

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
jsanchezsa@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)

¿Es l'exercici físic un factor determinant de les asimetries funcionals en l'extremitat inferior?

CRISTINA PETISCO RODRÍGUEZ
MANUEL CARRETERO GONZÁLEZ
JAVIER SÁNCHEZ SÁNCHEZ
Facultat d'Educació
Universitat Pontifícia de Salamanca (Espanya)

Autor per a la correspondència
Javier Sánchez Sánchez
jsanchezsa@upsa.es

Resum

L'objectiu d'aquest estudi ha estat analitzar la asimetria entre cama dominant i no dominant, per mitjà de test de salt unilateral horitzontal i vertical, en una mostra d'estudiants universitaris amb diferent patró de pràctica fisicoesportiva setmanal. La mostra està composta per 129 estudiants universitaris dividits en grups segons el patró d'activitat física setmanal: activitat física baixa (GAFB; $n = 44$; $20,9 \pm 2,6$ anys; $175,0 \pm 8,1$ cm; $71,2 \pm 12,1$ kg), activitat física mitjana (GAFM; $n = 46$; $20,7 \pm 1,9$ anys; $174,1 \pm 7,0$ cm; $68,9 \pm 9,1$ kg) i activitat física alta (GAFA; $n = 39$; $20,7 \pm 1,4$ anys; $174,8 \pm 7,5$ cm; $68,9 \pm 9,1$ kg). Tots van realitzar test de salt unilaterals verticals: *squat jump* (SJ), *countermovement jump* (CMJ); i horitzontals: *triple hop test for distance* (THD) i *cross-over hop test for distance* (COHD). Els resultats reflecteixen diferències en els valors de força entre cama dominant i no dominant pel GAFA, en les proves SJ ($p < 0,01$), CMJ ($p < 0,05$) i COHD ($p < 0,01$). No s'observen diferències significatives en l'índex d'asimetria en funció del patró d'activitat física. En el GAFB el percentatge de subjectes amb alt risc de lesió en l'extremitat inferior és més alt.

Paraules clau: avaluació funcional, prevenció de lesions, força

Introducció

L'activitat fisicoesportiva té efectes positius sobre la salut dels practicants (Leppänen, Aaltonen, Parkkari, Heinonen, & Kujula, 2014). S'ha demostrat que la incorporació a programes d'activitat física condueix a una millora de qualitats relacionades amb el benestar físic (la força, la resistència o la flexibilitat) i mental

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

(autoestima, disminució de l'ansietat, etc.) (Darrow, Collins, Yard, & Comstock, 2009). No obstant això, l'augment de la pràctica físicoesportiva també ha incrementat l'aparició de lesions esportives (Herman, Barton, Malliaras, & Morrissey, 2012) perquè es tracta d'un fet consubstancial a la pròpia activitat (Leppänen et al., 2014). Així i tot s'han de centrar esforços a reduir la seva incidència, perquè la seva aparició va en detriment de la salut i el benestar, causant diferents estats d'incapacitat i invalidesa que inhabiliten per al desenvolupament de l'activitat quotidiana (Darrow et al., 2009). Per fer front a aquesta situació, sembla recomanat acompanyar la pràctica físicoesportiva principal d'altres exercicis físics preventius (McBain et al., 2012).

Les estratègies de prevenció han de partir d'una identificació i comprensió de tot allò que pot incrementar el risc de lesió (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty, & Ferret, 2008). Els agents involucrats en la incidència lesional (Meeuwisse, 1994) han estat dividits en factors de risc extrínsecs i intrínsecs (Arnason, 2004). Entre aquests últims i a causa de la importància que la força té en el rendiment motor, s'han considerat com a importants els desequilibris entre musculatura agonista i antagonista o entre segment dominant i no dominant (Newton et al., 2006). En concret, les diferències de força entre les extremitats inferiors es coneixen amb el terme d'asimetries funcionals (Fousekis, Elias, & Vagenas, 2010). L'aparició d'aquests dèficits pot estar associada a un inadequat procés de readaptació després d'una lesió, a les connotacions del programa d'entrenament o a les demandes biomotrius de la modalitat esportiva (Newton et al., 2006). Per exemple, un jugador de tennis probablement tingui més massa muscular i força en el seu braç dominant (Hewit, Cronin, & Hume, 2012), i la pràctica de futbol o bàsquet a nivell professional generi dominàncies en el segment inferior dels subjectes esportistes (Rahnama, Llegeixes, & Bambaecichi, 2008; Theoharopoulos & Tsitskaris, 2000).

Les asimetries provoquen una modificació en la mecànica del gest esportiu, que afectarà el rendiment i incrementarà el risc de patir una lesió en el sistema musculoesquelètic (Menzel et al., 2013). El segment feble rep una pressió durant les accions de salt, canvi de direcció i frenada que difícilment podrà tolerar (Hoffman, Ratamess, Klatt, Faigenbaum, & Kang, 2007). D'una banda, cal establir programes d'acció per compensar aquestes asimetries (Hewit

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, Maffioletti, & 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

et al., 2012), i d'una altra, és obligat monitoritzar la força unilateral (Murphy, Connolly, & Beynnon, 2003) i establir rangs d'asimetria tolerables (Hewit et al., 2012). Per desenvolupar aquest seguiment, tradicionalment s'ha recorregut a tests que utilitzen pesos lliures (Faigenbaum, Milliken, & Westcott, 2003) i a altres proves isocinètiques (Croisier et al., 2008; Impellizzeri, Rampinini, Maffioletti, & Marcora, 2007). No obstant això, alguns autors consideren que en aquestes estratègies no estan incorporades les demandes pròpies d'una activitat físicoesportiva i que per tant la informació recollida manca d'especificitat (Lehance, Binet, Bury, & Croisier, 2009). En la cerca d'instruments d'anàlisi més determinants, les proves de salt són una eina molt emprada, a causa de la seva facilitat per oferir dades de la potència del segment inferior, de manera bilateral o unilateral, en diferents plànols d'aplicació i de forma cíclica o acíclica (Hewit et al., 2012).

L'avaluació de la força ha de reproduir les condicions de l'activitat atlètica (Newton et al., 2006). La majoria de gestos esportius resulten d'una successió de forces de reacció unilaterals manifestades en diferents plànols (Maulder & Cronin, 2005). Per aquest motiu, i a pesar que habitualment s'ha valorat la potència mitjançant test de salt vertical (Cronin & Hansen, 2005), les proves de salt horitzontal, en concret els hop test, han adquirit gran valor entre els professionals de les ciències de l'esport (Rösch et al., 2000).

L'objectiu d'aquest estudi ha estat analitzar l'asimetria entre cama dominant i no dominant, per mitjà de test de salt unilateral horitzontal i vertical, en una mostra d'estudiants universitaris, classificats en 3 grups segons el seu patró de pràctica físicoesportiva setmanal.

Material i mètode

Mostra

La mostra participant està composta per 129 estudiants universitaris que voluntàriament van accedir a col·laborar en l'estudi. Com a criteris d'exclusió es va establir haver sofert alguna lesió en els 2 mesos previs a la data de realització dels test i estar federat per a la pràctica d'alguna disciplina esportiva. Els subjectes van ser dividits en 3 grups segons el seu nivell d'activitat física setmanal: grup d'activitat física baixa (GAFB), grup d'activitat física mitjana (GAFM) i grup d'activitat física

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 (Toloza & 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

Grup	Edat (anys)	Altura (cm)	Pes (kg)	AF (minuts/setmana)
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: minuts d'activitat física realitzats per setmana; n = grandària mostral; GAFB = grup d'activitat física baixa; GAFM = grup d'activitat física mitjana; GAFA = grup d'activitat física alta.

Taula 1. Descripció dels grups que componen la mostra objecte d'estudi

alta (GAFA) (taula 1). Abans del començament de les proves, els participants van signar un consentiment informat en el qual se'ls anunciaven els beneficis, riscos i obligacions derivades de la seva inclusió en l'estudi. El disseny experimental va ser aprovat pel Comitè d'Ètica de la Universitat Pontifícia de Salamanca i complia amb les directrius establertes a la Declaració d'Hèlsinki (2013).

Procediment

Una setmana abans de la data d'avaluació, els subjectes van prendre part en 2 sessions de familiarització amb els tests i els instruments de mesura. Es va registrar l'edat, la talla i el pes dels participants en la primera sessió d'avaluació. A més, per avaluar el patró d'activitat física habitual, es va demanar a les persones participants que completessin les preguntes del qüestionari internacional d'activitat física (IPAQ) versió curta (Toloza & Gómez-Conesa, 2007). Per estimar el patró d'activitat física intensa setmanal es va considerar la pregunta: ¿Durant els últims 7 dies, quants va realitzar activitats físiques intenses tals com aixecar pesos pesats, fer exercici aeròbic o anar amb bicicleta?, i Quant temps en total va dedicar a una activitat física intensa en un d'aquests dies?. En funció de l'activitat física intensa realitzada, es va dividir la mostra en 3 grups (Tucker, Welk, & Beyler, 2011): menys de 150 minuts/setmana (GAFB), 150 a 300 minuts/setmana (GAFM) i més de 300 minuts/setmana (GAFA). Per a la realització de les proves es va demanar als subjectes evitar qualsevol activitat física intensa en les 48 hores prèvies, acudir amb roba esportiva i haver realitzat l'últim àpat almenys 3 hores abans

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.

del començament dels tests. Després de 15 minuts d'escalfament dirigit per un tècnic especialista (carretera de baixa intensitat, mobilitat articular i 5 accions de salt vertical i horitzontal), els subjectes van començar els tests en l'ordre següent: *squat jump* (SJ), *countermovement jump* (CMJ), *triple hop test for distance* (THD) i *cross-over hop test for distance* (COHD). Els tests es van realitzar amb ambdues cames per separat, alternant en la mateixa prova el segment dominant primer i el no dominant després. Es va considerar com a cama dominant aquella amb la qual el subjecte manifesta més mestratge per realitzar habilitats bàsiques com tocs o controls de pilota (Miyaguchi & Demura, 2010). No es va repetir cap salt amb la mateixa cama sense respectar un descans de 30 segons. El temps de recuperació entre cada tipus de salt va ser de 2 minuts. Es van realitzar 2 intents de cada tipus de salt, triant el millor resultat de cadascun.

A partir dels resultats obtinguts en cada test per a la cama dominant i no dominant, es va calcular l'índex d'asimetria (Barber et al., 1990), en valors absoluts (Hewit et al., 2012):

$$\frac{\text{Cama no dominant} - \text{cama dominant}}{\text{Cama dominant}} \times 100$$

A partir de la simetria manifestada en cada test de salt, i considerant com a situació de risc un valor inferior al 85% de simetria, es va calcular el percentatge de subjectes de cada grup d'activitat física situat en cada nivell de simetria (Maulder & Cronin, 2005): sota risc, <90%; risc mitjà, 90-85%; alt risc, >85%.

Test de salt vertical

La força unilateral vertical dels participants va ser avaluada a través dels tests SJ i CMJ segons el procediment proposat per Maulder i Cronin (2005). Es va prendre l'altura de cada impuls en metres emprant amb la plataforma de salt Globus Ergo System® (Codognè, Itàlia). En el test SJ els subjectes van partir amb 90° de flexió de genolls, es van mantenir en un suport i amb les mans fixes sobre els malucs. Des d'aquesta posició el subjecte realitzava un impuls màxim amb l'objectiu d'aconseguir l'altura màxima vertical possible. La realització del test CMJ va seguir un procediment similar, però en aquesta prova el subjecte va realitzar una flexió i extensió del genoll previ a l'enlairament. En cap cas es va permetre la flexió de genoll durant la fase aèria (Bosco & Komi, 1978). En tots dos tests el resultat es va mesurar en metres.

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 (Bolglá & 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 fiabilitat d'ambdues proves ha estat examinada en treballs anteriors duts a terme sobre poblacions que realitzaven esport recreatiu (Maulder & Cronin, 2005), amb bons valors en el coeficient de correlació intraclasse (CCI) de 0,82-0,86 i de 0,86-0,95, en els tests SJ i CMJ, respectivament.

Test de salt horitzontal

Segons el test de salt horitzontal emprat en altres treballs (Maulder & Cronin, 2005; Noyes, Barber, & Mangine, 1991; Rösch et al., 2000), es va avaluar la força horitzontal unilateral per mitjà dels tests THD i COHD. En el THD, el participant va realitzar 3 impulsos horitzontals amb cama dominant o amb cama no dominant, intentant aconseguir la major longitud possible. Durant el COHD, el participant va realitzar els mateixos impulsos, però alternant cada suport a un costat i un altre d'una línia de referència. Perquè l'intent fos vàlid, les mans havien d'estar sobre els malucs i la posició d'aterratge s'havia de mantenir durant 2-3 segons, sense pèrdua d'equilibri o moviments addicionals que impliquessin l'extremitat lliure. El resultat es va mesurar en metres.

La fiabilitat d'ambdues proves ha estat examinada en treballs anteriors duts a terme sobre poblacions de joves actius (Bolglá & Keskula, 1997), amb valors del CCI de 0,95 i 0,96 per als test THD i COHD, respectivament.

Anàlisi estadística

Els valors corresponents a cada variable s'expressen a través de la mitjana i desviació estàndard (\pm SD). Per a la comprovació de la distribució normal de les dades, que permet l'ús de l'estadística paramètrica es va aplicar la prova Shapiro-Wilk W-test. Per comparar la força de cada segment (cama dominant i cama no dominant), en les diferents proves de salt (SJ, CMJ, THD i COHD) segons el nivell d'activitat física (GAFB, GAFM i GAFA) es va emprar la prova Anova. També va ser emprada aquesta prova per comparar la influència del nivell d'activitat física sobre l'índex d'asimetria observat en cada prova de salt. La prova t-Student per a mostres relacionades va ser utilitzada per comparar les diferències de força entre cama dominant i no dominant en cada grup d'activitat. En tots els casos es va establir un nivell de significació de $p < 0,05$ o $p < 0,01$. L'anàlisi estadística es va realitzar usant el programa Estadístic per a les Ciències Socials SPSS per 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.

Resultats

En la taula 2 es mostren els valors de cada prova de salt (SJ, CMJ, THD i COHD), per a la cama dominant i no dominant en cadascun dels grups d'avaluació (GAFB, GAFM i GAFA). L'anàlisi intergrup reflecteix diferències significatives en els valors de força tant en cama dominant com no dominant, en els tests THD i CMJ ($p < 0,01$ en GAFB vs. GAFA i GAFM vs. GAFA). En la prova COHD realitzada amb cama no dominant existeixen diferències significatives ($p < 0,01$) en GAFB vs. GAFA, no observant-se tal comportament en GAFB vs. GAFM i GAFM vs. GAFA. Finalment, els valors registrats en el test SJ no revelen diferències en comparar GAFB vs. GAFM en cap dels segments analitzats, però sí ($p < 0,01$) quan es contrasten els resultats de salt en ambdues extremitats en GAFB vs. GAFA i GAFM vs. GAFA. D'altra banda, l'anàlisi intragrup reflecteix diferències en els valors de força entre cama dominant i no dominant en les proves SJ ($p < 0,01$) i CMJ ($p < 0,05$) realitzades pel GAFA. Les diferències significatives es mantenen en la prova CMJ ($p < 0,01$) en els altres dos grups. No s'han observat diferències entre cama dominant i no dominant en els test de salt horitzontal.

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 ^{***s}
	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 ^{***y}	0.30±0.02 ^{***s}
	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; ^s 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)	Dominant	5,07±0,84 [#]	5,58±1,14 ^{yy}	6,15±0,76 ^{ss}
	No 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}
	No 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 ^{***s}
	No 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 ^{***y}	0,30±0,02 ^{***s}
	No dominant	0,20±0,03 [#]	0,18±0,03 ^{yy}	0,29±0,02 ^{ss}

GAFB = grup d'activitat física baixa; GAFM = grup d'activitat física moderada; GAFA = grup d'activitat física alta; THD = triple hop test for distance; COHD = cross-over hop test for distance; SJ = squat jump; CMJ = countermovement jump. * Diferències entre cama dominant i no dominant; [#] Diferències entre GAFB i GAFM; ^s Diferències entre GAFB i GAFA; ^y Diferències entre GAFM i GAFA. Nivells de significació, * $p < 0,05$ y ** $p < 0,01$; [#] $p < 0,05$ y ^{##} $p < 0,01$; ^{ss} $P < 0,01$; ^y $P < 0,05$ y ^{yy} $p < 0,01$.

Taula 2.
Nivell de força en cama dominant i no dominant en funció del nivell d'activitat física

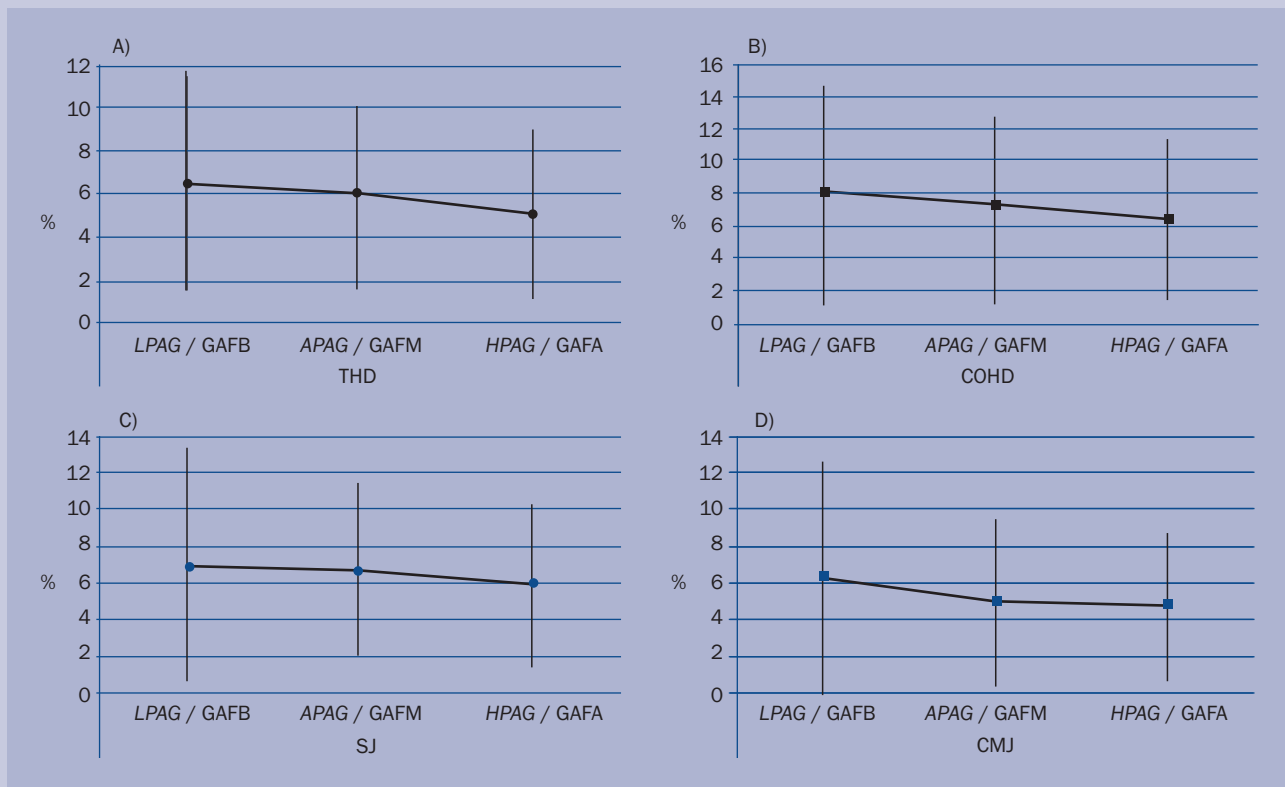


Figure 1. Asymmetry depending on the pattern of low (LPAG), average (APAG) and high (HPAG) physical activity present in the participating subjects, analysed by the Triple hop for distance (A, THD), Cross-over hop for distance (B, COHD), Squat jump (C, SJ) and Countermovement jump (D, CMJ) tests

Figura 1. Asimetria en funció del patró d'activitat física baixa (GAFB), moderada (GAFM) i alta (GAFA) present en els subjectes participants, analitzada a través de les proves de salt 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 s'observen diferències significatives en l'índex d'asimetria en funció del patró d'activitat física manifestat en els subjectes participants en l'estudi, en cap dels tests de salt emprats (fig. 1). Únicament es pot apreciar, amb independència de la prova analitzada, una tendència a disminuir l'asimetria en força en l'extremitat inferior a favor del grup amb major temps de pràctica fisicoesportiva.

En la taula 3 s'observa el percentatge de subjectes pertanyent a cada grup d'activitat física (GAFB, GAFM i GAFA), que presenten nivells de simetria en força en diferent grau d'importància: sota risc, <90%; risc mitjà, 90-85%; alt risc, >85%. En el GAFB el percentatge de subjectes amb alt risc és més alt, especialment en la prova COHD. Aquest test també revela major nombre de subjectes en GAFM i GAFA amb alt risc de lesió en l'extremitat inferior. En GAFA s'observen baixos percentatges de participants en nivells de simetria relacionats amb l'alt risc de lesió en extremitat inferior

	THD(%)	COHD(%)	SJ(%)	CMJ(%)
Dif	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.

	THD(%)	COHD(%)	SJ(%)	CMJ(%)
Dif	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
	GAFM (n=46)			
>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 = mida de la mostra; Dif = índexs de simetria; GAFB = grup d'activitat física baixa; GAFM = grup d'activitat física moderada; GAFM = grup d'activitat física alta; 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

Taula 3. Percentatge (%) de subjectes en cada grup d'activitat física amb diferents índexs de simetria

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

(simetria <85%), tal com reflecteixen els resultats en els test THD, COHD, SJ i CMJ (4,5, 4,5, 0 i 2,3, respectivament).

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

Discussió

L'objectiu d'aquest estudi ha estat analitzar l'asimetria entre cama dominant i no dominant, per mitjà de tests de salt unilateral horitzontal i vertical, en una mostra d'estudiants universitaris classificats en 3 grups segons el seu patró de pràctica fisicoesportiva setmanal. Es disposa d'estudis que han analitzat la influència de l'edat (Atkins, Hesketh & Sinclair, 2013), les lesions esportives (Patern, Ford, Myer, Heyl & Hewett, 2007) o el nivell competitiu en les asimetries de força (Schiltz, Maquet, Bury, Crielaard, & Croisier, 2009). No obstant això, no sabem que existeixin treballs que s'hagin ocupat d'estudiar la influència de les hores de pràctica fisicoesportiva en els nivells de força de cama dominant i no dominant. Els resultats mostren diferències significatives intergrups en aquesta qualitat, observant-se millors resultats en els tests de força en una i una altra extremitat en aquells que practiquen més exercici setmanal. A més, els

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

resultats revelen diferències significatives en la força de cama dominant i no dominant, mesurada a través de la prova CMJ en els 3 grups, així com en el test SJ en el GAFA. Finalment, encara que no s'han trobat diferències entre grups, s'observa una tendència a disminuir l'índex d'asimetria en els grups amb un patró d'activitat físicoesportiva major. Segons els resultats obtinguts existeixen més subjectes amb baixa simetria (<85%), i per tant més risc de lesió en l'extremitat inferior dins del GAFA, en comparació entre GAFA i GAFA.

La força i la potència són qualitats molt importants en la majoria d'esports (Mcguigan, Wright, & Fleck, 2012). Actualment també es relacionen amb la prevenció de lesions, ja que bons nivells de força poden reduir el dany muscular derivat de la participació en activitats esportives intenses (Owen et al., 2015). Tal com es desprèn del present estudi, l'increment en els minuts d'activitat (GAFA <150 min d'activitat física intensa setmanal; GAFA 150-300 min d'activitat física intensa setmanal; GAFA >300 min d'activitat física intensa setmanal), promou una diferència en els valors de força. Segons la majoria d'autories, la pràctica físicoesportiva recreativa té efectes positius sobre la condició física i en concret sobre la força (Darrow et al., 2009). Això es confirma amb els resultats d'aquest estudi, ja que en el GAFA existeixen uns valors de força per extremitat menors que el GAFA i el GAFA. Els subjectes del GAFA estaran més ben predisposats per a la pràctica, ja que més nivells de força permeten afrontar i assimilar de manera òptima les càrregues d'entrenament (Johnston, Gabbett, Jenkins, & Hulin, 2014).

Malgrat la millora de determinats factors de la condició física, l'augment en els patrons de pràctica ha estat relacionat amb un increment del risc de lesió (Leppänen et al., 2014). Aquesta lesió l'ocasiona l'aparició d'agents desencadenants entre els quals podem assenyalar la presència de nivells de força asimètrics entre cama dominant i no dominant (Newton et al., 2006). La identificació d'aquestes diferències bilaterals ha de ser una preocupació per al personal tècnic esportiu i preparador físic, els quals han de dominar aquelles estratègies bàsiques per poder monitoritzar els valors de força (Hewit et al., 2013). Tradicionalment s'han emprat proves isocinètiques (no funcionals) i test de salt (funcionals) per al mesurament d'asimetries entre cama dominant i no dominant (Maulder & Cronin, 2005). No obstant això, la baixa relació observada entre les variables associades a un test isocinètic i altres factors de rendiment esportiu, situen a aquestes proves

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 desavantatge pel que fa a altres eines com els hop test (Hewit et al., 2012).

En el nostre estudi no existeix un esquema d'asimetria homogeni en raó de la prova realitzada. Tal com s'ha assenyalat per altres autors, les asimètries semblen tenir una alta dependència amb la metodologia de registre emprada (Schot, Bates, & Dufek, 1994). S'observen diferències entre cama dominant i no dominant en el CMJ amb independència del patró d'activitat física manifestat, i en el SJ dins del GAFA. Similar als resultats d'aquest estudi, en un altre treball que es va emprar test de salt en una mostra de subjectes sans no esportistes, no s'hi van trobar diferències significatives en la força de cama dominant i no dominant en cap dels tests (Maulder & Cronin, 2005).

Encara que l'asimetria de força augmenta el risc de lesió en l'esport (Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2003; Newton et al., 2006), no existeix en la literatura científica una magnitud específica que identifiqui el llindar a partir del qual el perill de lesió o aquell rang que caracteritza el jugador lesionat és més alt (Hewit et al., 2012). No obstant això, sembla que diferències del 15% en els valors de força entre una i una altra cama s'associa amb jugadors lesionats o en perill, mentre que un 10% d'asimetria defineix els no lesionats o amb baix risc (Maulder & Cronin, 2005; Meylan, Nosaka, Green, & Cronin, 2010; Newton et al., 2006). Els valors del 15% són el senyal per instaurar programes d'intervenció, però índexs inferiors també han de ser acompanyats de protocols de prevenció amb l'objectiu de reduir l'efecte de factors desencadenants (Hewit et al., 2012). Un d'aquests agents pot ser la pròpia pràctica (Maulder & Cronin, 2005), ja que les asimètries entre extremitats reflecteixen les demandes de l'esport practicat (Hewit et al., 2012). No obstant això, i a pesar que no s'han observat diferències significatives intergrups en l'índex d'asimetria, en el nostre estudi els valors mitjans i límits en relació amb aquesta variable, són més alts en els grups GAFA i GAFM comparats amb GAFA. Això és contrari al s'observa en un altre treball, on l'augment de l'exigència competitiva i per tant de les hores de preparació, suposava també un increment en l'asimetria (Schiltz et al., 2009). L'índex d'asimetria obtingut pels tests de salt emprats en aquest estudi és substancialment superior a l'assenyalat per a subjectes no esportistes, per altres autories (Barber et al., 1990; Maulder & Cronin, 2005). A més, els resultats dels tests CMJ i SJ en el GAFM i GAFA, revelen valors similars als d'una mostra d'esportistes de diferents disciplines

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.

d'equip (Meylan et al., 2010) i jugadors de futbol (Menzel et al., 2013), però inferiors als indicats per a atletes (Impellizzeri et al., 2007). Per tant, encara que l'aparició d'estímul d'entrenament ha estat emprada per justificar possibles asimetries (Maulder & Cronin, 2005), en el nostre treball això no s'observa. Tal com pot comprovar-se en la taula 3, s'ha trobat un major percentatge de casos amb baixa simetria (<85%), i per tant alt risc de lesió, en el GAFB. En aquestes condicions, quan aquests subjectes s'instaurin en programes d'exercici físic, la seva cama feble assumirà una pressió addicional, comprometent el rendiment i estant més predisposats a la lesió en l'extremitat inferior (Hoffman et al., 2007; McElveen, Riemann, & Davies, 2009). Aquest risc serà superior si en l'activitat hi ha gran presència d'accions d'alta intensitat i canvis de direcció (Hader, Mendez-Villanueva, Ahmaidi, Williams, & Buchheit, 2014). Per tant, malgrat que l'augment d'exercici fisicoesportiu ha estat relacionat amb més aparició d'agents de risc (Herman et al., 2012), i que en uns altres s'ha comprovat que una major exigència quant a la càrrega d'entrenament condueix a un increment en els índexs d'asimetria (Schiltz et al., 2009), en el nostre treball s'observa que el patró d'activitat de tipus recreatiu del GAFA, comparat amb el del GAFM i GAFB no indueix a desequilibris de força majors.

Conclusions

El patró d'activitat física setmanal realitzat per subjectes universitaris està relacionat amb els nivells de força de l'extremitat inferior. La diferència de força entre cama dominant i no dominant està present en el grup amb més d'activitat fisicoesportiva, per la qual cosa sembla recomanat complementar la pràctica amb treballs de força compensatòria. No obstant això, aquest nivell superior d'activitat no provoca en els subjectes participants un índex d'asimetria major, observant-se més subjectes amb el risc de lesió en l'extremitat inferior per nivells de simetria baix en els grups amb més tendència al sedentarisme.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren no tenir cap conflicte d'interessos.

References / Referències

- 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.
- Toloza, 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>