

Anàlisi de l'elecció de la cama d'atac predominant en la prova de 400 metres tanques dels XIII Campionats del Món d'Atletisme Daegu 2011

Analysis of the Choice of the Predominant Lead Leg in the 400 m Hurdles at the 13th World Athletics Championships Daegu 2011

JOSÉ LUIS LÓPEZ DEL AMO

Universitat de Vic (GREAF) - Fundació CIDIDA (Espanya)

ADRIÁN GARCÍA FRESNADA

Universitat de Barcelona - Fundació CIDIDA (Espanya)

CARLOS ALBERTO CORDENTE MARTÍNEZ

Universidad Politécnica de Madrid - INEF (Espanya)

ANTONIO MONTOYA VIECO

PABLO GONZÁLEZ MIGUEL

Universitat de València (Espanya)

Autor per a la correspondència

José Luis López del Amo

jl.lopez@uvic.cat

Resum

Objectius: Analitzar la utilització d'una o altra cama com a cama d'atac predominant en atletes de 400 metres tanques d'alt nivell. **Mètode:** L'estudi és descriptiu de tall transversal. Es van estudiar totes les curses de 400 metres tanques dels 72 participants (34 homes i 38 dones) en els XIII Campionats del Món d'Atletisme Daegu 2011 mitjançant la gravació en vídeo des de la tribuna principal del Daegu Stadium de les 18 curses de 400 metres tanques disputades i la posterior anàlisi mitjançant l'aplicació informàtica Kinovea 0.8.4. **Resultats:** Per atletes, en el total de les curses masculines, la cama d'atac predominant va ser l'esquerra, amb el 63,6 % (42 atletes), i amb la cama dreta va haver-hi el 34,8 % (23 atletes). Només en un cas hi havia un equilibri entre esquerra i dreta. A la final va haver-hi el 75 % (6 atletes) la cama predominant d'atac dels quals va ser l'esquerra. Quant a les dones, la cama d'atac predominant va ser l'esquerra, amb el 48,6 %, seguida de la cama dreta, amb el 41,4 %, i per al 10 % hi havia un equilibri de les dues. A la final, en canvi, la cama predominant d'atac va ser la dreta, amb el 87,5 % (7 atletes), pel 12,5 % de l'esquerra (1 sola atleta). Es van trobar diferències significatives ($p = 0,018$) en la mitjana de temps finals dels atletes masculins segons quina fos la seva cama d'atac. **Conclusions:** La majoria dels atletes ataquen les tanques amb dreta i esquerra en algun moment de la cursa, la qual cosa obliga al domini tècnic bilateral. La cama d'atac més utilitzada és l'esquerra, encara que en menor mesura en el cas de les dones. Per primera vegada en una gran competició, 7 de les 8 finalistes tenen la cama dreta com a cama predominant.

Paraules clau: atletisme, 400 metres tanques, estructura rítmica, cama d'atac, biomecànica

Abstract

Analysis of the Choice of the Predominant Lead Leg in the 400 m Hurdles at the 13th World Athletics Championships Daegu 2011

Objectives: to analyse use of either leg as the predominant lead leg by high level 400 m hurdlers. **Method:** this is a cross-sectional descriptive study. We studied all the 400 m hurdles races of the 72 participants (34 men and 38 women) at the 13th World Athletics Championships Daegu 2011 by recording video from the Daegu Stadium grandstand of the eighteen 400 m hurdles races run and subsequently performing analysis using the Kinovea 0.8.4 computer application. **Results:** by athletes, in the total men's races the predominant lead leg was the left one at 63.6% (42 athletes) while it was the right leg in 34.8% of cases (23 athletes). Only in one case was there a balance between left and right. In the final the predominant lead leg for 75% or 6 of the athletes was the left one. As for women, the predominant lead leg was the left one at 48.6% followed by the right leg at 41.4% and 10% had a balance between the two. In the final, however, the predominant lead leg was the right one at 87.5% (7 athletes) compared to 12.5% for the left leg (just 1 athlete). Significant differences ($p = 0.018$) were found in the mean final time for men athletes depending on which their lead leg was. **Conclusions:** most athletes lead the hurdles with both left and right legs at some point in the race which means they need bilateral technical mastery. The leg most used to lead the hurdles is the left one, albeit to a lesser extent in the case of women. For the first time in a major competition, 7 of the 8 finalists had their right leg as their predominant leg.

Keywords: athletics, 400 m hurdles, rhythmic structure, lead leg, biomechanics

Introducció

Els estudis sobre la prova de 400 metres tanques han estat nombrosos en els últims anys, i una bona part s'ha centrat en l'anàlisi de les grans competicions (Behm, 1995, 1996, 2000, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011; Ditroilo & Marini, 2001; Gil, Marín, & Pascua, 2005; Glad & Brüggemann, 1990; Graubner & Nixdorf, 2011; Hommel & Korzewski, 1999; Letzelter, 2004; Martín, 2005; Moriorka, 1997). Aquestes anàlisis s'han referit fonamentalment a dues grans àrees estretament relacionades: l'estructura rítmica i la distribució de l'esforç. L'estructura rítmica és bàsicament el nombre de passos que empra l'atleta entre cada tanca, trams que es denominen unitats rítmiques (Schmolinsky, 1981). Molt relacionat amb l'estructura rítmica hi ha l'elecció de cama d'atac davant de cada tanca en la cursa, moltes vegades determinant en el resultat final.

Quan un atleta fa passos imparells entre tanques, manté la mateixa cama d'atac. En canvi, quan són parells, està obligat a canviar de cama d'atac. Tenint en compte que el més freqüent és que els atletes utilitzin en algun moment de la cursa tant la cama dreta com l'esquerra per fer l'atac a la tanca, resulta molt important dominar el pas de la tanca amb ambdues cames.

Autors com Lindeman (1995) asseguren que l'ideal és mantenir sempre un nombre constant de passos imparells entre cada tram de tanques al llarg de tota la carrera, i atacar la tanca amb la cama esquerra (tots els trams a 13, 15, 17, etc. passos). Aquesta circumstància permetria que el corredor passés la tanca per l'interior del carrer en els revolts, fent el nombre menys gran de metres possibles. No obstant això, en la pràctica són pocs els atletes que mantenen aquesta tendència, condicionats per l'efecte de la fatiga, el nivell de rendiment, l'estat de forma o per factors antropomètrics, entre altres. Per això, el més freqüent és observar altres estratègies quant a la distribució del nombre de passos, que habitualment comporten un increment en el nombre d'aquests entre tanques, i es fan entre 1 i 3 canvis de nombre de passos entre tanques al llarg de la prova. A partir d'aquí, provenint d'un rítmic imparell, trobem sobretot dues possibilitats: afegir una passa, la qual cosa significa haver d'atacar amb la cama contrària a la que es va utilitzar en la tanca anterior (amb un nombre de passos parells, cada tanca s'ataca amb una cama diferent), o afegir dues passes per continuar atacant amb la mateixa cama, la qual cosa implicarà una pèrdua de velocitat associada a una reducció de la longitud de gambada. A més a més, passar de 13 a 15, o

de 15 a 17 passos, atès que aquesta reducció de gambada no es fa de manera homogènia i sí a mesura que l'esportista s'aproxima a la següent tanca, provocarà que les últimes gambades d'aquest tram final siguin de longitud més reduïda. Això comporta una gran pèrdua de velocitat a més d'una ruptura del ritme i fins i tot una passa de la tanca menys eficient, circumstància que en moments de fatiga propis de la prova compromet de manera important el resultat de la cursa. Per això, aquesta última possibilitat hi és amb menys freqüència, almenys voluntàriament.

En l'evolució històrica de la prova de 400 metres tanques, en categoria masculina, han anat apareixent diferents estratègies rítmiques: ritme de 15 passos; ritme mixt passant de 13 a 15 en una mateixa carrera; utilització de 14 passos com a pont entre els 13 i els 15; córrer totes les unitats rítmiques amb 13 passos; i fins i tot fer algun tram entre tanques a 12 passos (Gil, 1988). Tot això ha suposat diferents necessitats d'elecció de cama d'atac a cada tanca.

El 1956 el sud-africà Gerhard Potgieter va ser el primer que, després d'arribar fins a la cinquena tanca en 13 passos per unitat rítmica, va afegir en les següents només una passa més, fent així intervals entre tanques de 14 passos (Behm, 2006). Fins llavors no es contemplava la possibilitat d'atacar amb una i altra cama. Però el gran precursor de l'atac ambidexstre, amb la utilització de 14 passos com a pont entre els 13 i els 15, va ser l'ugandès John Akii Bua, campió olímpic a Munic 1972. Va innovar en la rítmica de manera sorprenent, i va batre el rècord del món (47,82 s) pel carrer 1 amb 13 passos fins a la cinquena tanca, 14 fins a la novena i finalment 15 a la desena. En d'altres curses també havia combinat 13 passos fins a la sisena i després 14 en les últimes. D'aquesta manera l'amplitud mitjana de gambada va disminuir més suaument: 2,46 metres (13), 2,28 metres (14) i 2,13 metres (15), aproximadament. Especialment a partir de llavors (abans ja s'havia vist algun cas aïllat) es va començar a utilitzar aquesta possibilitat de passos parells, és a dir, canviant de cama en els atacs. Això implicava dominar l'atac a la tanca amb ambdues cames.

Sabem que encara que hi ha atletes que mantenen la mateixa estructura rítmica al llarg de la cursa, sense fer cap canvi, és a dir atacant sempre totes les tanques amb la mateixa cama, l'ideal seria que l'atleta de 400 metres tanques dominés indistintament el pas de les tanques amb una o altra cama. Això s'aconseguirà si des de ben

jove s'ha fet un bon treball ambidextre de pas de tanques (Behm, 1999).

En aquest article s'analitzarà l'elecció de cama d'atac predominant en la prova de 400 metres tanques, en categoria masculina i femenina, dels XIII Campionats del Món d'Atletisme de Daegu 2011.

Mètode

Mostra

La mostra d'atletes ($n = 72$) del present estudi inclou tots els participants en la prova de 400 metres tanques del Campionat del Món d'Atletisme de Daegu 2011. El 47,2 % eren homes ($n = 34$) i el 52,8 % dones ($n = 38$). L'estatura mitjana dels homes va ser de $183 \pm 6,7$ centímetres i la de les dones de $171 \pm 5,9$ centímetres. L'edat mitjana dels homes va ser de $24,0 \pm 3,5$ anys i la de les dones de $24,3 \pm 3,3$ anys.

Tots els atletes van córrer en la fase eliminatòria, 48 en semifinals (24 homes i 24 dones) i 16 en els finals per categoria (8 homes i 8 dones). En total es van analitzar 136 curses individuals (48,5 % d'homes i 51,5 % de dones). Tant per a homes com per a dones, es van disputar 5 curses eliminatòries, 3 de semifinals i una de final, en cada categoria.

Material

Per a la recollida de dades es va emprar una càmera de vídeo Panasonic NV-GS90 (MiniDV), amb un zoom òptim de 42 augments, a una velocitat de 25 imatges per segon (fps) i a una resolució de 750×576 píxels en relació d'aspecte 16:9. Les filmacions van ser enregistrades en MiniDV, en arxius XVID amb còdec de compressió 4CC. La càmera es va ubicar a la tribuna principal del Daegu Stadium (Daegu, Corea del Sud), a l'alçada de la línia de meta. Durant la gravació, a fi de facilitar l'anàlisi de les dades, es van mantenir tots els atletes de cada cursa dins el quadre. Com a complement al que es va registrar per aquest procediment, es van utilitzar les imatges de televisió cedides per la International Association of Athletics Federations (IAAF) i preses per la Korean Broadcasting System (KBS), amb 5 càmeres situades en diferents angles de l'estadi.

Totes les imatges van ser tractades amb l'aplicació informàtica Kinovea 0.8.4 (GPL versió 2) (Botton, Hautier, & Eclache, 2011), que va permetre l'anàlisi de diversos paràmetres, com per exemple cama d'atac a la

tanca, nombre de passos, temps parcials en unitats rítmiques, etc.

La forma de fer l'anàlisi observacional va consistir en 4 observacions independents per atleta i cursa (cama d'atac, nombre de passos i presa de temps) a càrrec de 4 observadors experimentats i prèviament entrenats de les 4 universitats participants en l'estudi.

Anàlisi estadística

Amb la informació obtinguda de totes les curses, en aquest estudi transversal es va complimentar una base de dades que recollia variables referents als temps, nombre de passos, cama d'atac utilitzada així com el tipus de cursa segons si era fase eliminatòria, semifinal o final. Així mateix, recollia el gènere de l'atleta i l'estatura.

Es va considerar estadísticament significatiu un valor de $p < 0,05$. L'anàlisi estadística de les dades es va fer mitjançant el paquet estadístic SPSS versió 15.0 (SPSS Inc. 2006).

Per a l'anàlisi de les dades es va dur a terme un estudi descriptiu de les variables, expressades com a mitjana, mediana (Md), percentils 25 (P25) i 75 (P75), i desviació estàndard (DE) o percentatges segons el tipus de variable. Per a l'associació entre variables quantitatives, es va utilitzar el coeficient de correlació de Spearman. Per a les variables categòriques, l'anàlisi es va fer mitjançant el test de la c^2 de Pearson. Per a aquelles associacions entre una variable quantitativa i una altra categòrica, els estadístics utilitzats van ser la prova t de Student o una anàlisi de la variància.

Resultats

Tenint en compte que el total de participacions d'atletes en la prova de 400 metres tanques del Mundial de Daegu 2011 és de 136 (66 masculines i 70 femenines), com que no hi va haver cap abandó, es van franquejar 1.360 tanques. A la *taula 1* es mostra la distribució de les tanques atacades amb cada cama.

Per atletes, en el total de les curses masculines, la cama d'atac predominant va ser l'esquerra, amb el 63,6 % (42 atletes), i amb la cama dreta va haver-hi el 34,8 % (23 atletes). Només en un cas hi havia un equilibri entre esquerra i dreta (atac de 5 tanques amb cada cama). A la final va haver-hi el 75 % dels atletes (6 atletes) la cama predominant d'atac dels quals va ser l'esquerra.

		Nombre de tanques			
		Eliminatòries	Semifinals	Final	Total
Homes	Cama dreta	130 (38,24%)	90 (37,50%)	23 (28,75%)	243 (36,82%)
	Cama esquerra	210 (61,76%)	150 (62,50%)	57 (71,25%)	417 (63,18%)
Dones	Cama dreta	162 (42,63%)	115 (47,92%)	60 (75%)	337 (48,14%)
	Cama esquerra	218 (57,37%)	125 (52,08%)	20 (25%)	363 (51,86%)
Total		720	480	160	1.360

Taula 1

Distribució del nombre total de tanques atacades amb cada cama, diferenciant per eliminatòries, semifinals i final, en homes i dones

Quant a les dones, la cama d'atac predominant va ser l'esquerra, amb el 48,6 % de les atletes, seguida de la cama dreta, amb el 41,4 %, i per al 10 % de les atletes hi havia un equilibri de les dues. A la final, en canvi, la cama predominant d'atac va ser la dreta per al 87,5 % de les atletes (7 atletes), al costat del 12,5 % de l'esquerra (1 sola atleta).

La mitjana de temps final per a aquells casos masculins on la cama predominant d'atac era l'esquerra va ser de 49,36 segons ($DE = 0,81$). Aquesta marca, comparada amb la mitjana de temps final per als atletes que ataquen predominantment amb la cama dreta, que va ser

de 49,92 segons ($DE = 1,01$), és estadísticament significativa ($p = 0,018$).

En categoria femenina, la marca final mitjana de les atletes que van atacar predominantment amb la cama esquerra va ser de 56,52 segons ($DE = 2,96$), i amb la cama dreta 55,52 segons ($DE = 1,55$). Les que van mostrar un equilibri al 50 % van ser de 57,44 segons ($DE = 2,39$). Les diferències entre les mitjanes de temps final segons la cama d'atac no són estadísticament significatives.

L'estructura rítmica i cama d'atac davant de cada tanca dels finalistes en categoria masculina i femenina es poden veure a les *taules 2 i 3* respectivament.

Atleta	Marca	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Greene	48,26	22 D	14 E	14 D	14 E	14 D	14 E	15 E	15 E	15 E	15 E
Culson	48,44	20 E	13 E	13 E	13 E	13 E	13 E	13 E	13 E	14 D	14 E
Van Zyl	48,80	22 E	14 D	14 E	14 D	14 E	14 D	15 D	15 D	16 E	16 D
Sánchez	48,87	22 D	13 D	13 D	13 D	13 D	14 E	14 D	15 D	15 D	16 E
Fredericks	49,12	22 E	14 D	14 E	14 D	14 E	15 E	15 E	15 E	16 D	16 E
Jackson	49,24	22 E	15 E	15 E	15 E	15 E	15 E	15 E	15 E	15 E	17 E
Taylor	49,31	21 E	13 E	13 E	13 E	13 E	14 D	14 E	15 E	15 E	16 D
Derevyagin	49,32	22 E	15 E	15 E	15 E	15 E	15 E	15 E	15 E	15 E	15 E

Taula 2

Marca final, nombre de passos fins a cadascuna de les tanques per unitats rítmiques i cama d'atac dels 8 finalistes masculins

Atleta	Marca	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Demus	52,47	23 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	16 E	16 D
Walker	52,73	23 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	16 E	16 D	17 E
Antyukh	53,85	22 D	15 D	15 D	15 D	15 D	16 E	16 D	16 E	17 E	17 E
Spencer	54,01	22 E	14 D	14 E	14 D	14 E	15 E	15 E	15 E	16 D	16 E
Rabchenyuk	54,18	23 D	15 D	15 D	15 D	15 D	16 E	16 D	17 D	17 D	17 D
Stambolova	54,23	22 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	16 E	17 E	17 E
Hejnová	54,23	22 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	16 E	16 D
Churakova	55,17	22 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	16 D	15 D	16 E

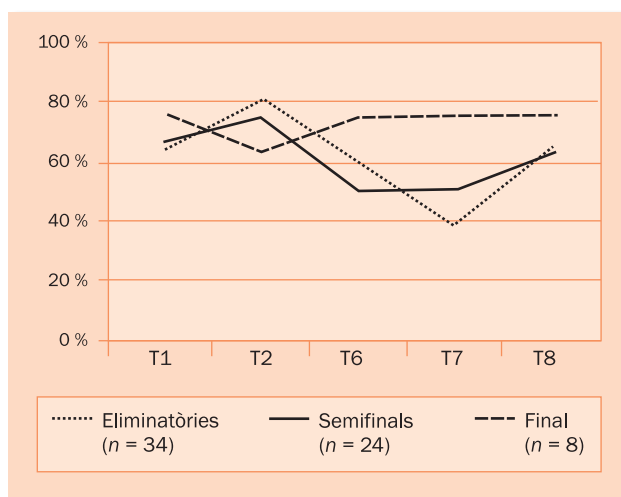
Taula 3

Marca final, nombre de passos fins a cadascuna de les tanques per unitats rítmiques i cama d'atac de les 8 finalistes femenines

		Tanca 1	Tanca 2	Tanca 6	Tanca 7	Tanca 8
Homes	Eliminatòries (n = 34)	22 (64,70%)	27 (79,41%)	20 (58,82%)	13 (38,23%)	22 (64,70%)
	Semifinals (n = 24)	16 (66,66%)	18 (75%)	12 (50%)	12 (50%)	15 (62,50%)
	Final (n = 8)	6 (75%)	5 (62,50%)	6 (75%)	6 (75%)	6 (75%)
	TOTAL (n = 66)	44 (66,66%)	50 (75,75%)	38 (57,57%)	31 (46,96%)	43 (65,15%)
Dones	Eliminatòries (n = 38)	25 (65,78%)	22 (57,89%)	19 (50%)	17 (44,73%)	23 (60,52%)
	Semifinals (n = 24)	16 (66,66%)	11 (45,83%)	12 (50%)	11 (45,83%)	13 (54,16%)
	Final (n = 8)	2 (25%)	0 (0%)	3 (37,5%)	1 (12,5%)	4 (50%)
	TOTAL (n = 70)	43 (61,42%)	33 (47,14%)	34 (48,57%)	29 (41,42%)	40 (57,14%)

Taula 4

Nombre d'atletes que ataquen amb la cama esquerra, diferenciant-se per tanques (1, 2, 6, 7 i 8) i eliminatòries, semifinals i final, en homes i dones

**Figura 1**

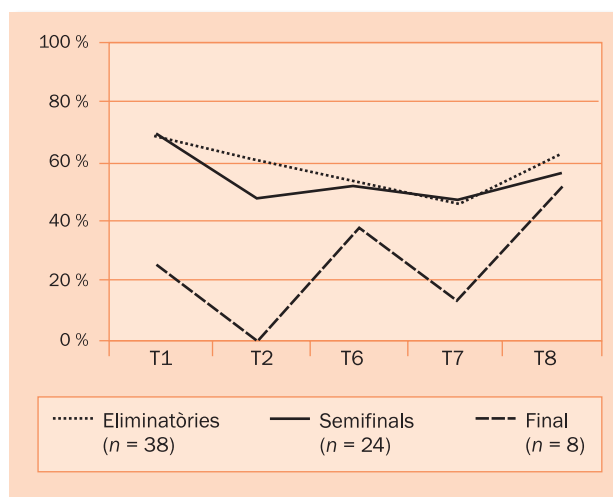
Polígon de freqüències d'atletes masculins que ataquen cadascuna de les tanques en revolt amb la cama esquerra, en eliminatòries, semifinals i final

Quant a la cama d'atac que es va utilitzar en els revolts, ateses les característiques de la pista de Daegu, podem considerar tanques en revolt, la primera, segona, sisena, setena i vuitena. Per tant, trams en revolt són de la sortida a la segona tanques i de la sisena a la vuitena tanques. Lògicament, a causa de la compensació dels carers, no es produeix la mateixa curvatura en cada cas al pas de la mateixa tanca. A la taula 4 i les figures 1 i 2 es mostra el nombre d'atletes que ataquen amb la cama esquerra cadascuna de les tanques considerades en revolt.

Discussió

Cama d'atac predominant

Els resultats anteriors confirmen que l'alçada de la tanca condiciona més en la prova masculina que en

**Figura 2**

Polígon de freqüències d'atletes femenines que ataquen cadascuna de les tanques en revolt amb la cama esquerra, en eliminatòries, semifinals i final

la femenina, atès que encara que en el cas de les noies hi hagi un major equilibri entre la cama d'atac predominant (circumstància que biomecànicament podria anar en contra del rendiment, sobretot si el franqueig de la cama dreta es fa en els revolts), no va haver-hi diferències significatives en els temps efectuats i fins i tot el grup d'atletes que tenia com a cama predominant la dreta va fer millors registres.

Els atletes que ataquen predominantment amb la cama esquerra, tenen una diferència temporal entre el millor i el pitjor tram entre tanques d'1,07 segons ($DE = 1,85$), per 1,12 segons ($DE = 0,30$) els qui ataquen amb la dreta. Aquestes diferències no són significatives.

Entre les dones, les atletes que ataquen predominantment amb la cama esquerra tenen una diferència temporal entre el millor i el pitjor tram entre

tanques d'1,35 segons ($DE = 0,37$), per 1,26 segons ($DE = 0,20$) els qui ataquen amb la dreta, i 1,32 segons ($DE = 0,26$) els qui mostren un equilibri al 50 %. Aquestes diferències tampoc no són estadísticament significatives.

Associant la lateralitat de les cames, en categoria masculina comprovem que els atletes utilitzen la mateixa cama predominant com a cama del primer atac i cama en els revolts.

En categoria femenina, la mateixa cama d'atac definida com a predominant és la cama que ataca a la primera tanca i la cama d'atac en els revolts. Cal destacar les curses d'atletes sense cama predominant, amb equilibri al 50 % entre cames (són 6 dones en eliminatòries i 1 en semifinals), que utilitzen majoritàriament l'esquerra per al primer atac però per a l'atac en els revolts s'equiparen.

Els resultats anteriors estan dins la normalitat dels últims campionats, excepte la final femenina. Efectivament, si només analitzéssim aquesta final i no tinguéssim en compte també les curses femenines d'eliminatòries i semifinals, podríem pensar que s'està donant un canvi de tendència. De les 6 atletes finalistes amb l'esquerra com a cama d'atac predominant al Mundial de Berlín 2009, ara es passa a només 1, Kaliese Spencer, que és l'única que també utilitza la cama esquerra per atacar en la primera tanca i en els revolts (encara que en semifinals, la seva cama predominant va ser la dreta). En el Mundial d'Osaka 2007 va haver-hi també 6 finalistes que van atacar preferentment amb l'esquerra. En els Jocs Olímpics de Pequín 2008 es va donar per primera vegada en una gran competició femenina el predomini de finalistes que van atacar preferentment amb la cama dreta (5 a 3). Per tant, en la final de Daegu 2011 es va superar excepcionalment aquesta característica. No obstant això, cal tenir en compte que dues de les finalistes que van atacar predominantment amb la dreta en la final ho van fer amb l'esquerra en les semifinals.

Potser aquesta tendència femenina a l'atac amb la cama dreta va ser facilitada per l'alçada de la tanca, que en ser bastant més baixa genera menys problemes "centrífugs" que la tanca masculina. L'alçada reglamentària de la tanca masculina (0,914 m) representa el 49,94 % de l'estatura mitjana dels atletes de la mostra, mentre que la femenina (0,762 m) correspon al 44,56 % de l'estatura mitjana de les dones participants en aquest estudi. Aquesta diferència entre homes i dones és estadísticament significativa, la qual cosa corrobora la nostra idea.

Atac de les tanques en revolt amb la cama esquerra

En global, per a la categoria masculina també va destacar la cama esquerra per prendre els revolts (el 63,6 %, 42 atletes) i la primera tanca (66,7 %, 44 atletes), mentre que la predominança femenina de la cama esquerra en els revolts va ser menor (54,3 %, 38 atletes), i també en l'atac a la primera tanca (61,4 %, 43 atletes). A la final masculina va haver-hi el 75 % (6 atletes) la cama d'atac predominant del qual en els revolts i en la primera tanca va ser l'esquerra. En canvi, a la final femenina, les mateixes 7 atletes (87,5 %) que ataquen predominantment al llarg de tota la cursa amb la cama dreta també ho fan en els trams en revolt i en la primera tanca.

En categoria masculina, els temps mitjans de trams en revolt atacats amb l'esquerra són de 18,33 segons ($DE = 0,34$), per 18,57 segons ($DE = 0,33$) amb la dreta. Encara que les diferències siguin petites, són estadísticament significatives ($p = 0,008$). En categoria femenina, 21,08 segons ($DE = 1,00$) amb la cama esquerra i 20,67 segons ($DE = 0,59$) amb la dreta. En aquest cas no és significatiu, però s'obté un p valor de 0,060. Aquesta lleugera millora de temps en el cas de les dones atacant en els revolts amb la cama dreta es deu a la influència que té el fet que la majoria de les finalistes (la cursa més ràpida de les disputades per elles) atacaven predominantment amb la cama dreta.

Malgrat que els atletes de 400 metres tanques han de ser preferiblement ambidextres, en el cas de les tanques en revolt resulta més recomanable atacar amb la cama esquerra (Lindeman, 1995). Això es justifica fonamentalment per dues raons: es pot córrer per l'interior del revolt i, a més a més, es compensa la inèrcia o força centrífuga amb el moviment envoltant de la cama dreta i l'avançament del braç dret (Gil, 1988). Al seu torn, la tendència que s'ha de seguir la trajectòria rectilínia, com a conseqüència de la inèrcia, es veu incrementada per la rotació-adducció de la cama esquerra (Gil, 1988). A més a més, si es corre per l'interior del revolt i s'ataca amb la dreta, la cama esquerra podria arribar a passar per fora de la tanca, la qual cosa comportaria la desqualificació de l'atleta. Així mateix, un atac amb la dreta en revolt podria comportar també un contacte del genoll esquerra amb la tanca, la qual cosa per evitar-ho comportaria una elevació major d'aquest genoll, amb la consegüent despesa d'energia (Boyd, 2000). D'altra banda, si l'atleta vol atacar amb la cama dreta en revolt, haurà d'obrir-se cap al centre del carrer des dels 4 o 5 passos anteriors al

franqueig de la tanca, per després de l'aterratge cercar novament en 2 o 3 passos l'interior del revolt. Per Lindeman (1995), el fet d'atacar les 5 tanques en revolt amb l'esquerra pot suposar recórrer un metre menys que fer-ho amb la dreta, o un temps menor de 12-13 centèsimes. Per Behm (1999), la diferència és d'1,75 metres i per Gil (1988), de 3 metres.

L'estructura rítmica en el Mundial de Daegu 2011

L'elecció de la cama d'atac està molt relacionada amb l'estructura rítmica. L'anàlisi de totes les curses de 400 metres tanques del Mundial de Daegu 2011 demostra que no hi ha un patró rígid en l'estructura rítmica. Així, en homes es comptabilitzen 33 estructures rítmiques (passos entre tanques) diferents: 23 en les eliminatòries, 18 en semifinals i 7 en la final. Per a les dones, 40 estructures rítmiques diferents: 29 en eliminatòries, 17 en semifinals i 7 en el final.

Per tant, observem que no hi ha uniformitat i que la majoria de les estructures rítmiques són unipersonals. Entre els homes, en semifinals apareixen 9 estructures rítmiques no vistes en les eliminatòries i una nova a la final, utilitzada per dos atletes. Entre les dones, en semifinals observem 10 estructures rítmiques inèdites en eliminatòries i també una nova a la final.

Dels resultats obtinguts, podem afirmar que la majoria dels atletes no repeteixen les estructures rítmiques d'una ronda a la següent. Això es pot deure al fet que empren diferents estratègies en la prova segons les exigències d'aquesta o que no tenen gaire mecanitzada la seva estructura rítmica. Així, en el Mundial de Daegu cap dona finalista no va repetir el nombre de passos entre tanques en les 3 curses, i només 2 homes ho van fer: Javier Culson i Aleksandr Derevyagin.

Conclusions

En la prova de 400 metres tanques del Campionat del Món d'Atletisme de Daegu 2011, en el 83,34 % de les participacions masculines i en el 95,72 % de les femenines, els atletes ataquen les tanques en algun moment amb una i altra cama. Això corrobora la importància de saber passar tècnicament bé les tanques indistintament amb cada cama en aquesta especialitat. Aquesta conclusió adquireix major rellevància en observar que en aquest Campionat es van veure 33 estructures rítmiques diferents en homes i 40 en dones, i la majoria dels atle-

tes no van mantenir la mateixa estructura en les 3 curses. És a dir, els atletes han d'estar tècnicament preparats per atacar òptimament les tanques tant amb la cama dreta com amb l'esquerra.

Encara que la cama d'atac predominant va ser l'esquerra, aquesta tendència és menys acusada en les dones, la qual cosa es pot deure a la menor alçada de la seva tanca reglamentària i la relació d'aquesta amb l'estatura mitjana de les participants. També són més freqüents els casos de dones amb equilibri de cama predominant (5 tanques atacades amb cadascuna) que els d'homes. Podem dir, doncs, que les dones tanquistes de 400 metres en el Mundial de Daegu 2011 són més ambidextres que els homes.

Es van trobar diferències significatives ($p = 0,018$) entre la mitjana de temps final dels atletes masculins la cama d'atac predominant dels quals és l'esquerra respecte a la dreta.

Per primera vegada en una gran competició set dones finalistes tenen com a cama d'atac predominant la dreta, tant en el total de la cursa com en les tanques en revolt i en la primera tanca.

En suma, sembla evident que l'important és aconseguir que cada atleta corri amb la seva gambada natural i no forçada en cada tram de la cursa, que estarà molt condicionada per l'estat de fatiga. D'aquesta manera, serà una gambada més funcional i amb menor despesa energètica. És a dir, cal adaptar el nombre de passos a l'atleta, i no al revés.

Referències

- Behm, J. J. (1995). Colloque Sprint-Haies Poitiers 1995. *AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (140), 40-45.
- Behm, J. J. (1996). Atlanta 1996: 400 m haies. *AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (143), 14-151.
- Behm, J. J. (1999). Spécial haies. *AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (Hors-Série), 50-51
- Behm, J. J. (2000). Sydney 2000. Compte-rendu du 400 m haies. *AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme*, 160 (19-21).
- Behm, J. J. (2004). Athènes 2004. Les Haies Basses. *AEFA. Revue de l'Association des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (175), 15-18.
- Behm, J. J. (2005). Helsinki 2005. Les Haies. La revanche des lutins. *AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (179), 17-20.
- Behm, J. J. (2006) Le quatrache en grandes foulées. *AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (182), 18-27.
- Behm, J. J. (2007) Osaka 2007. Le quatrache. *AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (187), 29-31.
- Behm, J. J. (2008) Pekin 2008. Le quatrache masculin - féminin. *AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (191), 21-23.

- Behm, J. J. (2009) Berlin 2009: Le quatrache. *AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (196), 4-8.
- Behm, J. J. (2011) Daegu 2011. Le quatrache. *Démus enfin! AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (203), 34-36.
- Botton, F., Hautier, C., & Eclache, J. P. (2011). Energy expenditure during tennis play: A preliminary video analysis and metabolic model approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3022-3028. doi:10.1519/JSC.0b013e318234e613
- Boyd, R. (2000). Some facts about the 400 m hurdles. *Modern Athlete and Coach*, 38(1), 3-6.
- Brüggemann, G., Glad, B. (1990). *Scientific Research Project at the Games of the XXXIV Olympiad Seoul 1988*. IAAF, Supplement. doi:10.2307/3791728
- Ditroilo, M., & Marini, M. (2001). Analysis of the race distribution for male 400 m hurdlers competing at the 2000 Sydney Olympic Games. *New Studies in Athletics*, 16(3), 15-30.
- Gil, F. (1988). *Carreras con vallas. Manual técnico de la Escuela Nacional de Entrenadores*. Madrid: Real Federación Española de Atletismo.
- Gil, F., Marín, J., & Pascua, M. (2005). *Atletismo I. Velocidad, vallas y marcha*. Madrid: Real Federación Española de Atletismo.
- Glad, B., Brüggemann, G.-P. (1990). *Scientific Research project at the Games of the XXIVth Olympiad - Seoul 1988* (pàg. 133-175). Mònaco: IAF
- Graubner, R., & Nixdorf, E. (2011). Biomechanical analysis of the sprint and hurdles events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 26(1/2), 19-53.
- Hommel, H., & Koszewski, D. (1999). *Biomechanical Research Project Athens 1997. 400 m Hurdles*. Oxford: Meyer & Meyer Sport.
- Letzelter, H. (2004). Stride pattern in the 400 m hurdles for women. A J. Jarver (Ed.), *The hurdles: Contemporary theory, technique and training* (4a ed.) (pàg. 119-124). Mountain View: Tafnews Press.
- Lindeman, R. (1995). 400-meter hurdle theory. *Track Technique* (131), 4169-4171, 4196.
- Martín, J. (2005). Las carreras de vallas en los Juegos Olímpicos de Atenas 2004 [CD]. *Rincón del entrenador* (16). doi:10.4321/S1575-18132005000100003
- Moriorka, Y. (1997). Analysis of the race-patterns of men's 400 m hurdles - the races of the XXVIth Olympiad in Atlanta, 1996. *Book of abstracts of XVI International Society of Biomechanics* (p. 207). Tokyo: University of Tokyo.
- Schmolinsky, G. (1981) *Atletismo (Leichtathletik)*. Madrid: Augusto Pila Teleña.