

Anàlisi cinemàtica de la trajectòria de la barra en l'Arrencada i la seva relació amb el rendiment

JOSÉ CAMPOS GRANELL

Llicenciat en Educació Física

Doctor en Filosofia i Ciències de l'Educació

Professor Titular del Departament d'Educació Física i Esportiva

i Director de la Unitat d'Investigació del Rendiment Físic i Esportiu

Universitat de València

JUAN J. RABADÉ ESPINOSA

Llicenciat en Ciències de l'Educació Física i de l'Esport

Col·laborador de la Unitat d'Investigació del Rendiment Físic i Esportiu (UIRFIDE)

Departament d'Educació Física i Esportiva

Universitat de València

Autor per a la correspondència

José Campos Granell

jose.campos@uv.es

Resum

L'objectiu d'aquest estudi se centra en la descripció de la trajectòria de la barra en l'Arrencada, i en l'anàlisi de les diferències entre aixecadors de diferent nivell de rendiment en termes relatius, incorporant-hi com a element d'anàlisi el desplaçament dels peus. La mostra la formen 31 aixecadors de categoria masculina de diferents categories de pes. Per a l'estudi comparatiu es conformen dos grups d'aixecadors en funció de la càrrega relativa, és a dir, la càrrega màxima aixecada en funció del pes corporal. S'utilitza la metodologia Fotogrametria 3D. Els resultats revelen que els aixecadors que aconsegueixen una càrrega relativa més gran desplacen la barra seguint una trajectòria més vertical. Aquestes diferències es concreten en un desplaçament horitzontal menor de la barra en l'instant en què la barra assoleix la màxima elevació i en l'instant de l'encaix ($p: 0,030$ i $p: 0,005$, respectivament) i en un desplaçament enrere dels peus més petit ($p: 0,012$). No s'han trobat diferències en el recorregut vertical de la barra. Aquestes troballes podrien ser tingudes en compte en l'entrenament individualitzat dels aixecadors, especialment dels més joves.

Paraules clau

Biomecànica; Halterofília; Tècnica; Entrenament; Desplaçament dels peus.

Abstract

Kinematical analysis of bar trajectory in the Snatch, relating to performance

The purpose of this study was to analyse the relationships between bar trajectory and foot displacement in the Snatch, and the differences in elite junior weightlifters of different performance level. Sample was a group of 31 men weightlifters from different weight categories. The comparative study included two groups, taking into account relative performance (weight lifted relative to body mass). 3D photogrammetry technique was utilized. Regarding group differences, we can conclude that lifters belonging to higher relative performance group are more efficient, as they manage to have a more barbell vertical trajectories and a minor horizontal displacement of the bar at the instant in which the bar reaches the maximum height and at the instant of catching ($p: 0.030$ and $p: 0.005$ respectively) and a minor backward horizontal displacement of the feet ($p: 0,012$). There are not differences between groups in the vertical displacement of the bar. These evidences should be taken into account in the individual technical training of young lifters.

Key words

Biomechanics; Weightlifting; Technique; Coaching; Foot displacement.

Introducció

La tècnica de l'Arrencada, com a moviment acíclic, demana un alt nivell de coordinació, justificat en la idea de Bernstein (1967) d'una cadena cinemàtica en la qual cada baula contribueix a la creació de forces reactives o reflexes que es transmeten entre si i que acaben conformant

un patró idoni d'organització temporal. Hi ha un consens general respecte al fet que els aixecadors més hàbils utilitzen un patró de coordinació intersegmentària òptim, cosa que els permet d'aconseguir àmplies fases d'acceleració (Enoka, 1988). Concretament, en l'Halterofília, on el pes corporal determina les categories de competició, s'ha su-

gerit l'existència de diferents estructures o models adaptats a les característiques morfològiques dels aixecadors, la qual cosa significaria reconèixer l'existència de fronteres en l'estructura temporal i en la fluïdesa del moviment (Vorobyev, 1978, i Bartonietz, 1996).

La tècnica d'Arrencada va ser descrita per Luchkin (1962) com un moviment recte cap amunt fins a l'instant en què la barra es despenja cap enrere de l'aixecador, i baixa mentre l'atleta es mou ràpidament per sota de la barra per aconseguir-ne l'encaix. Per aquest motiu, la trajectòria que descriu la barra al llarg de l'aixecament és una conseqüència directa de les forces que l'aixecador li aplica.

Prenent en consideració els paràmetres anatòmics i biomecànics que intervenen en el moviment, Vorobyev (1978) va plantejar que la barra havia de descriure una trajectòria corba, en forma de "s" allargada, tal com es representa a la *figura 1*. La trajectòria A va ser presentada com la menys adequada de les tres; la trajectòria B, va ser considerada com a tècnica defectuosa que requeria el desplaçament dels peus cap a enrere per aconseguir l'Encaix; i finalment, la trajectòria C, que es presentava com a la tècnica més correcta, perquè suposava una trajectòria més vertical gràcies a la reducció dels desplaçaments horitzontals de la barra. La determinació de la idoneïtat d'una trajectòria i de l'altra també ha estat esmentada en alguns estudis, com ara els de González Badillo (1991) i d'Isaka, Okada, Funato (1996).

Des de la perspectiva de la biomecànica, hi ha nombrosos estudis que han descrit el moviment que realitzen

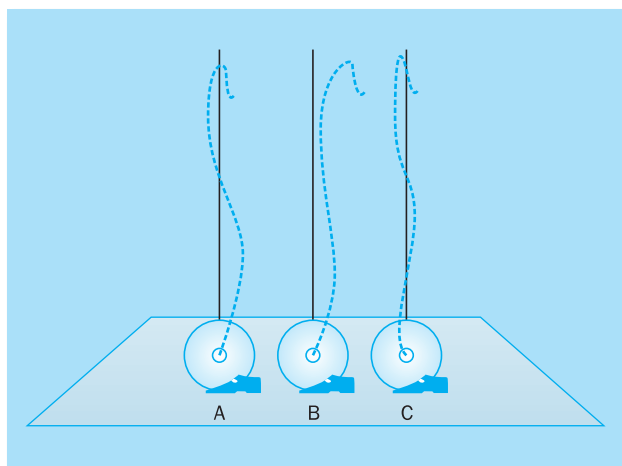


Figura 1
Diferents trajectòries de la barra en l'Arrencada (adaptada de Vorobyev, 1978).

la barra i l'aixecador en la realització de l'Arrencada i que ofereixen una informació detallada dels paràmetres que justifiquen el rendiment màxim dels aixecadors. En aquesta línia cal destacar els treballs realitzats per Lukashev (1972), Isaka, Okada, Funato (1996), Vorobyev (1978), Garhammer (1985), Bartonietz (1996), Baumann, Gorss, Quade, Galbierz i Schwirz. (1988), Stone, O'Bryant, Williams, Johnson, Pierce (1998), Gourgoulis, Aggeloussis, Mavromatis, Garas (2000), Schilling, Stone, O'Bryant, Fry, Coglianesse, Pierce (2002).

Els resultats provinents d'aquests estudis posen de manifest que, malgrat la teòrica elecció de la trajectòria C com la més adequada, els aixecadors d'elit utilitzen de forma indiferent les tècniques B i C. Concretament, alguns estudis han constatat que molts aixecadors de nivell internacional utilitzen la variant B, en la qual la barra no ultrapassa la línia vertical de referència (Isaka *et al.*, 1996), cosa que significa que l'aixecador inicia el moviment amb una acció de desequilibri cap als talons, que l'obliga a realitzar un desplaçament enrere dels peus. Generalment, aquest desplaçament dels peus és precedit per una acció de salt realitzada amb les cames, a fi d'impulsar la barra cap a la vertical, en suport de les forces que es generen en la segona estrebada, i que s'assembla a l'acció que es realitza en un salt vertical, tal com estableixen Garhammer (1992) i Canavan *et al.*

En relació amb els desplaçaments dels peus, els treballs que han estudiat aquestes accions tècniques en l'Arrencada i els seus efectes en la superació de la càrrega no revelen efectes directes sobre el rendiment, encara que representen referències documentals valuoses. En aquesta línia, l'estudi realitzat per Schilling, Stone, O'Bryant, Fry, Coglianesse i Pierce (2002) sobre aixecadors de nivell universitari va constatar que, malgrat que els desplaçaments de la barra i dels peus es troben molt relacionats, aquest fet no afectava l'èxit de l'aixecament. En relació amb els desplaçaments horitzontals de la barra, Baumann *et al.* (1988) van constatar que durant la primera estrebada i la fase de transició la barra es movia al voltant de 6,20 cm cap a l'aixecador per darrere de la projecció vertical del punt d'arrencada, i que durant la segona estrebada el moviment es realitzava cap endavant, tot allunyant-se de l'aixecador, al voltant de 3,2 cm, sense arribar a ultrapassar tampoc la projecció vertical del punt d'arrencada. D'altra banda, l'estudi de Stone, *et al.* (1998) va constatar que els aixecadors de les categories de menys pes corporal realitzen un major desplaçament dels peus cap enrere.

Amb tot, l'objectiu del nostre treball es troba centrat en l'anàlisi de les diferències existents en la trajectòria que descriu la barra en funció del nivell de rendiment dels aixecadors, entès en termes relatius (càrrega aixecada en funció del pes corporal). D'aquesta forma, tindrem la possibilitat d'establir si els aixecadors que són capaços d'aixecar una càrrega relativa més gran mantenen un model diferenciat de la resta. A més a més, i considerant que la trajectòria de la barra es veu afectada pel possible desplaçament horitzontal dels peus, hem introduït també aquesta variable per entendre millor el problema.

Pel que fa al context situacional utilitzat, l'estudi s'ha realitzat sobre un grup d'aixecadors júnior d'elit de categoria internacional en situació real de competició.

Mètode

S'ha utilitzat una mostra de 31 aixecadors de categoria júnior masculina, participants en el Campionat d'Europa Júnior d'Halterofília celebrat a València l'any 2003, tots ells finalistes en les seves categories de pes de 56 kg (7), 62 kg (8), 85 kg (9) i 105 kg (7). Per a l'anàlisi es va seleccionar el millor aixecament de cada aixecador.

Per realitzar l'estudi comparatiu es van conformar dos grups d'aixecadors en funció del rendiment, expressat en termes de càrrega relativa (càrrega aixecada en funció del pes corporal). S'utilitza com a variable de rendiment la càrrega relativa per homogeneïtzar els grups pel que fa a paràmetres antropomètrics (pes i talla), i també per facilitar la diferenciació pel que fa a la variable de rendiment utilitzada. D'aquesta manera, el grup A va quedar format per tots els aixecadors que aconseguen un índex de càrrega relativa superior a la mitjana de la seva categoria de pes, i el grup B va quedar format per tots els aixecadors que aconseguen un índex de càrrega relativa inferior a la mitjana de la seva categoria de pes, de tal manera que els grups van quedar

compostos per aixecadors de les quatre categories de pes analitzades.

A la *taula 1* es presenten les característiques dels aixecadors de tots dos grups i els resultats de l'ANOVA on es comprova que els grups A i B són homogenis pel que fa a pes corporal i talla dels aixecadors, mentre que el nivell de rendiment expressat en termes relatius (càrrega relativa), és significativament diferent (p : 0,006). Concretament, els aixecadors del grup A aconseguen un índex de càrrega relativa superior en un 9,47% a l'aconseguit pels aixecadors del grup B.

L'estudi està basat en Fotogrametria 3D. Es van utilitzar 2 càmeres de vídeo S-VHS, sincronitzades temporalment, amb una freqüència de mostreig de 50 camps per segon. El calibratge de l'espai es va realitzar mitjançant un Sistema de referència format per un cub de $3\text{ m} \times 3\text{ m} \times 1,5\text{ m}$. El procés de digitalització i tractament de variables es va realitzar mitjançant el programari Kinescan Digital 1.1 (IBV). El càlcul de les coordenades tridimensionals es va realitzar mitjançant l'algoritme de Transformació Lineal Directa (DLT) descrit per Abdel-Aaziz i Karaka (1976). Es van calcular uns errors absoluts mitjans de $3,3 \pm 2,6\text{ mm}$ en la coordenada X; de $3,5 \pm 1,5$ en la coordenada Y; i de $1,8 \pm 1,4\text{ mm}$ en la coordenada Z, per a un valor RMS total de 5,97 mm. El suavitzat de les trajectòries dels marcadors va seguir el mètode GVC, mitjançant splines de 5è ordre (Woltring, 1985).

Les fases de l'Arrencada es van establir a partir de les propostes de Gourgoulis *et al.* (2000) i Campos, Poletaev, Cuesta, Pablos, Carratalá (2006), partint de la posició de la barra i dels rangs de flexió - extensió de l'articulació del genoll. D'aquesta forma, es van considerar els esdeveniments i fases temporals que es mostren a la *taula 2*.

Per poder descriure la trajectòria de la barra en el pla horitzontal s'han utilitzat cinc punts de referència anomenats YT2; YT4; YT5; YT6; YMAX1; YMAX2: Els quatre primers, corresponents al desplaçament ho-

Variables	GRUP A (n: 15) (M±SD)	GRUP B (n: 16) (M±SD)	F	P
Pes (kg)	74,18 ± 18,18	74,05 ± 19,03	0,000	0,984
Talla (m)	1,72 ± 0,07	1,71 ± 0,08	0,169	0,684
Càrrega relativa	1,85 ± 0,13	1,69 ± 0,16	8,946	0,006

◀
Taula 1

Característiques de la mostra en funció del grup de pertinença dels aixecadors i resultats de l'ANOVA.

Esdeveniments	Fases
T1: Instant en què els discs de la barra s'aixequen de terra.	Primera estrebada. (De t1 a t2).
T2: Instant en què es produeix la primera màxima extensió dels genolls.	Transició. (De t2 a t3).
T3: Instant de màxima flexió de genolls posterior a T2.	Segona estrebada. (De t3 a t4).
T4: Instant de la segona màxima extensió dels genolls.	Turnover. (De t4 a t5).
T5: Instant d'altura màxima de la barra.	Encaix. (De t5 a t6)
T6: Instant en què es produeix l'encaix.	Amortiment. (De t6 a t7).
T7: Instant de màxima flexió de genolls.	

Taula 2
Esdeveniments i fases temporals en l'Arrencada.

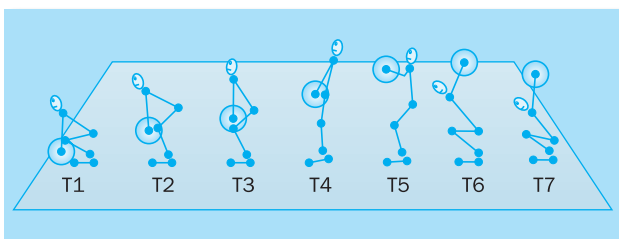


Figura 2
Posicions corresponents als instants de referència temporal (Adaptat de Campos et al., 2006).

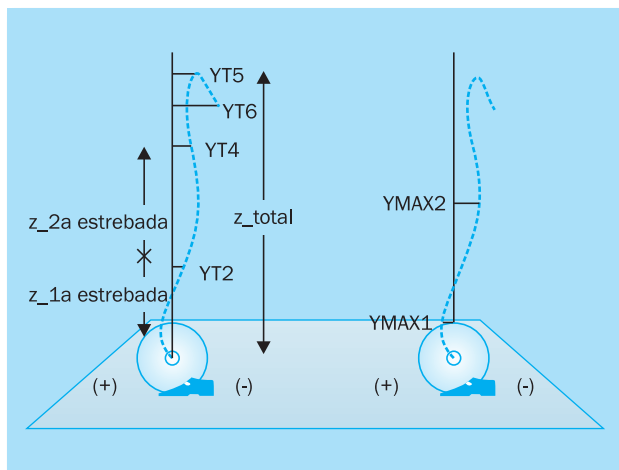


Figura 3
Localització dels instants de referència temporal en la trajectòria de la barra i descripció dels desplaçaments horitzontals i verticals.

horizontal respecte de la projecció vertical del punt d'arrencada de la barra, que es produeix en els instants del final de la primera estrebada, final de la segona estrebada, màxima altura de la barra, i Encaix. El punt YMAX1, representa la distància de la barra al punt de la trajectòria més allunyat de la projecció vertical del punt d'arrencada durant la primera estrebada, i pot situar-se

per davant o per darrere de la projecció esmentada, i el punt YMAX2, el punt de la trajectòria més allunyat de la projecció vertical del punt d'arrencada, que es produeix durant la segona estrebada i que sol ser de signe negatiu en situar-se per darrere de la vertical de referència, i que s'apropa cap a l'aixecador (Figura 3).

Pel que fa al recorregut vertical de la barra es pren en consideració la distància que recorre la barra en l'eix vertical en cada una de les fases de l'aixecament (Z_1estrebada; Z_2estrebada; Z_max, corresponents a la primera i la segona estrebada, i al recorregut total, respectivament).

Es realitza una estadística descriptiva per al conjunt de les dades (mesures de tendència central i de dispersió: mitjana, desviació típica i coeficient de variació). També es realitza un estudi correlacional (Pearson) per al conjunt de les dades sobre els paràmetres cinemàtics considerats. Per a l'estudi comparatiu es realitza una prova *t*, i s'aplica la prova de Levene per a la igualtat de variàncies.

Resultats i discussió

Els resultats obtinguts confirmen que la trajectòria de la barra s'ajusta a una "s" allargada en coincidència amb els estudis que s'han utilitzat com a referències teòriques (Vorobyev, 1974 i 1978; Baumann *et al.*, 1988; González, 1991, i Gourgoulis *et al.*, 2000).

Si tenim en compte els resultats del conjunt de la mostra, s'ha pogut constatar que el punt Y MAX 1 apareix en 18 dels 31 aixecadors estudiats, cosa que significa que aquests aixecadors desplacen la barra endavant entre 1,5 i 7 cm durant els instants inicials de la primera estrebada, en coincidència amb les característiques descrites per Vorobyev per al tipus C com la trajectòria més eficient, mentre que la resta s'ajustaria a un model proper al tipus B, que posa de manifest que en els ins-

tants inicials de l'aixecament s'utilitzen totes dues tècniques d'execució.

En relació al moviment dels peus, i també en referència al conjunt de la mostra, hem comprovat que les tendències són similars, encara que, en aquest cas, amb un nombre superior d'aixecadors que utilitzen tècniques properes a les característiques de la trajectòria B. Per descriure aquest comportament tècnic s'ha considerat que es realitzava un desplaçament cap enrere quan aquest era superior als 3 centímetres (en aquest cas, s'expressa amb signe negatiu). Contràriament, es va considerar que no hi havia desplaçament quan aquest oscil·lava entre ± 3 cm. Finalment, es va considerar que hi havia desplaçament dels peus cap endavant quan aquest era superior als 3 cm; llavors els valors s'expressaven amb signe positiu. En aquestes condicions, els resultats posen de manifest que 21 aixecadors realitzaven el que hem establert com a desplaçament dels peus cap enrere, la qual cosa significa un percentatge superior al 67 % del total. D'altra banda, hi havia 8 aixecadors que no realitzaven desplaçament, i només dos realitzaven un desplaçament cap endavant. A la *taula 3* es presenten els descriptius del desplaçament dels peus en els casos que s'han considerat com a desplaçament frontal (DF), sense desplaçament (SD), i amb desplaçament cap enrere (DE). Com a informació complementària, cal tenir en compte també que l'estudi correlacional sobre el conjunt de la mostra indica que hi ha una relació significativa ($p \leq 0,01$) entre el desplaçament dels peus (Y_peus) i el de la barra (YT5) en el pla transversal, cosa que confirma que el desplaçament horitzontal dels peus influeix de forma directa sobre la trajectòria de la barra. A més a més, el desplaçament dels peus també té una relació directa amb la trajectòria vertical de la barra en la primera estrebada, de manera que els aixecadors que més desplacen els peus realitzen una trajectòria vertical menor en la primera estrebada (Z_1a. estrebada) ($p \leq 0,01$).

Pel que fa a l'objecte central d'aquest estudi, és a dir, intentar d'establir si els aixecadors de diferent nivell de rendiment utilitzen trajectòries diferenciades, els resultats revelen que hi ha diferències estadísticament significatives entre els grups A i B. A la *taula 4* es mostren els resultats corresponents a les variables que diferencien els grups, i indiquen els valors mitjans dels desplaçaments horitzontals de la barra i dels peus, tenint en compte que els valors amb signe negatiu corresponen als desplaçaments dels peus cap enrere, i als desplaçaments de la barra que es produeixen per darrere de la projec-

ció vertical del punt de partida de la barra. Com es pot comprovar, no s'han trobat diferències en la màxima velocitat vertical de la barra (Vz_max), amb valors entorn dels 1,74 m/segon per a tots dos grups, ni tampoc en els recorreguts verticals de la barra. En tots dos grups es dona la circumstància que el recorregut de la barra en la primera estrebada és més gran que el de la segona estrebada, amb diferències que oscil·len entre els 12 i els 15 cm per als grups A i B respectivament.

Les diferències significatives entre grups apunten que els aixecadors del grup A utilitzen una trajectòria en la qual els desplaçaments horitzontals de la barra són menors en els instants clau de l'aixecament. Concretament, els aixecadors del grup A, a diferència dels del grup B, situen la barra més pròxima a la línia vertical de referència en els instants en què la barra assoleix la seva màxima altura (YT5) i en el moment de l'Encaix (YT6)

Variables	DE (<-3 cm) (n: 21)	DF (> +3 cm) (n: 2)	SD (± 3 cm) (n: 8)
Mitjana	-11,9	18	-0,4
Desviació estàndard	6,01	2,83	1,92
Màxim	-25	20	2
Mínim	-5	16	-3

Taula 3

Descriptius del desplaçament horitzontal dels peus (cm) per al conjunt d'aixecadors.

Variables	GRUP A (n: 15) (M \pm DS)	GRUP B (n: 16) (M \pm DS)	P
Vz_max	1,73 \pm 0,08	1,74 \pm 0,12	0,788
Z_1a estrebada (m)	0,37 \pm 0,06	0,39 \pm 0,06	0,740
Z_2a estrebada (m)	0,25 \pm 0,05	0,24 \pm 0,04	0,195
Z_Total (m)	1,01 \pm 0,07	1,03 \pm 0,08	0,660
YT2 (cm)	-2,32 \pm 2,87	-3,6 \pm 2,13	0,163
YT3 (cm)	-3,50 \pm 2,89	-5,16 \pm 1,93	0,068
YT4 (cm)	-3,37 \pm 2,83	-4,55 \pm 2,81	0,255
YT5 (cm)	-4,39 \pm 5,47	-8,26 \pm 3,87	0,030
YT6 (cm)	-5,01 \pm 7,96	-12,04 \pm 4,72	0,005
YMAX2 (cm)	-5,19 \pm 2,94	-5,91 \pm 2,32	0,451
Y peus (cm)	-2,60 \pm 11,25	-11,19 \pm 5,95	0,012

Taula 4

Valors dels desplaçaments horitzontals i verticals de la barra i dels peus en els instants i fases de referència per grups. (Mitjana \pm desviació estàndard i significació estadística en la prova t).

amb diferències properes als 7 i 9 centímetres respectivament. En tot cas, en tots dos grups es comprova que la barra se situa en una posició per darrere de la vertical de referència en tots els instants temporals que s'han considerat en la recerca de la posició d'Encaix (taula 4).

Així doncs, sembla evident que els grups representen dos patrons diferents pel que fa a la trajectòria que segueix la barra. El patró d'aixecament del grup A, caracteritzat per descriure una trajectòria pròxima a la línia vertical de referència, amb petits desplaçaments horitzontals de la barra, i el patró dels aixecadors del grup B, caracteritzat per un desplaçament horitzontal més gran de la barra, acompanyat d'un desequilibri cap enrere com a conseqüència d'un major desplaçament horitzontal dels peus cap enrere durant la fase del *turnover*.

Amb tot, les trajectòries obtingudes pels aixecadors d'un grup i de l'altre, contenen elements comuns a les propostes realitzades per Vorobyev (1978). D'una banda, els aixecadors del grup A, la trajectòria dels quals s'apropa a la que considera més apropiada, i d'altra banda, els aixecadors del grup B, la trajectòria dels quals s'apropa a la que considera menys apropiada, en coincidència també amb les dades procedents d'altres estudis esmentats anteriorment.

En tot cas, caldria considerar el fet que alguns estudis han demostrat que la trajectòria B està bastant generalitzada entre els aixecadors d'elit, fins i tot que arriba a ser la preferida per aquests (Isaka *et al.*, 1996). En l'estudi de Shilling *et al.* (2002) van analitzar els desplaçaments dels peus i van arribar a la conclusió que el desplaçament dels peus i el de la barra estaven relacionats. Tanmateix, no van trobar diferències significatives en el rendiment obtingut, de manera que semblava que totes dues tècniques podien ser igual d'eficients.

En el nostre estudi, hem pogut comprovar que els aixecadors que aconseguen vèncer una major càrrega relativa utilitzen diferents trajectòries condicionades de forma especial pel grau de desplaçament horitzontal dels peus, per la qual cosa entenem que hi ha causes suficients per reflexionar sobre aquesta circumstància en el context de l'entrenament dels aixecadors.

Conclusions

Els resultats del nostre estudi permeten d'afirmar que els aixecadors que superen una càrrega relativa superior, és a dir, els que disposen de més potencial dinàmic, utilitzen un patró tècnic diferenciat que influeix en la trajectòria que descriu la barra, caracteritzada per una

major verticalitat. Aquests resultats suggereixen que en la preparació tècnica dels aixecadors, el desenvolupament d'una habilitat que els permeti d'aixecar la barra seguint una trajectòria pròxima a la línia vertical de referència, constitueix un objectiu que pot reportar beneficis en l'execució del moviment d'Arrencada.

En el cas particular dels desplaçaments dels peus, i de la seva influència en la trajectòria de la barra, caldria fixar l'atenció en aquest aspecte perquè aquests desplaçaments es produeixen com a conseqüència de la direcció de les forces que es generen a partir de l'impuls de les cames. Un factor tècnic que pot ser reorientat a través de l'entrenament en benefici de les característiques físiques i dinàmiques de cada aixecador.

L'èxit de l'aixecament depèn d'una base multifactorial que es materialitza de forma individual en el patró tècnic de cada aixecador. En aquest treball s'han detectat diferències en la trajectòria de la barra en aixecadors de diferent nivell de rendiment entès en termes relatius. Però aquestes diferències constitueixen tan sols un petit avenç en el coneixement del problema bàsic, com ho és l'obtenció del màxim rendiment. De fet, les diferències trobades no són prou sòlides per assumir l'existència de patrons tècnics diferenciats en l'Arrencada; tot plegat reforça la idea que l'entrenament s'ha d'orientar des d'una perspectiva oberta i individualitzada per ajudar els aixecadors a construir un patró individual com més eficient millor.

Referències bibliogràfiques

- Abdel-Aaziz, Y. I. i Karaka, H. M. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates in close range photogrammetry. *En ASP Symposium on Close Range Photogrammetry*, American Society of Photogrammetry (eds.), ASP, Falls Church, 1-18.
- Bartonietz, K. E. (1996). Biomechanics of the snatch: toward a higher training efficiency. *Strength and Conditioning*, 18, 24-31.
- Baumann, W.; Gorss, V.; Quade, V.; Galbierz, P. i Schwirz, A. (1988). The snatch technique of world class weightlifters at the 1985 world championships. *International Journal of Sport Biomechanics*, 4, 68-89.
- Bernstein, N. A. (1967). *The Coordination and Regulation of Movement*. Baltimore: Pargamon Press.
- Campos, J.; Poletaev, P.; Cuesta, A.; Pablos, C. i Carratalá, V. (2006). Kinematical analysis of the snatch in elite male junior weightlifters of different weight categories. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (4), 843-850
- Canavan, P. K.; G. E. Garret i L. E. Armstrong. (1996) Kinematic and kinetic relationships between an Olympic-style lift and the vertical jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 10; 127-130.
- Enoka, R. M. (1988). Load -and skill- related changes in segmental contributions to weightlifting movement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20 (2), 178-187.

- Garhammer, J. (1985). Biomechanical profiles of Olympic Weightlifters. *International Journal of Sports Biomechanics*, 1(2) 122-130.
- (1992). A comparison of propulsive forces for weightlifting and vertical jumping. *Journal of Applied Sport Sciences Research*, 6, 129-134
- González Badillo, J. J. (1991). *Halterofilia*. Comité Olímpico Español.
- Gourgoulis, V.; Aggeloussis, N.; Mavromatis, G. i Garas, A. (2000). Three-dimensional kinematic análisis of the snatch of elite Greek weghtlifters. *Journal of Sports Sciences*, 18, 643-652.
- Isaka, T., Okada, J. i Funato, K. (1996). Kinematic análisis of the barbell during the snatch movement of elite Asian weight lifters. *Journal of Applied Biomechanics*, 12, 508-516.
- Luchkin, N. I. Tiazhelaya atletika. (1962)(*Weightlifting*). Moskva. Ed. Fiskultura y sport].
- Lukashev, A.A. (1972). Лукшев А.А. Анализ техники выполнения рывка тяжепатпетами высокой квапификации. Автореф. Дисс. На соискание учен. степени канд. Пед. Наук. (734) М. 1972. [*Analysis of the Snatch Tecnique in elite weightlifters*. Doctoral Thesis. National Central Institute of Physical Culture. Moscow.
- Schilling, B., Stone, M., O'Bryant, H., Fry, A., Coglianesi, R. i Pierce, K. (2002). Snatch Technique of Collegiate National Level Weightlifters. *Journal of Strengh and Conditioning Research*, 16 (4), 551-555
- Stone, M. H.; O'Bryant, H. S.; Williams, F. E.; Johnson, R. L. i Pierce, K. C. (1998). Analysis of bar during the Snach in elite male weightlifters. *Journal of Strength Conditioning*. 20 (5):30-38
- Vorobyev, A. N. (1974). *Halterofilia. Ensayo sobre fisiología y entrenamiento deportivo*. México.
- *A textbook on weightlifting*. Budapest: International Weightliftig Federation.
- Woltring, H. J. (1986). Fortran package for generalized, cross validatory spline smoothing and differentiation. *Adv. Eng. Software*, 6, 104-113.