

Anàlisi comparativa del Test de Bosco amb tècniques de vídeo en 3D (Peak Performance)

Análisis comparativo del Test de Bosco con técnicas de vídeo en 3D (Peak Performance)

Morgenstern, R. *; Porta, J.**; Ribas, J. ***; Parreno, J.L. ***; Ruano Gil, D.****

* Professor de Biomecànica de l'Escola de Medicina de l'Educació Física i l'Esport, Facultat de Medicina, Universitat de Barcelona.

** Professor de l'INEF de Barcelona.

*** Doctorat del Departament d'Anatomia, Facultat de Medicina, Universitat de Barcelona.

**** Catedràtic d'Anatomia, Director de l'Escola de Medicina de l'Educació Física i l'Esport, Facultat de Medicina, Universitat de Barcelona, Professor de l'INEF de Barcelona.

Introducció

El salt vertical constitueix un dels gestos més usualment utilitzats en l'esport. Hi ha nombrosos mètodes per valorar-lo. El 1983 Bosco presentà un mètode simple per a la mesura del temps de vol d'un salt vertical^[1,2,3,4,5,6] i aquest fou aleshores usat per al càlcul de l'increment d'altura del centre de gravetat. Partint de la llei de Newton la velocitat de caiguda seria:

$$V = V_0 + a t = V_0 g t = (2 g h)^{1/2} \quad (1)$$

on V = Velocitat vertical, V_0 = Velocitat inicial, a = acceleració, h = altura, t = temps de vol i g = acceleració causada per la gravetat.

Fent $V_0 = 0$ en el punt màxim i substituint en 1:

$$V = 0 + g t = (2 g h)^{1/2}$$

Fent $T = t/2$, sent T el temps de màxima elevació i aclarint h :

$$h = \frac{gT^2}{8}$$

Aquest estudi pretén comparar el test de Bosco realitzat amb el tapís de contacte anomenat "Ergo-jump" (Junghans GMBH-Schramberg, BRD) amb

Introducción

El salto vertical constituye uno de los gestos más comúnmente utilizados en el deporte. Existen numerosos métodos para la valoración del mismo. En 1983 Bosco presentó un método simple para la medida del tiempo de vuelo de un salto vertical^[1,2,3,4,5,6] y éste fue entonces usado para el cálculo del incremento de altura del centro de gravedad. Partiendo de las leyes de Newton la velocidad de la caída sería:

$$V = V_0 + a t = V_0 g t = (2 g h)^{1/2} \quad (1)$$

donde V = Velocidad vertical, V_0 = Velocidad inicial, a = aceleración, h = altura, t = tiempo de vuelo y g = aceleración debida a la gravedad.

Haciendo V_0 en el punto máximo y sustituyendo en 1:

$$V = 0 + g t = (2 g h)^{1/2}$$

Haciendo $T = t/2$, siendo T el tiempo de máxima elevación y despejando h :

$$h = \frac{gT^2}{8}$$

Este estudio pretende comparar el Test de Bosco realizado con el tapiz de contacto llamado "Ergo-

TAULA I

	Sedentaris	Triathlon	Ciclisme	Culturisme	Motorisme
EDAT (anys)	23,11	26,90	28,00	30,50	26,00
TALLA (cm)	167,21	170,30	177,32	167,05	66,12
PES (Kg)	56,53	64,29	68,87	75,62	66,12

la trajectòria del centre de gravetat (CG) del subjecte filmada en vídeo, digitalitzada i informatitzada en tres dimensions. Per això s'utilitzarà un sistema d'anàlisi del moviment en tres dimensions capaç de mesurar el desplaçament estrictament vertical de CG versus l'"Ergojump", constituït per un "timer" (+-0,001 s) connectat per un cable a una plataforma. El "timer" es posa en marxa quan el peu del subjecte deixa de contactar amb la plataforma i s'atura en el moment de la presa de contacte.

Material i mètodes

Hom disposà d'una població de 32 atletes amb la següent distribució per esports: 12 triatletes, 8 ciclistes, 4 culturistes i 2 corredors de motocross, i de 6 sedentaris. Les mesures d'altura, edat i pes queden reflectides a la taula 1.

Els subjectes foren instruïts en la realització de dos tipus de salt sobre una plataforma de Bosco:

- 1. Squatting Jump (SJ):** el subjecte partia d'una posició de semisquat sense realitzar un contramoviment preparatori; en aquesta posició l'angle del genoll es troba aproximadament situat a 90°.
- 2. Counter-Movement Jump (CMJ):** el subjecte partia d'una posició erecta realitzant posteriorment un contramoviment preparatori per al salt; el final de la fase de contramoviment es correspon amb la posició inicial del SJ.

En ambdós salts s'ha d'evitar els desplaçaments lateral i horitzontal, així com la participació d'una altra musculatura que no sigui l'extensora de l'extremitat inferior; per això el subjecte va romandre amb les extremitats superiors creuades a la part anterior del tòrax i immobilitzades per lligadures.

Hom marcà l'individu amb boles de polièstirè expandit recobertes de material reflectant (en ser d'aquest material es minimitza la massa i els seus moviments d'inèrcia) en els següents punts:

- Espatlla dreta
- Espatlla esquerra
- Maluc dret
- Maluc esquerre
- Genoll dret
- Genoll esquerre
- Turmell dret
- Turmell esquerre

jump" (Junghans GMBH-Scramberg, BRD) con la trayectoria del centro de gravedad (CG) del sujeto filmada en vídeo, digitalizada y computada en tres dimensiones. Para ello se utilizará un sistema de análisis del movimiento en tres dimensiones capaz de medir el desplazamiento estrictamente vertical de CG versus el "Ergojump" constituido por un "timer" (+- 0,001 s) conectado por un cable a una plataforma. El "timer" se pone en marcha cuando el pie del sujeto deja de contactar con la plataforma y se para en el momento de la toma de contacto.

Material y métodos

Se dispuso de una población de 32 atletas con la siguiente distribución por deportes: 12 triatletas, 8 ciclistas, 4 culturistas y 2 corredores de motocross y de 6 sedentarios. Las medidas de altura, edad y peso se muestran en la tabla 1.

Los sujetos fueron instruidos en la realización de dos tipos de salto sobre una plataforma de Bosco:

- 1. Squatting Jump (SJ):** partiendo el sujeto de una posición de semisquat sin realizar un contramovimiento preparatorio, en dicha posición el ángulo de la rodilla se encuentra aproximadamente situado a 90°.
- 2. Counter-Movement Jump (CMJ):** el sujeto parte de una posición erecta realizando posteriormente un contra-movimiento preparatorio para el salto, el final de la fase de contra-movimiento se corresponde con la posición inicial del SJ.

En ambos saltos se debe evitar el desplazamiento lateral y horizontal, así como la participación de otra musculatura que no sea la extensora de la extremidad inferior, para ello el sujeto permaneció con las extremidades superiores cruzadas en la parte anterior del tórax e inmovilizadas por ligaduras.

Se marcó al individuo con bolas de polièstireno expandido recubiertas de material reflectante (al ser de este material se minimiza la masa y sus movimientos inerciales) en los siguientes puntos:

- Hombro derecho
- Hombro izquierdo
- Cadera derecha
- Cadera izquierda

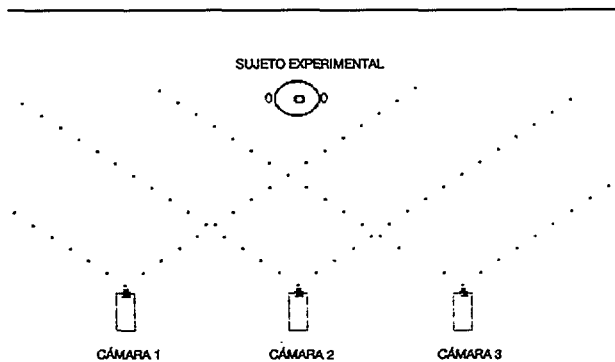


FIGURA 1

- Rodilla derecha
- Rodilla izquierda
- Tobillo derecho
- Tobillo izquierdo
- Pie derecho
- Pie izquierdo

Los saltos sobre el tapiz fueron filmados con cámaras de alta resolución (Panasonic AG 450) en sistema SVHS dispuestas como muestra la figura 1.

- Peu dret
- Peu esquerre

Els salts sobre el tapís foren filmats amb càmeres d'alta resolució (Panasonic AG 450) en sistema SVHS, disposades tal com mostra la figura 1.

Posteriorment es procedí a la digitalització automàtica, cosa per a la qual es creà un model biomecànic que va permetre la digitalització del cos en moviment, determinant la situació instantània del centre de gravetat. En considerà cap, tronc i extremitats superiors com un bloc (fig. 2), prenent l'espatlla dreta, l'espatlla esquerra, el maluc dret i el maluc esquerre com a límits i es calculà el centre de gravetat d'aquest bloc. A les extremitats inferiors foren considerats els següents blocs: cuixa dreta, cuixa esquerra, cama dreta, cama esquerra, peu dret i peu esquerre (fig. 3). Les dades foren processades mitjançant un sistema informàtic

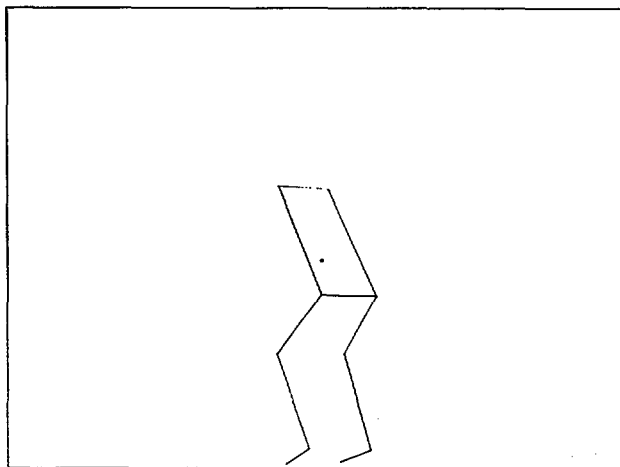


FIGURA 2

Posteriormente se procedió a la digitalización automática, para lo cual se creó un modelo biomecánico que permitió la digitalización del cuerpo en

FIGURA 3

1	L. ANKLE	5	R. SHOULDER	9	R. FOOT
2	L. KNEE	6	R. HIP	10	L. FOOT
3	L. HIP	7	R. KNEE		
4	L. SHOULDER	8	R. ANKLE		

LABEL	P	D	%Dist	% Mass	LABEL	P1	P2	D1	D2	%Dist.	% Mass
L. THIGH	3	2	37	10,3	U.P. BODY	4	5	3	6	30	67,8
L. SHANK	2	1	37	4,3							
L. THIGH	6	7	37	10,3							
R. SHANK	7	8	37	4,3							
L. FOOT	1	10	45	1,5							
R. FOOT	8	9	45	1,5							

Position with cursor keys, enter data from L->R. F3 = files, Del = deletes

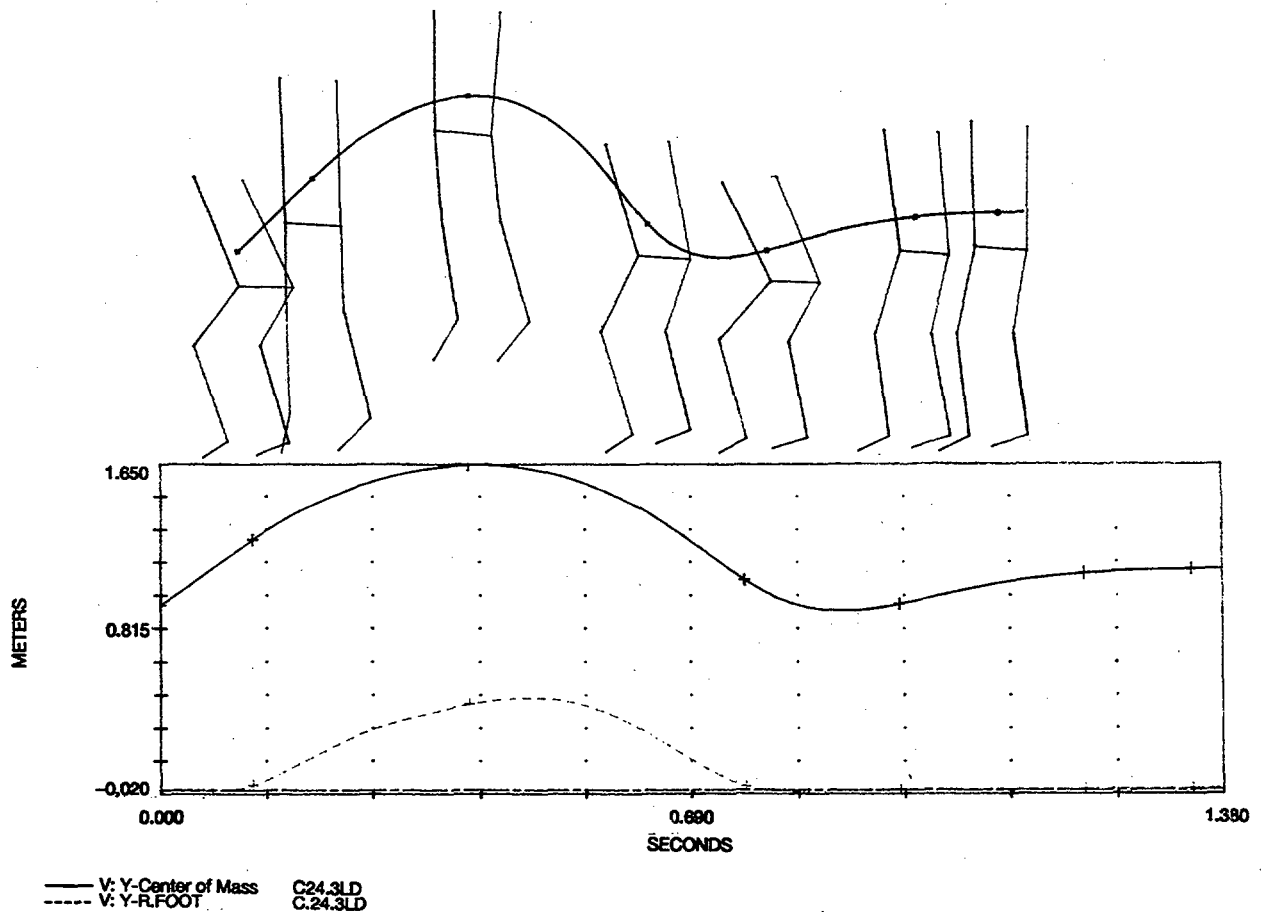


FIGURA 4

(software Peak Performance processat amb un ordinador Compaq 386; 20 MHz).

Un cop digitalitzades les imatges, es presentà un model el qual va permetre observar la trajectòria del centre de gravetat, així com mesurar l'altura recorreguda pel centre de gravetat instantani. Es prengueren els següents punts de referència (Fig. 4 i 5):

- Instant en què l'altura del centre de gravetat és menor.
- Instant immediatament anterior a l'enlairament, considerat aquest com el moment de l'enlairament del primer dit del darrer peu que deixa de contactar amb el sòl.
- Instant en què l'altura del centre instantani de gravetat és màxima ($V = 0$).
- Instant immediatament anterior a l'aterratge, considerat com a tal el moment de contacte amb la plataforma del primer dit del primer peu que contacti amb aquesta.
- Instant en què el centre de gravetat és menor posteriorment a l'aterratge.

Es consideren:

- Temps de vol: la diferència de temps entre el

movimiento, determinando la situación instantánea del centro de gravedad. Se consideró cabeza, tronco y extremidades superiores como un bloque (fig. 2), tomando hombro derecho, hombro izquierdo, cadera derecha y cadera izquierda como límites y se calculó el centro de gravedad de dicho bloque. En las extremidades inferiores se consideraron los siguientes bloques: muslo derecho, muslo izquierdo, pierna derecha, pierna izquierda, pie derecho y pie izquierdo (fig. 3). Los datos se procesaron mediante un sistema informático (software Peak Performance procesado con un ordenador Compaq 386; 20 MHz).

Una vez digitalizadas las imágenes, se presentó un modelo el cual permitió observar la trayectoria del centro de gravedad, así como medir la altura recorrida por el centro de gravedad instantáneo. Se tomaron los siguientes puntos de referencia (fig. 4 y 5):

- Instante en que la altura del centro de gravedad es menor.
- Instante inmediatamente anterior al despegue, considerado éste como el momento del despe-

moment anterior a l'enlairament i el moment anterior a l'aterratge.

- Altura màxima: la diferència d'altures del centre instantani de gravetat entre l'instant anterior a l'enlairament i l'altura màxima.
- Altura del recorregut del centre de gravetat: la diferència d'altures del centre instantani de gravetat entre el punt on aquesta és mínima i el punt on és màxima.
- Altura calculada pel temps de vol de Bosco (altura de Bosco), dada subministrada pel sistema Engojump.

Resultats

Es comparà percentualment l'altura màxima mesurada pel sistema de digitalització amb l'altura de Bosco mesurada pel tapis.

El resultat s'expressa en tant per cent respecte a l'altura màxima.

Es procedí a l'anàlisi estadística obtenint les mitjanes i desviacions típiques de distribució segons el tipus de salt i el sexe dels subjectes (Taula 2).

Es realitzà una distribució normal de freqüències de la desviació típica de la població general i s'ob-

que del primer dedo del último pie que deja de contactar con el suelo.

- Instante en que la altura del centro instantáneo de gravedad es máxima ($V = 0$).
- Instante inmediatamente anterior al aterrizaje, considerado como tal el momento de contacto con la plataforma del primer dedo del primer pie que contacte con ésta.
- Instante en que el centro de gravedad es menor posteriormente al aterrizaje.

Se consideran:

- *Tiempo de vuelo*: A la diferencia de tiempo entre el momento anterior al despegue y el momento anterior al aterrizaje.
- *Altura máxima*: A la diferencia de alturas del centro instantáneo de gravedad entre el instante anterior al despegue y la altura máxima.
- *Altura del recorrido del centro de gravedad*: a la diferencia de alturas del centro instantáneo de gravedad entre el punto donde ésta es mínima y el punto donde es máxima.
- *Altura calculada por el tiempo de vuelo de Bosco (altura de Bosco)*: dato suministrado por el sistema Ergojump.

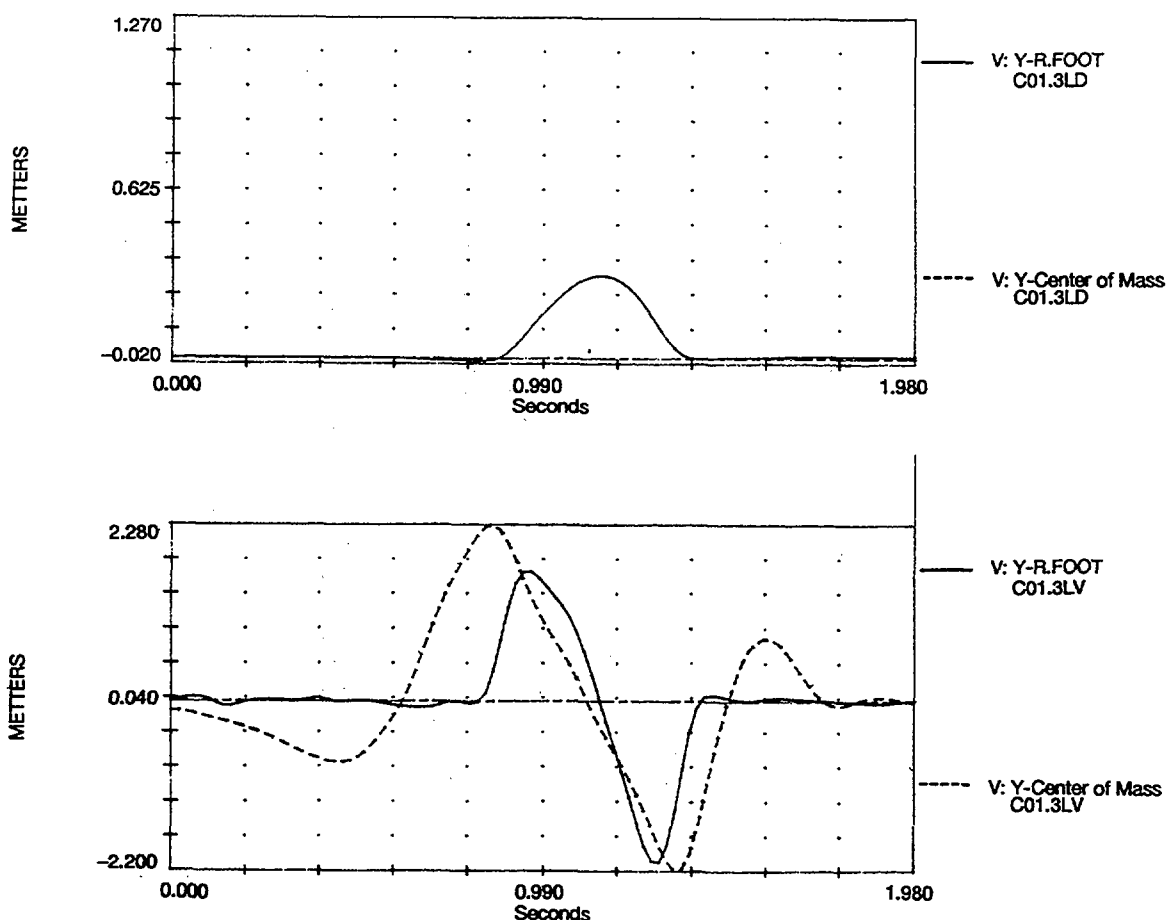


FIGURA 5

TAULA II

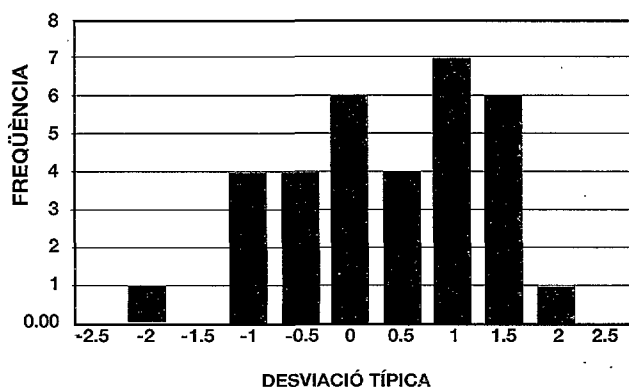
	General	Countermove	Squat Jump	Homes	Dones
Número d'assaigs	32	16	16	18	14
Medià Aritmètica	0	-0,4	0,6	1	-1
Desviació típica	5,5	4,4	6,2	4,8	6,2

servà un patró uniformement distribuït des de -1 desviació típica fins a +1.5 desviació típica segons Gràfica A.

Discussió

El mètode de mesurament de l'instant d'enlairament del contacte i de nova presa de contacte pateix de la limitació causada per la freqüència de filmació del sistema de cambres, que era de 50 Hz. això no obstant, en ser el mateix per a tots els assaigs, amb la sensibilitat de 20 mil·lsegons pot ser acceptable, per a un temps de vol d'uns 600 mil·lsegons, un error d'un 3%.

DISTRIBUCIÓ NORMAL % BOSCO/PEAK



Gràfic A

El sistema d'anàlisi tridimensional permet establir la trajectòria segons els eixos X, Y, Z de l'espai, considerat l'eix Y com a vertical, l'eix X com a transversal i l'eix Z com a àntero-posterior.

El sistema permet mesurar el desplaçament estricte en l'eix Y; els salts que mostraren un desplaçament important en X o en Z foren rebutjats.

La posició de partida i la d'arribada han de ser idèntiques per no introduir diferències artificials en el temps total de vol sobre el tapís de Bosco (p. ex. si el saltador encorgeix les extremitats inferiors augmenta el temps de vol, falsejant el resultat);

Resultados

Se comparó porcentualmente la altura máxima medida por el sistema de digitalización con la altura de Bosco medida por el tapiz.

El resultado se expresó en tanto por ciento respecto a la altura máxima.

Se procedió al análisis estadístico obteniendo las medias y desviaciones típicas de distribución según el tipo de salto y el sexo de los sujetos (Tabla 2).

Se realizó una distribución normal de frecuencias de la desviación típica de la población general y se observó un patrón uniformemente distribuido desde -1 desviación típica hasta +1,5 desviación típica según gráfico A.

Discusión

El método de medición del instante de despegue del contacto y de nueva toma de contacto adolece de la limitación causada por la frecuencia de filmación del sistema de cámaras, que era de 50 Hz. Sin embargo, al ser el mismo para todos los ensayos, con la sensibilidad de 20 milisegundos, puede ser acceptable, para un tiempo de vuelo de unos 600 milisegundos, un error de un 3%.

El sistema de análisis tridimensional permite establecer la trayectoria según los ejes X, Y, Z del espacio, considerando el eje Y como vertical, el eje X como transversal y el eje Z como anteroposterior.

El sistema permite medir el desplazamiento estricto en el eje Y; los saltos que mostraron un desplazamiento importante en X o en Z fueron rechazados.

La posición de partida y la de llegada ha de ser idéntica para no introducir diferencias artificiales en el tiempo total de vuelo sobre el tapiz de Bosco (p. ej. si el saltador encoge las extremidades inferiores, aumenta el tiempo de vuelo falseando el resultado); se rechazaron los saltos con ángulos intersegmentarios de despegue y aterrizaje distintos.

Conclusiones

1. Del ensayo realizado, se puede inferir que el tapiz de Bosco mide la altura del centro de gra-

foren rebutjats els salts amb angles intersegmentaris d'enlairament i aterratge distins.

Conclusions

1. De l'assaig realitzat, es pot inferir que el tapís de Bosco mesura l'altura del centre de gravetat del saltador amb una desviació de -5.5% fins a +8% respecte al mesurament del sistema d'anàlisi del moviment.
2. Atesa la variació de la població observada, es pot deduir la universalitat de la validesa del tapís, ja que la desviació típica és molt semblant en tots els grups.
3. El grau de confiança d'un assaig realitzat amb el tapís de Bosco, observant les limitacions indicades en la discussió, es pot xifrar en aproximadament un 90%.

vedad del saltador con una desviación de -5,5% hasta un +8% respecto a la medición del sistema de análisis del movimiento.

2. Dada la variación de la población observada, se puede deducir la universalidad de la validez del tapiz, ya que la desviación típica es muy similar en todos los grupos.
3. El grado de confianza de un ensayo realizado con el tapiz de Bosco, observando las limitaciones indicadas en la discusión, puede cifrarse en aproximadamente un 90%.

Bibliografia

1. BEDI, J.: "Increase in jumping height associate with maximal effort vertical depth jumps". Res. Quart. 58 (1): 11-15, 1987.
2. BOSCO, C.: "Neuromuscular function and mechanical efficiency of human leg extensor muscles during jumping exercises". Acta. Physiol. Scand. 114: 543-550, 1982.
3. BOSCO, C.: "A simple method for measurement of mechanical power in jumping". Eur. J. Appl. Physiol. 50: 273-282, 1983.
4. BOSCO, C.: "Stretch-Shortening cycle in skeletal muscle function and physiological considerations on explosive power in man" Athleticastudi. 16 (1): 7-113, 1985.
5. BOSCO, C.: "Valoraciones funcionales de la fuerza dinámica, de la fuerza explosiva y de la potencia anaeróbica aláctica con los tests de Bosco". Apunts vol. XXIV, 151-156, 1987.
6. VITASALO, J.: "Evaluation of explosive strenght for young and adult athletes". Res. Quart. 59 (1) 9-13, 1988.

