences when comparing LPAG vs. APAG in any of the segments analysed, but do ($p < 0.01$) when comparing jump results on both legs in LPAG vs. HPAG and APAG vs. HPAG.

In addition the intra-group analysis reflects differences in strength values between dominant and non-dominant legs in the SJ ($p < 0.01$) and CMJ ($p < 0.05$) tests performed by the HPAG. Significant differences are maintained in the CMJ test ($p < 0.01$) in the other two groups. No differences were observed between dominant and non-dominant legs in the horizontal jump test.

Resultados

En la tabla 2 se muestran los valores de cada prueba de salto (SJ, CMJ, THD y COHD), para la pierna dominante y no dominante en cada uno de los grupos de evaluación (GAFB, GAFM y GAFA). El análisis intergrupo refleja diferencias significativas en los valores de fuerza tanto en pierna dominante como no dominante, en los test THD y CMJ ($p < 0,01$ en GAFB vs. GAFA y GAFM vs. GAFA). En la prueba COHD realizada con pierna no dominante existen diferencias significativas ($p < 0,01$) en GAFB vs. GAFA, no observándose tal comportamiento en GAFB vs. GAFM y GAFM vs. GAFA. Por último, los valores registrados en el test SJ no revelan diferencias al comparar GAFB vs. GAFM en ninguno de los segmentos analizados, pero sí ($p < 0,01$) cuando se contrastan los resultados de salto en ambas extremidades en GAFB vs. GAFA y GAFM vs. GAFA.

Por otra parte, el análisis intragrupo refleja diferencias en los valores de fuerza entre pierna dominante y no dominante en las pruebas SJ ($p < 0,01$) y CMJ ($p < 0,05$) realizadas por el GAFA. Las diferencias significativas se mantienen en la prueba CMJ ($p < 0,01$) en los otros dos grupos. No se han observado diferencias entre pierna dominante y no dominante en los test de salto horizontal.

Table 2.
Strength levels in dominant and non-dominant leg depending on the level of physical activity

		LPAG	APAG	HPAG
THD (m)	Dominant	5.07±0.84 [#]	5.58±1.14 ^{yy}	6.15±0.76 ^{ss}
	Non-dominant	5.00±0.83 [#]	5.44±0.70 ^{yy}	6.19±0.84 ^{ss}
COHD (m)	Dominant	4.58±0.82 [#]	4.98±0.84 ^y	5.30±0.61 ^{ss}
	Non-dominant	4.60±0.83	4.88±0.81	5.24±0.71 ^{ss}
SJ (m)	Dominant	0.17±0.04	0.17±0.04 ^{yy}	0.23±0.02 ^{**ss}
	Non-dominant	0.17±0.03	0.17±0.03 ^{yy}	0.22±0.03 ^{ss}
CMJ (m)	Dominant	0.21±0.03 ^{**##}	0.19±0.02 ^{**yy}	0.30±0.02 ^{**ss}
	Non-dominant	0.20±0.03 ^{##}	0.18±0.03 ^{yy}	0.29±0.02 ^{ss}

LPAG = low physical activity group; APAG = average physical activity group; HPAG = high physical activity group; THD = triple hop test for distance; COHD = cross-over hop test for distance; SJ = squat jump; CMJ = countermovement jump.
 * Differences between dominant and non-dominant leg; [#] Differences between LPAG and APAG; [§] Differences between LPAG and HPAG; ^y Differences between APAG and HPAG. Significance levels, * $p < 0.05$ and ** $p < 0.01$; [#] $p < 0.05$ and ^{##} $p < 0.01$; ^{ss} $p < 0.01$; ^y $p < 0.05$ and ^{yy} $p < 0.01$.

		GAFB	GAFM	GAFA
THD (m)	Dominante	5,07±0,84 [#]	5,58±1,14 ^{yy}	6,15±0,76 ^{ss}
	No dominante	5,00±0,83 [#]	5,44±0,70 ^{yy}	6,19±0,84 ^{ss}
COHD (m)	Dominante	4,58±0,82 [#]	4,98±0,84 ^y	5,30±0,61 ^{ss}
	No dominante	4,60±0,83	4,88±0,81	5,24±0,71 ^{ss}
SJ (m)	Dominante	0,17±0,04	0,17±0,04 ^{yy}	0,23±0,02 ^{**ss}
	No dominante	0,17±0,03	0,17±0,03 ^{yy}	0,22±0,03 ^{ss}
CMJ (m)	Dominante	0,21±0,03 ^{**##}	0,19±0,02 ^{**yy}	0,30±0,02 ^{**ss}
	No dominante	0,20±0,03 ^{##}	0,18±0,03 ^{yy}	0,29±0,02 ^{ss}

GAFB = grupo de actividad física baja; GAFM = grupo de actividad física media; GAFA = grupo de actividad física alta; THD = triple hop test for distance; COHD = cross-over hop test for distance; SJ = squat jump; CMJ = countermovement jump. * Diferencias entre pierna dominante y no dominante; [#] Diferencias entre GAFB y GAFM; [§] Diferencias entre GAFB y GAFA; ^y Diferencias entre GAFM y GAFA. Niveles de significación, * $p < 0,05$ y ** $p < 0,01$; [#] $p < 0,05$ y ^{##} $p < 0,01$; ^{ss} $p < 0,01$; ^y $p < 0,05$ y ^{yy} $p < 0,01$.

Tabla 2.
Niveles de fuerza en pierna dominante y no dominante en función del nivel de actividad física

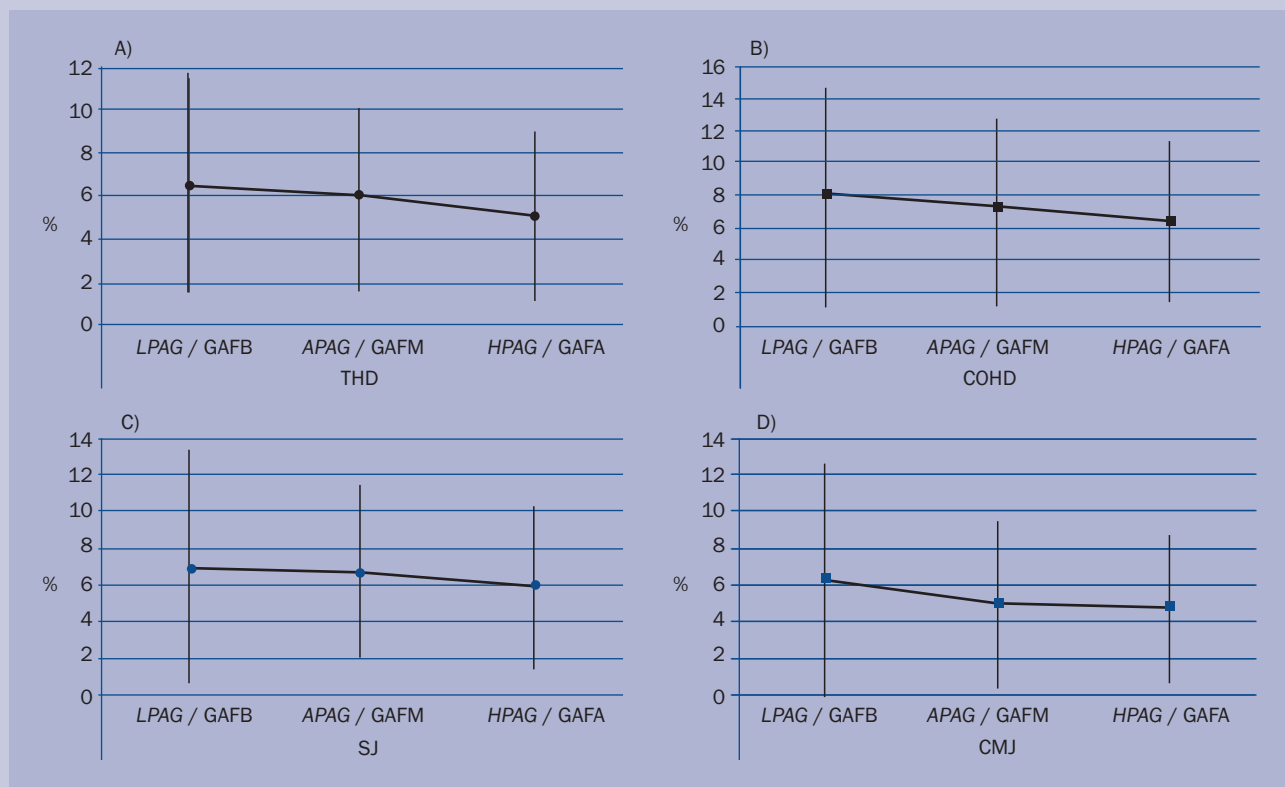


Figure 1. Asymmetry depending on the pattern of low (LPAG), average (APAG) and high (HPAG) physical activity present in the participating subjects, analysed by the Triple hop for distance (A, THD), Cross-over hop for distance (B, COHD), Squat jump (C, SJ) and Countermovement jump (D, CMJ) tests

Figura 1. Asimetría en función del patrón de actividad física bajo (GAFB), medio (GAFM) y alto (GAFA) presente en los sujetos participantes, analizada a través de las pruebas de salto Triple Hop for distance (A, THD), Cross-over hop for distance (B, COHD), Squat jump (C, SJ) y Countermovement jump (D, CMJ)

No significant differences were observed in the asymmetry index depending on the physical activity pattern presented by the subjects participating in the study in any of the jump tests used (Fig. 1). There is only, irrespective of the test analysed, a tendency to reduce the strength asymmetry in the lower limb in the group with greater time spent on physical activity and sport.

Table 3 shows the percentage of subjects belonging to each physical activity group (LPAG, APAG and HPAG) that present levels of strength symmetry with different degrees of importance: low risk, <90%; medium risk, 90-85%; high risk, >85%. The LPAG has the highest percentage of high-risk subjects, especially in the COHD test. This test also reveals more subjects in the APAG and the HPAG with a high risk of injury to the lower limbs. In the HPAG low percentages of participants are observed at levels of symmetry related to the high risk of lower limb injury

No se observan diferencias significativas en el índice de asimetría en función del patrón de actividad física manifestado en los sujetos participantes en el estudio, en ninguno de los test de salto empleados (fig. 1). Únicamente se puede apreciar, con independencia de la prueba analizada, una tendencia a disminuir la asimetría en fuerza en la extremidad inferior a favor del grupo con mayor tiempo de práctica físico-deportiva.

En la tabla 3 se observa el porcentaje de sujetos perteneciente a cada grupo de actividad física (GAFB, GAFM y GAFA), que presentan niveles de simetría en fuerza en diferente grado de importancia: bajo riesgo, <90%; riesgo medio, 90-85%; alto riesgo, >85%. En el GAFB existe mayor porcentaje de sujetos con alto riesgo, especialmente en la prueba COHD. Este test también revela mayor número de sujetos en GAFM y GAFA con alto riesgo de lesión en la extremidad inferior. En GAFA se observan bajos porcentajes de participantes en niveles de simetría relacionados con el alto riesgo

	THD(%)	COHD(%)	SJ(%)	CMJ(%)
	LPAG (n=44)			
>90%	78.3	67.4	71.7	73.9
85-90%	15.2	13	13	15.2
<85%	6.5	19.6	15.2	10.9
	APAG (n=46)			
>90%	87.2	71.8	88.1	84.6
85-90%	10.3	17.9	12.8	12.8
<85%	2.6	10.3	5.1	2.6
	HPAG (n=39)			
>90%	86.4	77.3	79.5	81.8
85-90%	9.1	18.2	20.5	15.9
<85%	4.5	4.5	0	2.3

n = sample size; Dif = symmetry indexes; LPAG = low physical activity group; APAG = average physical activity group; HPAG = high physical activity group; THD = triple hop for distance; COHD = cross-over hop for distance; SJ = squat jump; CMJ = countermovement jump.

Table 3. Percentage (%) of subjects in each physical activity group with different symmetry indexes

	THD(%)	COHD(%)	SJ(%)	CMJ(%)
	GAFB (n=44)			
>90%	78,3	67,4	71,7	73,9
85-90%	15,2	13	13	15,2
<85%	6,5	19,6	15,2	10,9
	GAFM (n=46)			
>90%	87,2	71,8	88,1	84,6
85-90%	10,3	17,9	12,8	12,8
<85%	2,6	10,3	5,1	2,6
	GAFA (n=39)			
>90%	86,4	77,3	79,5	81,8
85-90%	9,1	18,2	20,5	15,9
<85%	4,5	4,5	0	2,3

n = tamaño muestral; Dif = índices de simetría; GAFB = grupo de actividad física baja; GAFM = grupo de actividad física media; GAFA = grupo de actividad física alta; THD = triple hop for distance; COHD = cross-over hop for distance; SJ = squat jump; CMJ = countermovement jump.

Tabla 3. Porcentaje (%) de sujetos en cada grupo de actividad física con diferentes índices de simetría

(symmetry <85%), as reflected in the results of the THD, COHD, SJ and CMJ tests (4.5, 4.5, 0 and 2.3, respectively).

Discussion

The aim of this study was to analyse the asymmetry between dominant and non-dominant legs through unilateral horizontal and vertical jump tests in a sample of university students classified into three groups according to their weekly pattern of physical and sports activity. Studies have analysed the influence of age (Atkins, Hesketh & Sinclair, 2013), sports injuries (Paterno, Ford, Myer, Heyl & Hewett, 2007) and competitive level on strength asymmetries (Schiltz, Maquet, Bury, Crielaard, & Croisier, 2009). However, as far as we know there are no studies which have looked at the influence of hours of physical exercise and sports activity on the strength levels of dominant and non-dominant legs. Our results show significant intergroup differences in this respect, with better results in the strength tests for both legs in people who do more weekly exercise. In addition, the results reveal significant differences

de lesión en extremidad inferior (simetría <85%), tal y como reflejan los resultados en los test THD, COHD, SJ y CMJ (4,5, 4,5, 0 y 2,3, respectivamente).

Discusión

El objetivo de este estudio ha sido analizar la asimetría entre pierna dominante y no dominante, por medio de test de salto unilateral horizontal y vertical, en una muestra de estudiantes universitarios clasificados en 3 grupos según su patrón de práctica físico-deportiva semanal. Existen estudios que han analizado la influencia de la edad (Atkins, Hesketh & Sinclair, 2013), las lesiones deportivas (Paterno, Ford, Myer, Heyl & Hewett, 2007) o el nivel competitivo en las asimetrías de fuerza (Schiltz, Maquet, Bury, Crielaard, & Croisier, 2009). Sin embargo, hasta donde conocemos no existen trabajos que se hayan ocupado de estudiar la influencia de las horas de práctica físico-deportiva en los niveles de fuerza de pierna dominante y no dominante. Los resultados muestran diferencias significativas intergrupos en esta cualidad, observándose mejores resultados en los test de fuerza en una y otra extremidad en aquellos que practican más ejercicio semanal. Además, los resultados revelan diferencias

in the strength of dominant and non-dominant legs measured by the CMJ test in the three groups, as well as the SJ test in the HPAG. Finally, although we found no differences between groups, there is a tendency to decrease the asymmetry index in the groups with a greater physical exercise and sports activity pattern. The results show there are more subjects with low symmetry (<85%), and therefore increased risk of lower limb injury, in the LPAG compared with the APAG and the HPAG.

Strength and power are very important qualities in most sports (Mcguigan, Wright, & Fleck, 2012). Nowadays they are also related to injury prevention, as good strength levels can reduce muscle damage resulting from participation in strenuous sports (Owen et al., 2015). As is apparent from this study, the increase in minutes of activity (LPAG <150 min of strenuous physical activity per week; APAG 150-300 min of strenuous physical activity per week; HPAG >300 min of strenuous physical activity per week) leads to a difference in strength values. According to most authors, recreational physical and sports activity has a positive impact on physical condition and in particular on strength (Darrow et al., 2009). This is confirmed by the results of our study, as limb strength values in the LPAG are lower than in the APAG and the HPAG. HPAG subjects will be better prepared for doing exercise and sport because higher strength levels mean they can deal with and absorb training loads better (Johnston, Gabbett, Jenkins, & Hulin, 2014).

In spite of the improvement of certain fitness factors, increased practice patterns have been linked to an increased risk of injury (Leppänen et al., 2014). These injuries may be caused by the appearance of triggers including the presence of asymmetric strength levels between dominant and non-dominant leg (Newton et al., 2006). Identifying these bilateral differences should be a concern for sports coaches and trainers, who need to master those basic strategies in order to monitor strength values (Hewit et al., 2013). Traditionally isokinetic tests (non-functional) and jump tests (functional) have been used to measure imbalances between dominant and non-dominant legs (Maulder & Cronin, 2005). However, the poor relationship observed between the variables associated with an isokinetic test and other sports performance factors means these tests are at a disadvantage

significativas en la fuerza de pierna dominante y no dominante, medida a través de la prueba CMJ en los 3 grupos, así como en el test SJ en el GAFA. Por último, aunque no se han encontrado diferencias entre grupos, se observa una tendencia a disminuir el índice de asimetría en los grupos con un patrón de actividad físico-deportiva mayor. Según los resultados obtenidos existen más sujetos con baja simetría (<85%), y por tanto mayor riesgo de lesión en la extremidad inferior dentro del GAFB, en comparación con GAFM y GAFA.

La fuerza y la potencia son cualidades muy importantes en la mayoría de deportes (Mcguigan, Wright, & Fleck, 2012). Actualmente también se relacionan con la prevención de lesiones, puesto que buenos niveles de fuerza pueden reducir el daño muscular derivado de la participación en actividades deportivas intensas (Owen et al., 2015). Tal y como se desprende del presente estudio, el incremento en los minutos de actividad (GAFB <150 min de actividad física intensa semanal; GAFM 150-300 min de actividad física intensa semanal; GAFA >300 min de actividad física intensa semanal), promueve una diferencia en los valores de fuerza. Según la mayoría de autorías, la práctica físico-deportiva recreativa tiene efectos positivos sobre la condición física y en concreto sobre la fuerza (Darrow et al., 2009). Esto se confirma con los resultados de nuestro estudio, ya que en el GAFB existen unos valores de fuerza por extremidad menores que en el GAFM y el GAFA. Los sujetos del GAFA estarán mejor predispuestos para la práctica, ya que mayores niveles de fuerza permiten afrontar y asimilar de manera óptima las cargas de entrenamiento (Johnston, Gabbett, Jenkins, & Hulin, 2014).

A pesar de la mejora de determinados factores de la condición física, el aumento en los patrones de práctica ha sido relacionado con un incremento del riesgo de lesión (Leppänen et al., 2014). Esta lesión viene ocasionada por la aparición de agentes desencadenantes entre los que podemos señalar la presencia de niveles de fuerza asimétricos entre pierna dominante y no dominante (Newton et al., 2006). La identificación de estas diferencias bilaterales debe ser una preocupación para técnicos deportivos y preparadores físicos, quienes deben dominar aquellas estrategias básicas para poder monitorizar los valores de fuerza (Hewit et al., 2013). Tradicionalmente se han empleado pruebas isocinéticas (no funcionales) y test de salto (funcionales) para la medición de asimetrías entre pierna dominante y no dominante (Maulder & Cronin, 2005). Sin embargo, la baja relación observada entre las variables asociadas a un test isocinético y otros factores de rendimiento deportivo, sitúan a estas pruebas

compared to other tools such as hop tests (Hewit et al., 2012).

In our study there is no uniform imbalance pattern due to the test performed. As noted by other authors, asymmetries seem to be highly dependent on the recording methodology used (Schot, Bates, & Dufek, 1994). There are differences between dominant and non-dominant legs in the CMJ regardless of the physical activity pattern presented, and in the SJ within the HPAG. Similar to the findings in our study, another study using the jump test with a sample of healthy non-athletes found no significant differences in the strength of dominant and non-dominant legs in any of the tests (Maulder & Cronin, 2005).

Although strength asymmetry increases the risk of injury in sports (Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2003; Newton et al., 2006), there is no specific magnitude in the literature that identifies a threshold from which there is more risk of injury or the range that characterises the injured player (Hewit et al., 2012). However, it appears that 15% differences in strength values between each leg are associated with injured or endangered players, while 10% asymmetry defines uninjured or low risk ones (Maulder & Cronin, 2005; Meylan, Nosaka, Green, & Cronin, 2010; Newton et al., 2006). Values of 15% are the signal to set up intervention programmes, but lower indexes must also be accompanied by prevention protocols in order to reduce the effect of triggers (Hewit et al., 2012). One of these triggers may be the practice itself (Maulder & Cronin, 2005) since the asymmetries between limbs reflect the demands of the sport done (Hewit et al., 2012). However, although no significant intergroup asymmetry index differences have been observed, in our study the mean and limit values for this variable are higher in the LPAG and APAG groups compared with the HPAG. This is contrary to what was found in other research, where increasing competitive requirements and therefore hours of training also meant an increase in asymmetry (Schiltz et al., 2009). The asymmetry index obtained by the jump tests used in this study is substantially higher than that found for non-athletes by other authors (Barber et al., 1990; Maulder & Cronin, 2005). In addition, the results of the CMJ and SJ tests in the APAG and the HPAG show values similar to those of a sample of sportspeople from different team sports (Meylan et al., 2010)

en desventaja con respecto a otras herramientas como los hop test (Hewit et al., 2012).

En nuestro estudio no existe un esquema de asimetría homogéneo en razón de la prueba realizada. Tal y como se ha señalado por otros autores, las asimetrías parecen tener una alta dependencia con la metodología de registro empleada (Schot, Bates, & Dufek, 1994). Se observan diferencias entre pierna dominante y no dominante en el CMJ con independencia del patrón de actividad física manifestado, y en el SJ dentro del GAFA. Similar a lo encontrado en nuestro trabajo, otro estudio que empleó test de salto en una muestra de sujetos sanos no deportistas, no encontró diferencias significativas en la fuerza de pierna dominante y no dominante en ninguno de los test (Maulder & Cronin, 2005).

Aunque la asimetría de fuerza aumenta el riesgo de lesión en el deporte (Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2003; Newton et al., 2006), no existe en la literatura una magnitud específica que identifique el umbral a partir del cual existe más peligro de lesión o aquel rango que caracteriza al jugador lesionado (Hewit et al., 2012). No obstante, parece que diferencias del 15% en los valores de fuerza entre una y otra pierna se asocia con jugadores lesionados o en peligro, mientras que un 10% de asimetría define a los no lesionados o con bajo riesgo (Maulder & Cronin, 2005; Meylan, Nosaka, Green, & Cronin, 2010; Newton et al., 2006). Los valores del 15% son la señal para instaurar programas de intervención, pero índices inferiores también deben ser acompañados de protocolos de prevención con el objetivo de reducir el efecto de factores desencadenantes (Hewit et al., 2012). Uno de estos agentes puede ser la propia práctica (Maulder & Cronin, 2005), ya que las asimetrías entre extremidades reflejan las demandas del deporte practicado (Hewit et al., 2012). Sin embargo, y a pesar de que no se han observado diferencias significativas intergrupos en el índice de asimetría, en nuestro estudio los valores medios y límites en relación con esta variable, son más altos en los grupos GAFB y GAFM comparados con GAFA. Esto es contrario a lo encontrado en otro trabajo, donde el aumento de la exigencia competitiva y por tanto de las horas de preparación, suponía también un incremento en la asimetría (Schiltz et al., 2009). El índice de asimetría obtenido por los test de salto empleados en este estudio es sustancialmente mayor al señalado para sujetos no deportistas, por otras autorías (Barber et al., 1990; Maulder & Cronin, 2005). Además, los resultados de los test CMJ y SJ en el GAFM y GAFA, revelan valores similares a los de una muestra de deportistas de diferentes disciplinas de equipo (Meylan et

and soccer players (Menzel et al., 2013), but lower than those indicated for athletes (Impellizzeri et al., 2007). Consequently and although the emergence of training stimuli has been used to explain possible asymmetries (Maulder & Cronin, 2005), we did not find this in our study. As can be seen in Table 3, we found a higher percentage of low symmetry cases (<85%), and therefore high risk of injury, in the LPAG. Under these conditions, when these individuals are placed in exercise programmes their weak leg will absorb additional pressure, jeopardising performance and making them more prone to lower limb injury (Hoffman et al., 2007; McElveen, Riemann, & Davies, 2009). This risk is increased if the activity involves a significant number of high-intensity actions and changes of direction (Hader, Mendez-Villanueva, Ahmaidi, Williams, & Buchheit, 2014). Hence even though increased physical sports exercise has been associated with an increased occurrence of risk agents (Herman et al., 2012), and in others it has been found that greater training load demands lead to increased asymmetry indexes (Schiltz et al., 2009), our research shows that the HPAG recreational activity pattern does not bring about greater strength imbalances compared with the APAG and the LPAG.

Conclusions

The pattern of weekly physical activity undertaken by university student subjects is related to the strength levels of the lower limbs. The difference in strength between dominant and non-dominant leg is present in the group with the highest physical exercise and sports activity pattern, which would suggest supplementing such practice with counter-vailing strength work. However, this increased level of activity does not result in a greater asymmetry index for participant subjects and we found more subjects at risk of lower limb injury due to low levels of symmetry in the groups most prone to physical inactivity.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

al., 2010) y jugadores de fútbol (Menzel et al., 2013), pero inferiores a los indicados para atletas (Impellizzeri et al., 2007). Por lo tanto, aunque la aparición de estímulos de entrenamiento ha sido empleada para justificar posibles asimetrías (Maulder & Cronin, 2005), en nuestro trabajo esto no se observa. Tal y como puede comprobarse en la tabla 3, se ha encontrado un mayor porcentaje de casos con baja simetría (<85%), y por tanto alto riesgo de lesión, en el GAFB. En estas condiciones, cuando estos sujetos se instauran en programas de ejercicio físico, su pierna débil asumirá una presión adicional, comprometiendo el rendimiento y estando más predispuestos a la lesión en la extremidad inferior (Hoffman et al., 2007; McElveen, Riemann, & Davies, 2009). Este riesgo será mayor si en la actividad hay gran presencia de acciones de alta intensidad y cambios de dirección (Hader, Mendez-Villanueva, Ahmaidi, Williams, & Buchheit, 2014). Por lo tanto, a pesar de que el aumento de ejercicio físico-deportivo ha sido relacionado con una mayor aparición de agentes de riesgo (Herman et al., 2012), y que en otros se ha comprobado que una mayor exigencia en cuanto a la carga de entrenamiento, conduce a un incremento en los índices de asimetría (Schiltz et al., 2009), en nuestro trabajo se observa que el patrón de actividad de tipo recreativo del GAFA, comparado con el del GAFM y GAFB no induce a desequilibrios de fuerza mayores.

Conclusiones

El patrón de actividad física semanal realizado por sujetos universitarios está relacionado con los niveles de fuerza de la extremidad inferior. La diferencia de fuerza entre pierna dominante y no dominante está presente en el grupo con mayor patrón de actividad físico-deportiva, por lo que parece recomendado complementar la práctica con trabajos de fuerza compensatoria. No obstante, este mayor nivel de actividad no provoca en los sujetos participantes un índice de asimetría mayor, observándose más sujetos con riesgo de lesión en la extremidad inferior por niveles de simetría bajo en los grupos con mayor tendencia al sedentarismo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

References / Referencias

- Arnason, A. (2004). Risk factors for injuries in football. *American Journal of Sports Medicine*, 32(1S), 5.16. doi:10.1177/0363546503258912
- Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13(4), 244-250. doi:10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x
- Atkins, S., Hesketh, C., & Sinclair, J. (2013). The presence of bilateral imbalance of the lower limbs in elite youth soccer players of different ages. *Journal of strength and conditioning research: ahead of print*.
- Barber, S., Frank, B., Noyes, F., Mangine, R., McCloskey, J., & Hartman, W. (1990). Quantitative assessment of functional limitations in normal and anterior cruciate ligament-deficient knees. *Clinical Orthopaedic and Related Research*, 255, 204-214. doi:10.1097/00003086-199006000-00028
- Bolgia, L. A., & Keskula, D. R. (1997). Reliability of lower extremity functional performance tests. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 26(3), 138-142. doi:10.2519/jospt.1997.26.3.138
- Bosco, C., & Komi, P.V. (1978). Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 24, 21-32.
- Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469-1475. doi:10.1177/0363546508316764
- Cronin, J. B., & Hansen, K. T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 349-357. doi:10.1519/00124278-200505000-00019
- Darrow, C. J., Collins, C. L., Yard, E. E., & Comstock, R. D. (2009). Epidemiology of severe injuries among united states high school athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 3(9), 1798-1805. doi:10.1177/0363546509333015
- Faigenbaum, A. D., Milliken, L. A., & Westcott, W. L. (2003). Maximal Strength Testing in Healthy Children. *Journal of Strength And Conditioning Research*, 17(1), 162-166. doi:10.1519/00124278-200302000-00025
- Fousekis, K., Elias, & Vagenas, G. (2010). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sport Science and Medicine*, 9, 364-373.
- Hader, K., Mendez-Villanueva, A., Ahmaidi, S., Williams, B. K., & Buchheit, M. (2014). Changes of direction during high-intensity intermittent runs: neuromuscular and metabolic responses. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 6(1), 2. doi:10.1186/2052-1847-6-2
- Herman, K., Barton, C., Malliaras, P., & Morrissey, D. (2012). The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation: a systematic review. *BMC Medicine*, 10(75), 1-12. doi:10.1186/1741-7015-10-75
- Hewitt, J., Cronin, J., & Hume, P. (2012). Multidirectional Leg Asymmetry Assessment in Sport. *National Strength and Conditioning Association*, 34(1), 82-86. doi:10.1519/SSC.0b013e31823e83db
- Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Klatt, M., Faigenbaum, A. D., & Kang, J. (2007). Do bilateral power deficits influence direction-specific movement patterns? *Research in Sports Medicine*, 15, 1-8. doi:10.1080/15438620701405313
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Maffiuletti, N., & Marcora, S. M. (2007). A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(11), 2044-2050. doi:10.1249/mss.0b013e31814fb55c
- Johnston, R. D., Gabbett, T. J., Jenkins, D. G., & Hulin, B. T. (2014). Influence of physical qualities on post-match fatigue in rugby league players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(2), 209-213. http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2014.01.009
- Lehance, C., Binet, J., Bury, T., & Croisier, J. L. (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(2), 243-251. doi:10.1111/j.1600-0838.2008.00780.x
- Leppänen, M., Aaltonen, S., Parkkari, J., Heinonen, A., & Kujala, U. (2014). Interventions to Prevent Sports Related Injuries: A Systematic Review and Meta- Analysis of Randomised Controlled Trials. *Sport Medicine*, 44(4), 473-486. doi:10.1007/s40279-013-0136-8
- Maulder, P., & Cronin, J. (2005). Horizontal and vertical assessment: Reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Physical Therapy and Sport*, 6(2), 74-82. doi:10.1016/j.ptsp.2005.01.001
- McBain, K., Shrier, I., Shultz, R., Meeuwisse, W. H., Klügl, M., Garza, D., & Matheson, G. O. (2012). Prevention of sport injury II: a systematic review of clinical science research. *British Journal of Sports Medicine*, 46(3), 174-179. doi:10.1136/bjism.2010.081182
- McElveen, T. M., Riemann, B. L., & Davies, G. J. (2009). Bilateral comparison and reliability of ground reaction forces during single leg hop. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(2), 375-381. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c06e0b
- Mcguigan, M. R., Wright, G. A., & Fleck, S. J. (2012). Strength Training for Athletes: Does It Really Help Sports Performance? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7, 2-5. doi:10.1123/ijspp.7.1.2
- Meeuwisse, W. H. (1994). Assessing causation in sport injury: a multifactorial model. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 4, 166-170. doi:10.1097/00042752-199407000-00004
- Menzel, H.-J., Chagas, M. H., Szmuchowski, L. A., Araujo, S. R., De Andrade, A. G., & De Jesus-Moraleida, F. R. (2013). Analysis of lower limb asymmetries by isokinetic and vertical jump tests in soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(5), 1370-1377. doi:10.1519/JSC.0b013e318265a3c8
- Meylan, C., Nosaka, K., Green, J., & Cronin, J. B. (2010). Temporal and kinetic analysis of unilateral jumping in the vertical, horizontal, and lateral directions. *Journal of Sports Sciences*, 28(5), 545-554. doi:10.1080/02640411003628048
- Miyaguchi, K., & Demura, S. (2010). Specific factors that influence deciding the takeoff leg during jumping movements. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2516-2522. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e380b5
- Murphy, D. F., Connolly, D. A. J., & Beynon, B. D. (2003). Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 37(1), 13-29. doi:10.1136/bjism.37.1.13

- Myer, G. D., Schmitt, L. C., Brent, J. L., Ford, K. R., Barber, K. D., Scherer, B.J., Heidt, R. S., Divine, J. G., & Hewett, T. E. (2011). Utilization of modified NFL combine testing to identify functional deficits in athletes following ACL reconstruction. *Journal Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 41(6), 377-387. doi:10.2519/jospt.2011.3547
- Newton, R. U., Gerber, A., Nimphius, S., Shim, J. K., Doan, B. K., Robertson, M., Pearson, D. R., Craig, B. W., Häkkinen, K., Kraemer, W. J. (2006). Determination of Functional Strength Imbalance of the Lower Extremities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 971-977.
- Noyes, F. R., Barber, S. D., & Mangine, R. E. (1991). Abnormal lower limb symmetry determined by functional hop tests after anterior cruciate ligament rupture. *American Journal of Sports Medicine*, 19(5), 513-518. doi:10.1177/036354659101900518
- Owen, A., Dunlop, G., Rouissi, M., Chtara, M., Paul, D., & Wong, D. P. (2015). The relationship between lower-limb strength and match-related muscle damage in elite level professional European soccer players. *Journal of Sport Science*: ahead of print.
- Paterno, M. V., Ford, K. R., Myer, G. D., Heyl, R., & Hewett, T. E. (2007). Limb asymmetries in landing and jumping 2 years following anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 17(4), 258-262. doi:10.1097/JSM.0b013e31804c77ea
- Rahnama, N., Lees, A., & Bambaecchi, E. (2008) Comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*, 48, 1568-1575. doi:10.1080/00140130500101585
- Rösch, D., Hodgson, R., Peterson, L., Graf-BAumann, T., Junge, A., Chomiak, J., & Dvorak, J. (2000). Assessment and evaluation of football performance. *American Journal of Sports Medicine*, 28(5), 29-39. doi:10.1177/28.suppl_5.S-29
- Schiltz, M., Maquet, D., Bury, T., Crielaard, J., & Croisier, J. (2009). Explosive Strength Imbalances in Professional Basketball Players. *Journal of Athletic Training*, 44(1), 39-47. doi:10.4085/1062-6050-44.1.39
- Schot, P. K., Bates, B. T., & Dufek, J. S. (1994). Bilateral performance symmetry during drop landing: A kinetic analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26, 1153-1159. doi:10.1249/00005768-199409000-00013
- Theoharopoulos, A. & Tsitskaris, G. (2000). Isokinetic evaluation of the ankle plantar and dorsiflexion strength to determine the dominant limb in basketball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 8(4), 181-186.
- Tolosa, S. M., & Gómez-Conesa, A. (2007). El Cuestionario Internacional de Actividad Física. Un instrumento adecuado en el seguimiento de la actividad física poblacional. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*, 10(1), 48-52. doi:10.1016/S1138-6045(07)73665-1
- Tucker, J. M., Welk, G. J., & Beyler, N. K. (2011). Physical activity in US adults: compliance with the physical activity guidelines for Americans. *American Journal of Preventive Medicine*, 40(4), 454-461. <http://dx.doi.org/10.1016/j.amepre.2010.12.016>