

Estudi Biomecànic de la Tècnica de Carrera Llençada en les Proves de Velocitat Femenina

Obtenció de Paràmetres Representatius i Estudi Comparatiu*

Estudio biomecánico de la técnica de carrera Lanzada en las Pruebas de Velocidad Femenina

Obtención de Parámetros representativos y estudio comparativo*

Turró i Mayne, C.
Departament de Biomecànica - CAR Sant Cugat

RESUM

L'estudi de les característiques tècniques de la carrera en les proves atlètiques de velocitat abasten un ampli ventall de paràmetres d'interès. Aquests paràmetres defineixen, i alhora evaluen, les particularitats intrínseques de la carrera.

Fent un estudi ampli d'aquests paràmetres per a esportistes, i fent-ne un tractament estadístic entre ells, és possible trobar correlacions significatives entre ells i cercar o deduir quins defineixen purament la tècnica de carrera llençada.

En aquest estudi s'han estudiat 14 subjectes, que si bé no representen un gran nombre, sí que formen un grup bastant homogeni dins de l'élite espanyola, i permeten fer una aproximació estadística acceptable.

RESUMEN

El estudio de las características técnicas de la carrera en las pruebas atléticas de velocidad abarcan un amplio abanico de parámetros de interés. Estos parámetros definen, y al mismo tiempo evalúan, las particularidades intrínsecas de la carrera.

Haciendo un estudio amplio de estos parámetros en deportistas y haciendo un tratamiento estadístico entre ellos, es posible encontrar correlaciones significativas entre ellos y buscar o deducir cuáles definen puramente la técnica de carrera lanzada.

En este estudio se han examinado 14 sujetos, que si bien no representan un gran número, forman un grupo bastante homogéneo dentro de la élite española y permiten hacer una aproximación estadística aceptable.

Metodologia

Subjectes

Es va comptar amb la possibilitat de poder estudiar catorze atletes de la selecció espanyola, doncs es va fer una concentració del sector de velocitat al Centre d'Alt Rendiment Esportiu de

Metodología

Sujetos

Se contó con la posibilidad de poder estudiar a catorce atletas de la selección española. Se hizo una concentración del sector de velocidad en el Centro d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallés,

* Aquest estudi ha comptat amb un ajut de "Ajuts per a la formació de tècnics i científics per mitjà de la recerca", de la Direcció General d'Esports de la Generalitat de Catalunya.

* Este estudio ha contado con la ayuda de un "Ajut per a la formació de tècnics i científics per mitjà de la recerca" de la Direcció General de l'Esport de la Generalitat de Catalunya.

Sant Cugat del Vallès, fet que va facilitar el poder realitzar l'estudi. Concretament, es tractava d'atletes de velocitat curta i prolongada, és a dir, de 100 i 200 m i de 400 m respectivament. Les edats estaven compreses entre els 18 i 30 anys, amb una mitjana de 22.8 anys. Les alçades estaven compreses entre els 1.62 i 1.75 m i amb una mitjana de 1.68 m. Els pesos entre 49 i 64 Kg amb una mitjana de 54.9. Les millors marques estaven compreses entre 11.44 i 12.00 seg. amb una mitjana de 11.84 seg. en la prova de 100 m, i entre 49.67 i 54.29 seg. amb una mitjana de 52.61 seg. en la prova dels 400 m. Es tractava, doncs, d'un nivell competitiu que va desde l'élite mundial (concretament en el cas de Sandra Myer en els 400 m) fins a l'élite espanyola.

Captació de dades

Les corredores havien de realitzar un test de 60 m dintre del seu programa d'entrenament, i es va aprofitar aquest fet per a enregistrar-les. Per tal de garantir el màxim de rendiment de les esportistes, la filmació no va inferir en absolut en el test de velocitat, doncs les càmeres estaven col·locades fora de la pista, i l'enregistrament del calibratge es va fer prèviament a que hi arribessin.

Cada una de les esportistes van córrer la distància de 60 m paral·lelament a les càmeres, i es va triar l'interval entre el 30 i el 50 com l'idoni per a enregistrar, doncs és on teòricament s'aconsegueix el màxim de velocitat. Es va fer dues vegades, i s'en va escollir el millor intent per a estudiar, l'enregistrament s'efectuà amb dues càmeres industrials Panasonic wv-t-70e i dos magnetoscopis ag-7450, en sistema SVHS i amb una velocitat de captació de 50 imatges per segon. Estaven col·locades totalment estàtiques i paral·leles.

Es van utilitzar dues càmeres degut a que el camp d'estudi és bastant gran (aprox. 15-20 m) i enregistrar-lo amb una sola càmera hauria acumulat molt d'error, tant degut a la pròpia resolució de les càmeres en aparèixer els subjectes d'estudi molt petits, i, per tant, difícil de digitalitzar com pel propi error de l'òptica, doncs els dos extrems laterals del camp de visió podrien estar bastant deformats.

Per aquest motiu s'optà per dividir el camp de visió en dos, amb una zona en comú, i enregistrar-los amb dues càmeres paral·leles entre si i perpendiculars al camp d'estudi (Figura 1). L'objectiu de la zona en comú va ser la de permetre, un cop estiguessin digitalitzades les dues càmeres, que fos possible acoblar els dos moviments consecutius. Les càmeres, evidentment, havien d'estar Gen-Lockades per tal de garantir un perfecte sincronisme dels instants enregistrats.

L'espai d'enregistrament de cada càmera va ser calibrat col·locant marcadors tant horitzontals com verticals, així com marcadors en la zona comuna

hecho que facilitó el poder realizar el estudio. Se trataba, concretamente, de atletas de velocidad corta y prolongada, es decir, de 100 y 200 m y de 400 m respectivamente. Las edades estaban comprendidas entre los 18 y 30 años, con una media de 22,8 años. Las alturas estaban comprendidas entre 1,62 y 1,75 m, con una media de 1,68 m. Los pesos entre 49 y 64 Kg, con una media de 54,9 Kg. Las mejores marcas estaban comprendidas entre 11,44 y 12 seg., resultando una media de 11,84 seg. en la prueba de 100 m, y entre 49,67 y 54,29 seg., con una media de 52,61 seg. en la prueba de los 400 m. Se trataba, pues, de un nivel competitivo que va desde la élite mundial (en el caso concreto de Sandra Myers en los 400 m) hasta la élite española.

Captación de datos

Las corredoras tenían que realizar un test de 60 m dentro de su programa de entrenamiento y se aprovechó este hecho para grabarlas. Para garantizar el máximo de rendimiento de las deportistas, la filmación no interfirió en absoluto en el test de velocidad pues las cámaras estaban situadas fuera de la pista, y la grabación de la calibración se hizo antes de que llegaran.

Cada una de las deportistas corrió, paralelamente a las cámaras, la distancia de 60m y se escogió el intervalo entre los 30 y 50 m como el idóneo para grabar, ya que es donde teóricamente se consigue la máxima velocidad. Se hizo dos veces y se escogió el mejor intento para estudiar. La grabación se llevó a cabo con dos cámaras industriales Panasonic wv-t-70e y dos magnetoscopios ag-7450 en sistema SVHS y con una velocidad de captación de 50 imágenes por segundo. Estaban colocadas totalmente estáticas y paralelas.

Se utilizaron dos cámaras puesto que el campo de estudio era bastante amplio (aprox. 15-20 m) y registrarlo con una sola cámara habría acumulado mucho error, debido tanto a la propia resolución de las cámaras al aparecer los sujetos de estudio muy pequeños, y por lo tanto difíciles de digitalizar, como por el propio error de la óptica, ya que los dos extremos laterales del campo de visión podrían estar bastante deformados.

Por este motivo se optó por dividir el campo de visión en dos, con una zona en común, y registrarlos con dos cámaras paralelas entre sí y perpendiculares al campo de estudio (Figura 1). El objetivo de la zona en común fue la de permitir, una vez estuvieran digitalizadas las dos cámaras, que fuera posible acoplar los dos movimientos consecutivos. Evidentemente, las dos cámaras, tenían que estar Gen-Lockadas a fin de garantizar un perfecto sincronismo de los instantes registrados.

El espacio de grabación de cada cámara fue calibrado colocando marcadores tanto horizontales como verticales, así como marcadores en la zona común para acoplar las dos imágenes. Esto permi-

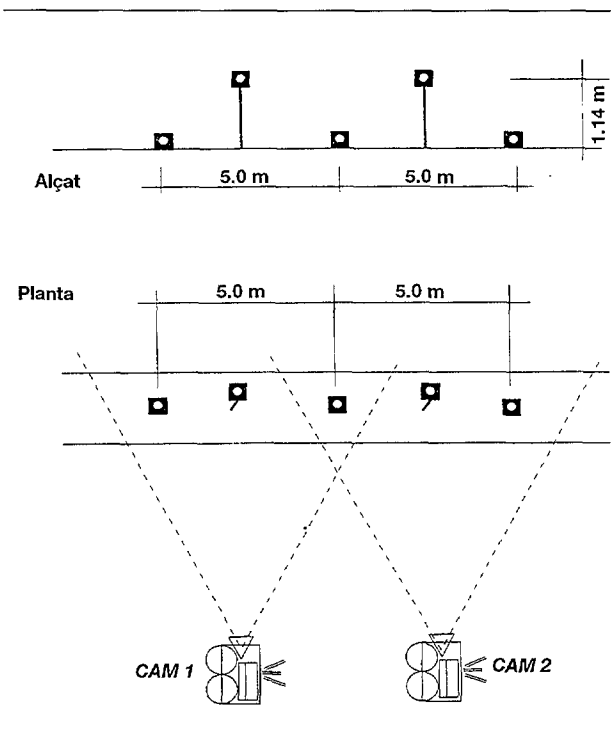


Figura 1. Camp d'estudi.
 Figura 1. Campo de estudio.

per acoblar les dues imatges. Això va permetre escalar, rotar i traslladar una càmera respecte l'altra i fer l'acoblament, així com poder tenir tots els paràmetres que es van calcular en dimensions habituals. L'enregistrament dels marcadors es va fer abans de les sèries, per tal de poder-lo repetir en cas que es produís un moviment fortuït per part d'alguna de les càmeres.

Es va intentar que les atletes anessin vestides amb roba ajustada per tal de poder distingir correctament els punts d'interès a digitalitzar (Figura 2). Es van escollir 21 punts per subjecte i imatge: el cap, el coll, l'esternó, les dues espatlles, els dos colços, els dos canyells de la mà, els dos extrems de cada mà, les dues caderes, els dos genolls, els dos turmells, els dos talons i les dues puntes dels peus.

El procés de digitalització es va realitzar amb el sistema de Peak Performance System i concretament amb el mòdul de 2D, instal·lat en un ordinador personal HP vectra 386 RS/25C, connectat a un magnetoscopi Panasonic AG-7330 i un monitor Panasonic BT-D2020-PY.

Un cop digitalitzades tant les sèries com els punts de referència i calibratge, les dades van ser transportades cap a una workstation HP-9000, on es va procedir a fer tots els tractament de les dades.

ció escalar, rotar y trasladar una cámara respecto a la otra y hacer el acoplamiento, así como poder tener todos los parámetros que fueron calculados en dimensiones habituales. El registro de los marcadores se hizo antes de la serie para poderlo repetir en caso de que se produjera un movimiento fortuito por parte de alguna de las cámaras.

Se intentó que las atletas vistieran ropa ajustada para poder distinguir correctamente los puntos de interés a digitalizar (Figura 2). Se escogieron 21 puntos por sujeto e imagen: la cabeza, el cuello, el esternón, los dos hombros, los dos codos, las dos muñecas de la mano, los dos extremos de cada mano, las dos caderas, las dos rodillas, los dos tobillos, los dos talones y las dos puntas de los pies.

El proceso de digitalización se realizó con el sistema de Peak Performance System y en concreto con el módulo de 2D, instalado en un ordenador personal HP vectra 386 RS/25C, conectado a un magnetoscopio Panasonic Ag-7330 y un monitor Panasonic BT-D2020-PY.

Una vez digitalizadas tanto las series como los puntos de referencia y calibración, los datos fueron transportados a una workstation HP-9000, donde se procedió a hacer todos los tratamientos de los datos.

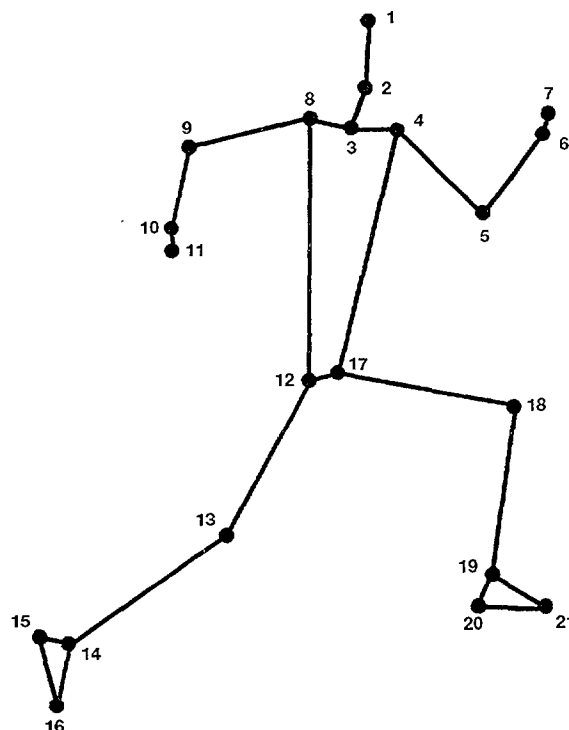


Figura 2. Puntos a digitalizar.
 Figura 2. Puntos a digitalizar.

Tractament de les dades

Es va desenvolupar un programa informàtic escrit en llenguatge de programació "C", per tal de poder fer totes les transformacions necessàries de les matrius de dades digitalitzades.

Com que no era possible col·locar les dues càmeres perfectament horitzontals, es va haver de rotar els arxius de dades de cada càmera cap a l'horitzontal, aprofitant els dos punts de referència col·locats al terra que apareixia a cada camp visual. Aquests punts, en estar perfectament horitzontals i aliniats, van ser perfectament vàlids per a aquest fi.

Després va caldre traslladar cada càmera cap al zero vertical, prenent com a zero precisament els punts de referència, col·locats justament a la zona per on havien de córrer les atletes. Aquest pas va permetre fer un primer test d'errors, doncs les puntes dels peus havien de tenir, forçosament, un valor en la seva coordenada vertical molt propera al zero en els instants en que estaven en contacte amb el terra.

Posteriorment, com que ni el zoom de les càmeres, ni la distància d'elles a la zona enregistrada, eren exactament iguals entre elles, es va escalar la imatge d'una respecte de l'altra. El factor d'escalat es va calcular a partir de la comparació entre els punts de referència, tant verticals com horitzontals.

Finalment, es va traslladar una càmera respecte l'altra col·locant en el mateix lloc el punt de referència comú a les dues càmeres.

El filtratge de les dades digitalitzades per tal de reduir l'error implícit en la digitalització, es van fer amb les utilitats del sistema Peak Performance, concretament es va utilitzar un suavisant de tipu fast fourier amb un cut-off de 6.

Per a calcular el moviment en dimensions reals es va utilitzar el mètode del factor d'escalat. Aquest sistema consisteix en col·locar un objecte conegut a l'escenari i buscar el factor d'escalat amb el qual la imatge digitalitzada el veu. Donat que la imatge sempre és constant en quant a les seves dimensions i orientacions, aplicant aquest factor a qualsevol objecte que passi per l'escenari, se n'obté la seva dimensió real.

Definició de variables

Es van definir, tant a partir de la literatura existent com, sobre tot, d'entrevistes amb els tècnics especialitzats del Centre d'Alt Rendiment en les proves de velocitat, un gran nombre de paràmetres i variables a estudiar. S'en va fer un estudi estadístic utilitzant el programa UNIXSTAT, dins de la workstation unix HP9000, comparant-los entre ells per tal de buscar-ne les correlacions i interaccions. Això va permetre veure que alguns paràmetres no tenien relació amb cap altres. En canvi, alguns sí que van mostrar una significativa interrelació entre ells. Pre-

Tratamiento de los datos

Se llevó a cabo un programa informático escrito en lenguaje de programación "C", con la finalidad de poder hacer todas las transformaciones necesarias de las matrices de datos digitalizados.

Ya que no era posible colocar las dos cámaras perfectamente horizontales, se rotaron los archivos de datos de cada cámara hacia la horizontal, aprovechando los dos puntos de referencia colocados en el suelo que aparecían en cada campo visual. Estos puntos, estando perfectamente horizontales y alineados, fueron perfectamente válidos para esta finalidad.

Después, fue necesario trasladar cada cámara hacia el cero vertical, tomando como cero precisamente los puntos de referencia, colocados justamente en la zona por donde tenían que correr las atletas. Este paso permitió hacer un primer test de errores, ya que las puntas de los pies debían tener forzosamente, un valor en su coordenada vertical muy próximo al cero en los instantes en que estaban en contacto con el suelo.

Posteriormente, ya que ni el zoom de las cámaras, ni su distancia en la zona registrada eran exactamente iguales entre ellas, se escaló la imagen de una respecto de la otra. El factor de escalado se calculó a partir de la comparación entre los puntos de referencia, tanto verticales como horizontales.

Finalmente se trasladó una cámara respecto a la otra, colocando en el mismo lugar el punto de referencia común a las dos cámaras.

La filtración de los datos digitalizados, para así reducir el error implícito en la digitalización, se hizo gracias a las características del sistema Peak Performance. Concretamente se utilizó un suavizado tipo fast fourier con un cut-off de 6.

Para calcular el movimiento en dimensiones reales se utilizó el método del factor de escalado. Este sistema consiste en colocar un objeto conocido en el escenario de la prueba y buscar el factor de escalado con el que la imagen digitalizada lo ve. Dado que la imagen siempre es constante en cuanto a sus dimensiones y orientaciones, aplicando este factor a cualquier objeto que pase por la zona de estudio, se obtendrá su dimensión real.

Definición de variables

Se definieron, ya a partir de la literatura existente como, sobretodo, de entrevistas con los técnicos especializados del Centre d'Alt Rendiment en las pruebas de velocidad, un gran número de parámetros y variables a estudiar. Se llevó a cabo un estudio estadístico utilizando el programa UNIXSTAT, dentro de la workstation unix HP9000, comparándolos entre ellos para buscar las correlaciones e interacciones. Esto permitió ver que algunos parámetros no tenían relación con ningún otro. En cambio, algunos sí que mostraron una significativa inte-

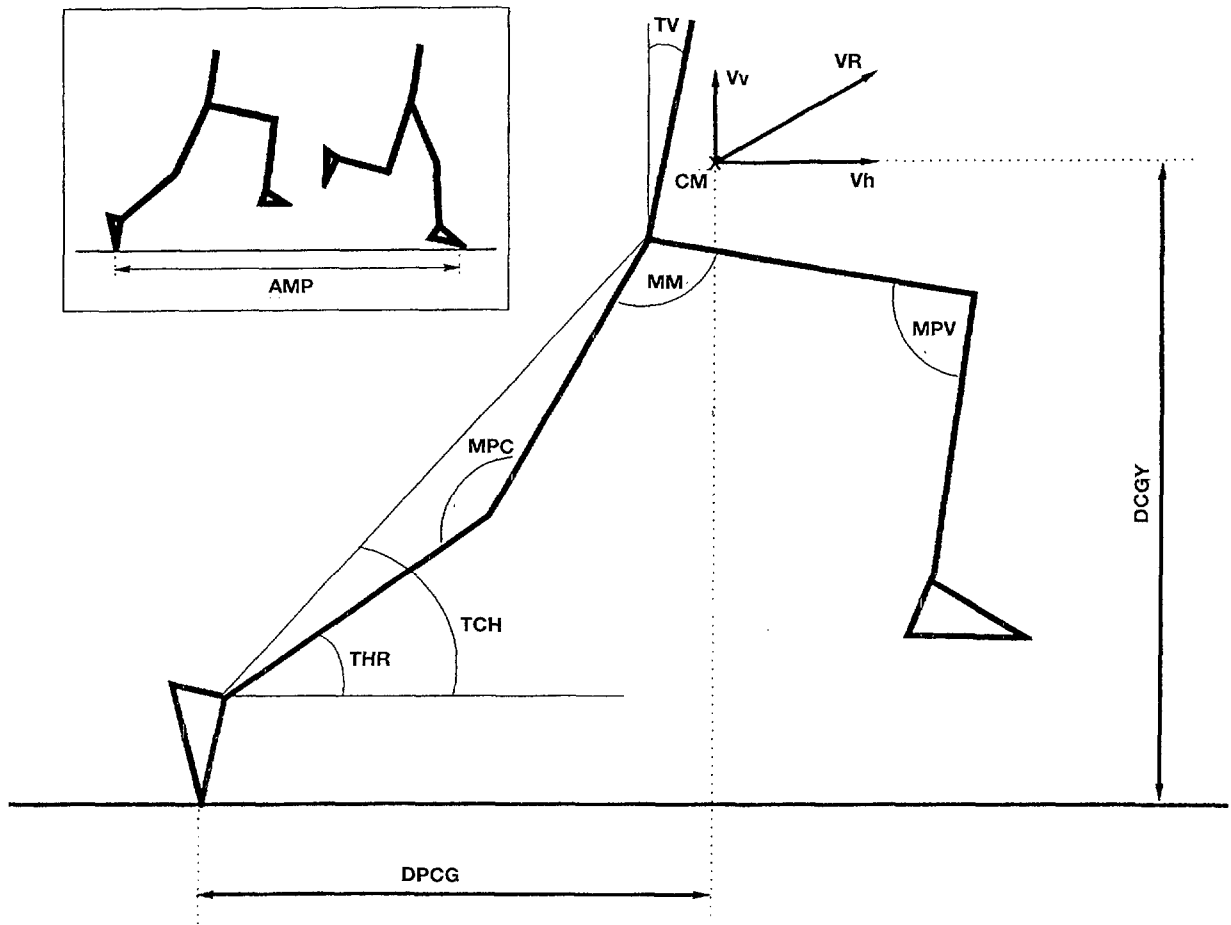


Figura 3. Impuls o Take-off.
 Figura 3. Impulso o Take-off.

cisament, aquests són els paràmetres que van ser tinguts en compte.

Ahora es va fer un tractament separat dels dos instants clau de la carrera llançada: l'impuls o take-off i el contacte o touch-down (Figura 3 i Figura 4). Aquests paràmetres són:

- AMP: Amplitud de la gambada.
- angVR: Angle que forma el vector resultant de la velocitat amb l'horitzontal.
- CM: Centre de Masses.
- DCGY: Distància del Centre de Masses al terra.
- DPCG: Distància del peu de contacte amb la projecció sobre el terra del Centre de Masses.
- Height: Alçada de l'esportista.
- MM: Àngle definit per les dues cuixes.
- MPC: Àngle definit per la cuixa i la cama de contacte

relación entre ellos.

Precisamente, estos son los parámetros tomados en cuenta.

Al mismo tiempo se hizo un tratamiento separado de los dos instantes claves de la carrera lanzada: el impulso o take-off y el contacto o touch-down (Figura 3 y Figura 4).

Estos parámetros son:

- AMP: Amplitud de la zancada.
- angVR: Ángulo que forma el vector resultante de la velocidad con la horizontal.
- CM: Centro de masas.
- DCGY: Distancia del centro de masas en el suelo.
- DPCG: Distancia del pie de contacto con la proyección sobre el suelo del centro de masas.
- Height: Altura de la deportista.

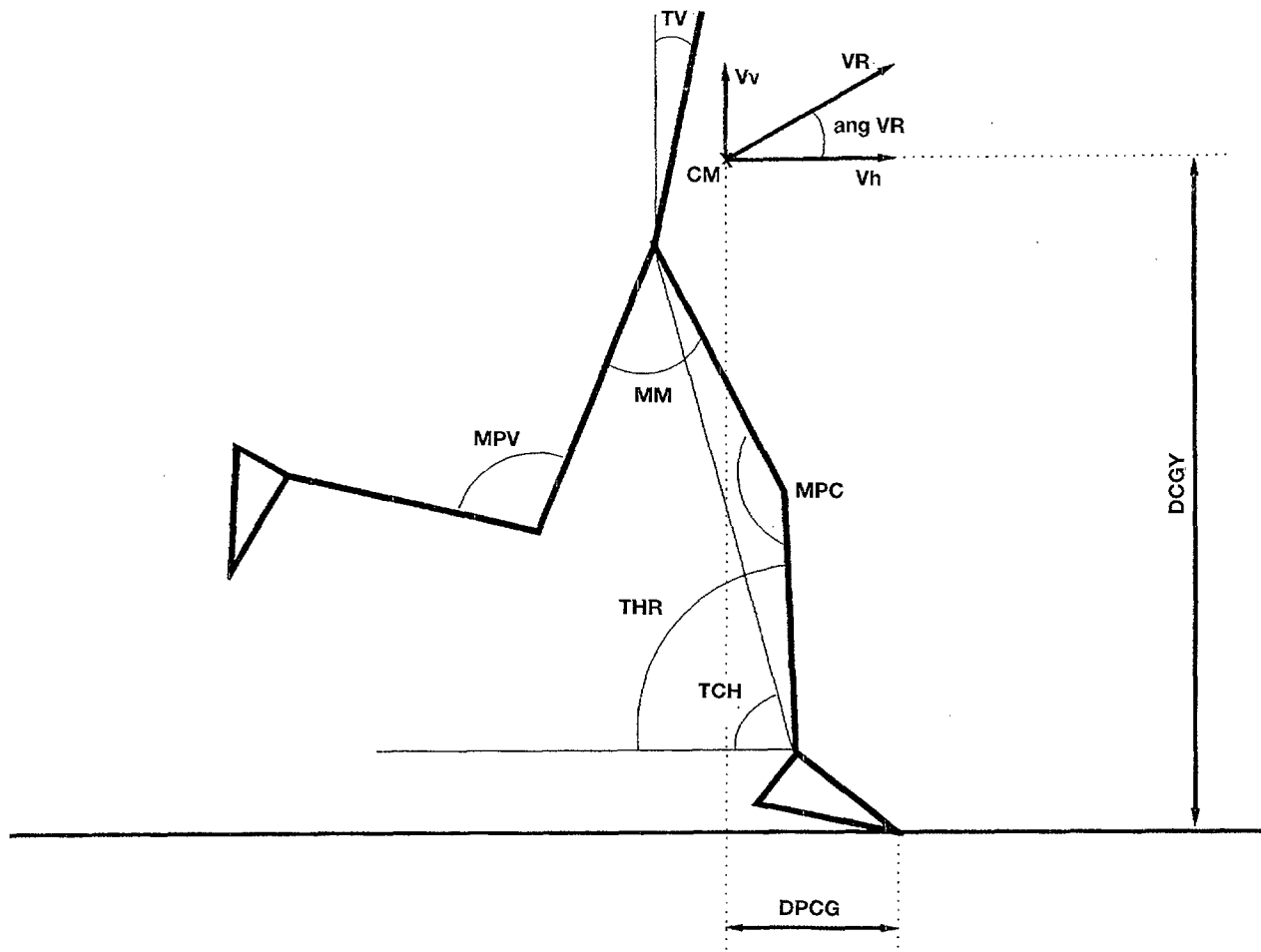


Figura 4. Contacte o Touch-down.
 Figura 4. Contacto o Touch down.

- MPV: Angle definit per la cuixa i la cama de vol.
- TCH: Angle definit per el segment peu de contacte-cadera amb l'horitzontal.
- TRH: Angle definit per el segment peu de contacte-genoll amb l'horitzontal.
- TV: Angle del tronc amb la vertical.
- Vh: Mòdul del vector horitzontal de la velocitat.
- VR: Mòdul del vector resultant de la velocitat.
- Vv: Mòdul del vector vertical de la velocitat.

Resultats

S'han diferenciat els dos instants de la cursa i s'han estudiat per separat, no interrelacionat dades entre ells.

- MM: Ángulo definido por los dos muslos.
- MPC: Ángulo definido por el muslo y la pierna de contacto.
- MPV: Ángulo definido por el muslo y la pierna de vuelo.
- TCH: Ángulo definido por el segmento pie de contacto-cadera con la horizontal.
- TRH: Ángulo definido por el segmento pie de contacto-rodilla con la horizontal.
- TV: Ángulo del tronco con la vertical.
- Vh: Módulo del vector horizontal de la velocidad.
- VR: Módulo del vector resultante de la velocidad.
- Vv: Módulo del vector vertical de la velocidad.

Així doncs hi ha dos apartats:

Impuls o Take-off

Hi han aparegut cinc blocs de xifres relacionades entre si, corresponents a paràmetres on s'ha trobat un grau significatiu de correlació.

PRIMER BLOC

Correlació entre els angles MM i TCH.

Analysis for 14 points of 2 variables:

Variables	MM	TCH
Min.	85.0000	50.2000
Máx.	106.8000	58.6000
Mean	92.2207	53.1893
SD	5.5832	2.0584

Correlation Matrix:

MM	1.0000	
TCH	-0.5567	1.0000
Variable	MM	TCH

Regression Equation for MM:

$$MM = 1.51 TCH + 172.532$$

En aquest cas hi apareixen dues valoracions diferents:

En primer lloc, segons Carlo Vittori, la suma d'aquests dos paràmetres en els homes d'èlit mundial ha d'estar entorn d'un valor pròxim a 180.

En les noies de l'estudi, aquest valor ha estat inferior, en torn a 140. Aquest fet pot estar explicat per la menor força muscular de les noies respecte dels nois.

Tanmateix, el tant per cent d'aportació que fan els dos valors a la suma és pràcticament igual a la descrita per Vittori:

Segons Vittori:

$$\begin{aligned} MM &= 117 & MM + TCH &= 180 \\ TCH &= 63 & 65\% + 35\% &= 100\% \end{aligned}$$

Segons aquest estudi:

$$\begin{aligned} MM &= 92 & MM + TCH &= 142 \\ TCH &= 50 & 64,7\% + 35,3\% &= 100\% \end{aligned}$$

En segon lloc, la correlació negativa (-0.5567) ens indica que els dos valors angulars varien inversament.

Efectivament, una tècnica de carrera correcta implica un impuls amb la cama bastant estirada, és a dir, amb un angle TCH mínim.

Ahora, l'angle MM ha de tendir a ser màxim.

Resultados

Se han diferenciado los dos instantes de la carrera y se han estudiado por separado, sin interrelacionar datos entre ellos. De este modo tenemos dos apartados.

Impulso o Take-off

Han aparecido cinco bloques de cifras relacionadas entre sí, correspondientes a parámetros en los que se ha encontrado un grado significativo de correlación.

PRIMER BLOQUE

Correlación entre los ángulos MM y TCH.

Analysis for 14 points of 2 variables:

Variables	MM	TCH
Min.	85.0000	50.2000
Máx.	106.8000	58.6000
Mean	92.2207	53.1893
SD	5.5832	2.0584

Correlation Matrix:

MM	1.0000	
TCH	-0.5567	1.0000
Variable	MM	TCH

Regression Equation for MM:

$$MM = 1.51 TCH + 172.532$$

En este caso aparecen dos valoraciones diferentes:

En primer lugar, según Carlo Vittori, la suma de estos parámetros en los hombres de élite mundial ha de estar en torno a un valor próximo a 180.

En las chicas del estudio, este valor ha sido inferior, en torno a 140.

Este hecho puede explicarse por la menor fuerza muscular de las chicas respecto de los chicos.

No obstante, el tanto por ciento de aportación que dan los dos valores a la suma es prácticamente igual a la descrita por Vittori:

Según Vittori:

$$\begin{aligned} MM &= 117 & MM + TCH &= 180 \\ TCH &= 63 & 65\% + 35\% &= 100\% \end{aligned}$$

Según este estudio:

$$\begin{aligned} MM &= 92 & MM + TCH &= 142 \\ TCH &= 50 & 64,7\% + 35,3\% &= 100\% \end{aligned}$$

En segundo lugar, la correlación negativa (-0.5567) nos indica que los dos valores angulares varían inver-

SEGON BLOC

Correlació entre l'angle MM i la distància DPCG.

Analysis for 14 points of 2 variables:

Var	MM	DPCG
Min.	85.0000	0.4500
Máx.	106.8000	0.5900
Mean	92.2207	0.5350
SD	5.5832	0.0394

Correlation Matrix:

MM	1.0000	
DPCG	-0.5671	1.0000
Variable	MM	DPCG

Regression Equation for MM:

$$MM = 80.42 \text{ DPCG} + 49.1964$$

Aquesta correlació ens indica que, per a que l'impuls sigui el més llarg possible (DPCG màxim), l'angle MM també haurà de ser màxim, és a dir, la cuixa de la cama lliure haurà d'estar el més alta possible, tal com indica el factor de 0.5671.

TERCER BLOC

Correlació entre els paràmetres AMP, DCGY, DPCG, height i Vh.

Analysis for 14 points of 5 variables:

Variable	AMP	DCGY	DPCG	height	Vh
Min.	1.7900	0.9500	0.4500	1.6200	8.2600
Max.	2.1200	1.0500	0.5900	1.7600	9.1700
Mean	1,9564	1.0000	0.5350	1.6779	8.6729
SD	0.0808	0.0378	0.0394	0.0458	0.2873

Correlation Matrix:

AMP	1.0000				
DCGY	0.5611	1.0000			
DPCG	0.7506	0.6973	1.0000		
height	0.6736	0.8575	0.7961	1.0000	
Vh	0.7481	0.3574	0.3284	1.0000	
Variable	AMP	DCGY	DPCG	height	Vh

Regression Equation for A:

$$AMP = -0.6405 \text{ DCGY} + 0.9456 \text{ DPCG} + 0.6796 \text{ height} + 0.165 \text{ Vh} + -0.479963$$

Els valors d'alçada de l'esportista (height) i l'alçada del seu centre de gravetat (DCGY) tenen una raó evident de ser positivament correlacionats. Com més alt sigui, més alt estarà el seu centre de gravetat (correl. 0.8575).

samente. Efectivamente, una técnica de carrera correcta implica un impulso con la pierna bastante estirada, es decir, con un ángulo TCH mínimo. Al mismo tiempo, el ángulo MM ha de tender a ser máximo.

SEGUNDO BLOQUE

Correlación entre el ángulo MM y la distancia DPCG.

Analysis for 14 points of 2 variables:

Var	MM	DPCG
Min.	85.0000	0.4500
Máx.	106.8000	0.5900
Mean	92.2207	0.5350
SD	5.5832	0.0394

Correlation Matrix:

MM	1.0000	
DPCG	-0.5671	1.0000
Variable	MM	DPCG

Regression Equation for MM:

$$MM = 80.42 \text{ DPCG} + 49.1964$$

Esta correlación nos indica que para que el impulso sea lo más largo posible (DPCG máximo), el ángulo MM también tendrá que ser máximo, es decir, el muslo de la pierna libre deberá estar lo más alto posible, tal y como indica el factor de 0.5671.

TERCER BLOQUE

Correlación entre parámetros de MP, DCGY, DPCG, height y Vh.

Analysis for 14 points of 5 variables:

Variable	AMP	DCGY	DPCG	height	Vh
Min.	1.7900	0.9500	0.4500	1.6200	8.2600
Max.	2.1200	1.0500	0.5900	1.7600	9.1700
Mean	1,9564	1.0000	0.5350	1.6779	8.6729
SD	0.0808	0.0378	0.0394	0.0458	0.2873

Correlation Matrix:

AMP	1.0000				
DCGY	0.5611	1.0000			
DPCG	0.7506	0.6973	1.0000		
height	0.6736	0.8575	0.7961	1.0000	
Vh	0.7481	0.3574	0.3284	1.0000	
Variable	AMP	DCGY	DPCG	height	Vh

Regression Equation for A:

$$AMP = -0.6405 \text{ DCGY} + 0.9456 \text{ DPCG} + 0.6796 \text{ height} + 0.165 \text{ Vh} + -0.479963$$

També hi ha una relació clara entre la màxima velocitat horitzontal, si a una freqüència determinada la gambada (AMP) és més llarga (correl. 0.7481).

De fet totes les cinc variables estan estretament relacionades.

Una gambada llarga (una AMP màxima) implica un impuls llarg (DPCG màxim), i en conseqüència la velocitat horitzontal serà alta (Vh).

Està clar, que un atleta amb una bona alçada té unes característiques antropomètriques que afavoreixen tots aquests factors.

QUART BLOC

Analysis for 14 points of 2 variables:

Variables	MM	TCH
Min.	9.2000	51.4200
Máx.	20.8000	94.5800
Mean	15.9814	69.4136
SD	3.9384	10.4851

Correlation Matrix:

TV	1.0000	
MPV	-0.6141	1.0000
Variable	TV	MPV

Regression Equation for TV:

$$TV = -0.2307 MPV + 31.9937$$

L'angle MPV ens indica l'actitud de la cama de vol respecte a la cuixa.

Si aquest angle és gran (equivalent a tenir la cama estirada), l'angle del tronc amb la vertical disminueix (el tronc en posa més vertical), fins i tot pot arribar a ser negatiu.

Aquests valors ens condicionen una postura de tècnica de carrera en posició una mica "sensat", una tècnica no gaire correcta.

De fet, en la tècnica de sortida aquesta relació és importantíssima.

El tronc, en els primers recolçaments, està molt inclinat, per tal de produir un desequilibri que permet una gran acceleració en intentar equilibrar-la (TV gran i MPV petit).

Un error típic a les sortides de tacs és avançar massa el peu en els recolçament (MPV gran).

Conseqüentment el tronc s'alça (TV petit) trencat la correcta acceleració, tal com indica una correlació de -0.6141.

Los valores de altura de la deportista (height) y la altura de su centro de gravedad (DCGY) tienen una razón evidente de ser correlacionadas positivamente. Cuanto más alto sea, más alto estará su centro de gravedad (correl. 0.8575).

También existe una relación clara entre la máxima velocidad horizontal, si a una frecuencia determinada la zancada (AMP) es más larga (correl. 0.748).

De hecho las cinco variables están estrechamente relacionadas. Una zancada larga (una AMP máxima) implica un impulso largo (DPCG máximo), y en consecuencia la velocidad horizontal será alta (Vh). Es evidente que un atleta con una buena altura tiene unas características antropométricas que favorecen todos estos factores.

CUARTO BLOQUE

Analysis for 14 points of 2 variables:

Variables	MM	TCH
Min.	9.2000	51.4200
Máx.	20.8000	94.5800
Mean	15.9814	69.4136
SD	3.9384	10.4851

Correlation Matrix:

TV	1.0000	
MPV	-0.6141	1.0000
Variable	TV	MPV

Regression Equation for TV:

$$TV = -0.2307 MPV + 31.9937$$

El ángulo MPV nos indica la actitud de la pierna de vuelo respecto al muslo. Si este ángulo es mayor (equivalente a tener la pierna estirada), el ángulo del tronco con la vertical disminuye (el tronco se pone más vertical), incluso puede llegar a ser negativo.

Estos valores nos condicionan una postura de técnica de carrera en posición un poco "sentado", una técnica no muy correcta.

De hecho, en la técnica de salida esta relación es importantísima.

El tronco, en los primeros apoyos, está muy inclinado, con el fin de producir un desequilibrio que permite una gran aceleración al intentar equilibrarlo. (TV grande y MPV pequeño).

Un error típico en las salidas de tacs es avanzar demasiado el pie en los apoyos (MPV grande).

A consecuencia el tronco se alza (TV pequeño) rompiendo la correcta aceleración, tal y como indica una correlación de -0.6141.

CINQUÈ BLOC

Correlació per als paràmetres TRH i MPC.

Analysis for 14 points of 2 variables:

Variables	THR	MPC
Min.	38.0000	154.5800
Máx.	46.8000	166.4200
Mean	43.1900	158.6436
SD	2.6885	3.8044

Correlation Matrix:

THR	1.0000	
MPC	0.5799	1.0000
Variable	THR	MPC

Regression Equation for THR:

$$\text{THR} = 0.4098 \text{ MPC} + 21.8178$$

Com més estirada estigui la cama, més llarg serà l'impuls del corredor.

També, l'angle de la cama amb l'horitzontal serà més obert.

Aquests angles (TRH i MPC) estan estretament units (correlació de 0.5799).

Contacte o touch-down

Hi han aparegut tres blocs de xifres relacionades entre sí, corresponents a paràmetres on s'ha trobat un grau significatiu de correlació.

PRIMER BLOC

Correlació entre els paràmetres DPCG, TRH i Vv.

Analysis for 14 points of 3 variables:

Variables	DPCG	THR	Vv
Min.	-0.2900	78.6000	-0.4900
Max.	-0.1300	85.4000	-0.3300
Media	-0.2271	82.9429	-0.4136
SD	0.0443	2.5090	0.0571

Correlation Matrix:

DPCG	1.0000		
THR	-0.6534	1.0000	
Vv	0.7747	-0.5794	1.0000

Regression Equation for DPCG:

$$\text{DPCG} = 0.005524 \text{ THR} + 0.4921 \text{ Vv} + 1.32534$$

QUINTO BLOQUE

Correlación para los parámetros TRH y MPC.

Analysis for 14 points of 2 variables:

Variables	THR	MPC
Min.	38.0000	154.5800
Máx.	46.8000	166.4200
Mean	43.1900	158.6436
SD	2.6885	3.8044

Correlation Matrix:

THR	1.0000	
MPC	0.5799	1.0000
Variable	THR	MPC

Regression Equation for THR:

$$\text{THR} = 0.4098 \text{ MPC} + 21.8178$$

Cuanto más estirada esté la pierna, más largo será el impulso del corredor. También, el ángulo de la pierna con la horizontal estará más abierto. Estos ángulos (TRH y MPC) están estrechamente unidos (correlación de 0.5799).

Contacto o touch-down

Han aparecido tres bloques de cifras relacionadas entre sí, correspondientes a parámetros en los que se ha encontrado un grado significativo de correlación.

PRIMER BLOQUE

Correlación entre los parámetros DPCG, TRH y Vv.

Analysis for 14 points of 3 variables:

Variables	DPCG	THR	Vv
Min.	-0.2900	78.6000	-0.4900
Max.	-0.1300	85.4000	-0.3300
Media	-0.2271	82.9429	-0.4136
SD	0.0443	2.5090	0.0571

Correlation Matrix:

DPCG	1.0000		
THR	-0.6534	1.0000	
Vv	0.7747	-0.5794	1.0000

Regression Equation for DPCG:

$$\text{DPCG} = 0.005524 \text{ THR} + 0.4921 \text{ Vv} + 1.32534$$

Una DPCG positiva és contraproductent per a la carrera de velocitat en el touch-down, doncs es produeix una frenada, un augment de la velocitat vertical i, conseqüentment, una pèrdua de velocitat horitzontal (correl. 0.7747).

El TRH medeix l'angle d'atac de la cama cap el terra. Aquest angle ha de tendir cap un valor de 90°, per evitar aquesta frenada.

SEGON BLOC

Correlació entre els angles TCH i angleVR.

Analysis for 14 points of 2 variables:

Variables	TCH	Ang. VR
Min.	74.8000	-3.3100
Max.	84.4000	-2.3000
Mean	79.0893	-2.8057
SD	3.0675	0.3930

Correlation Matrix:

TCH	1.0000	
Ang. VR	0.6587	1.0000
Variable	TCH	Ang. VR

Regression Equation for TCH:

$$TCH = 5.142 \text{ ang. VR} + 93.5161$$

Aquest bloc està lligat amb el primer, doncs l'angVR té una incidència directa en la velocitat.

La velocitat vertical (Vv) està en funció de l'angVR ($Vv = VR * \sin [\text{angVR}]$). Vv és la component vertical del vector VR.

Un increment en el valor del angVR, i per la seva correlació positiva de 0.6587, també un increment de TCH, implica un increment de la Vv i conseqüentment una disminució de l'altra component del vector VR: $Vh = VR * \cos (\text{angVR})$.

És a dir, una pèrdua de velocitat horitzontal.

TERCER BLOC

Correlació entre els angles MM i MPV.

Analysis for 14 points of 3 variables:

Variables	MM	MPV
Min.	5.0000	33.0800
Max.	25.8000	52.3300
Mean	14.3550	39.8714
SD	7.4696	4.6517



Una DPCG positiva es contraproductente para la carrera de velocidad en el touch-down, pues se produce un frenazo, un aumento de la velocidad vertical y, en consecuencia, una pérdida de velocidad horizontal (correl. 0.7747).

El TRH mide el ángulo de ataque de la pierna hacia el suelo. Este ángulo debe tender hacia un valor de 90°, para evitar este frenazo.

SEGUNDO BLOQUE

Correlación entre los ángulos TCH y angVR.

Analysis for 14 points of 2 variables:

Variables	TCH	Ang. VR
Min.	74.8000	-3.3100
Max.	84.4000	-2.3000
Mean	79.0893	-2.8057
SD	3.0675	0.3930

Correlation Matrix:

TCH	1.0000	
Ang. VR	0.6587	1.0000
Variable	TCH	Ang. VR

Regression Equation for TCH:

$$TCH = 5.142 \text{ ang. VR} + 93.5161$$

Este bloque está ligado con el primero, pues el angVR incide directamente en la velocidad.

La velocidad vertical (Vv) está en función del angVR ($Vv = VR \sin [\text{angVR}]$). Vv es la componente vertical del vector VR.

Un incremento en el valor del angVR, y por su correlación positiva de 0.6587, también un incremento de TCH, implica un incremento de la Vv y conseqüentemente una disminució del otro componente del vector VR: $Vh = VR * \cos (\text{angVR})$.

Es decir, una pèrdua de velocitat horitzontal.

TERCER BLOQUE

Correlación entre los ángulos MM y MPV.

Analysis for 14 points of 3 variables:

Variables	MM	MPV
Min.	5.0000	33.0800
Max.	25.8000	52.3300
Mean	14.3550	39.8714
SD	7.4696	4.6517



Correlation Matrix:

MM	1.0000	
MPV	0.6284	1.0000
Variable	MM	MPV

Regression Equation for MM:

$$MM = 0.9034 MPV + -26.7563$$

En l'instant de touch-down, l'angle MM ha de ser pròxim a zero, és a dir, les cuixes han d'estar pràcticament en la mateixa línia. La cama de vol ha d'estar també bastant plegada. Si no ho està, l'angle MM s'obrirà. La correlació és de 0.6284.

Correlation Matrix:

MM	1.0000	
MPV	0.6284	1.0000
Variable	MM	MPV

Regression Equation for MM:

$$MM = 0.9034 MPV + -26.7563$$

En el instante de touch-down, el ángulo MM debe ser próximo a cero, es decir, los muslos han de estar prácticamente en la misma línea. La pierna de vuelo ha de estar también bastante doblada. Si no lo está, el ángulo MM se abrirá. La correlación es de 0.6284.

Bibliografia

BOSCO, C.; VITTORI, C.; MATTEUCCI, E.: Considerazioni sulle variazioni dinamiche di alcuni parametri biomeccanici nella corsa. 1985.
VITTORI, C.; CASTRUCCI, P.; NICOLINI, I.; PREATONI, E.: Corse di velocità. 1983.
BOSCO, C.; VITTORI, C.: Biomechanical characteristics of sprints running during maximal and supra-maximal speed.
MATTEUCCI, E.; BOSCO, C.; MASSACESI, R.: I muscoli per saltare. 1986.
CHOW, J.W.: Maximum Speed of Female High School Runners. Int. journal of Biomechanics. Vol. 3, núm. 2, 1987.
VITTORI, C.: Hipótesis de un modelo rítmico de la carrera de 100 m y su utilización como método de control del entrenamiento.

DINTIMAN, G.B.: Development of leg speed. Modern athlete and coach. 1978.
HOGBER, P.: Length of stride, stride frequency, flight period and maximum distance between the feet during running with different speeds. 1952.
SINNING, W.E.; FORSITH, H.L.: Lower limb actions while running at different velocities.
VARDAXIS, V.; HOSHIZAKI, T.B.: Power Patterns of the Leg During the Recover Phase of the sprinting Stride for Advanced and Intermediate Sprinters. Int. Journal of SPORTS BIOMECHANICS. Vol. 5, núm. 3, Aug., 1989.