Biomecánica, 11, 2003, pp. 39-45

Relación entre la fuerza horizontal ejercida contra los tacos, previa a una salida de velocidad, sobre el tiempo de movimiento y la velocidad

GUTIÉRREZ-DÁVILA, M.[1], CAMPOS GRANELL, J.[2], BILBAO GUERRERO, A.[1], OÑA SICILIA, A.[1]
Universidad de Granada, Universidad de Valencia.

Resumen

En el presente estudio se relaciona la fuerza horizontal ejercida contra los tacos durante el tiempo comprendido entre la señal de listos y el disparo de salida (preperíodo) con el tiempo de movimiento (TM) y la velocidad horizontal en el instante del despegue del pie adelantado de los tacos ($v_{X(CG)}$) así como establecer su posible influencia sobre la posición adoptada durante el preperíodo y la existencia de un contramovimiento de los músculos relacionados con la extensión de la rodilla y la flexión plantar del pié.

Se han analizado 48 salidas de velocidad, utilizando para ello una plataforma de fuerza a 400 Hz, fotogrametría bidimensional de alta velocidad (tecnología de vídeo a 250 Hz,) y un generador de señales aleatorio que controlaba la secuencia que debían de tener las indicaciones de listos y el disparo de salida, todos estos sistemas sincronizados temporalmente. Los resultados ponen de manifiesto que cuando se incrementa la tensión inicial tiende a incrementarse la velocidad de salida del CG ($v_{X(CG)}$), aunque no parece tener efecto sobre el tiempo de movimiento (TM), confirmándose también la existencia de un contramovimiento en los músculos relacionados con la flexión plantar del pié más retrasado, mientras que en el tobillo más adelantado y en las dos rodillas no parece existir.

Palabras Clave: Biomecánica, Salidas de velocidad, Impulso

Summary

The present work relates the horizontal force exerted on the starting blocks during the lapse of time passed from the signal of set to the starting off shot (preperiod) with the time of movement (TM) and with the horizontal speed at the moment of takeoff of the front foot (Vx(CG)). This survey also tries to stablish the possible influence on the position taken by the athlete during the preperiod and on the countermovement of the muscles in charge of the stretching movement of the knees and on the plantar flexion of the foot.

Forty eight sprint starts have been analized using a force-platform at 400 Hz, 2D photogrammetry with high speed video technology at 250 Hz and an aleatory signals generator. All these systems were temporarily synchronized. The results show that when the tension is increased there is a tendency towards increasing the speed of the CG (Vx(cg)) at the start. However, apparently it doesn't seem to have any effect on the time of movement(TM). Finally, it has also been proved that there is a countermovement on the plantar flexion muscles of the rear foot.

Key Words: Biomechanics, sprint start, impulse

Introducción

En aquellas actividades donde el objetivo final es obtener una alta velocidad del sistema de estudio, está plenamente justificado afirmar que el impulso desarrollado es mayor cuando previamente se ha realizado un contramovimiento, aunque la causalidad sobre tal afirmación sea aún objeto de controversia entre los científicos o, posiblemenete, que sus explicaciones procedan de marcos teóricos diferentes. Posiblemente, la primera explicación a este hecho se deduzca de los trabajos realizados por Sherrington (1925)[1] cuando describe el reflejo de estiramiento, como un reflejo de contrac-

Correspondencia:
Marcos Gutiérrez Dávila
Fac. de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
C/ Carretera de Alfacar S/N 18011-Granada
E-mail: marcosgd@ugr.es

ción muscular en respuesta a un estiramiento de los receptores sensitivos propioceptivos del mismo músculo. Algunos años más tarde, Cavagna (1970)[2], pone de manifiesto que el músculo in vitro también puede generar mayor tensión si éste se ha estirado previamente, como resultado del almacenamiento de una energía elástica que se acumula durante el estiramiento, lo que después fue ampliamente desarrollado por otros autores como Asmussen & Bonde-Petersen (1974) [3] y Komí, (1983) [4], entre otros, confirmando la importancia que tiene el ciclo estiramiento-acortamiento en el resultado de este tipo de acciones.

Desde una orientación más próxima a la mecánica, Hochmuth (1967) [5], analizando el salto vertical, observó un incremento del impulso de aceleración cuando el salto se realizaba con un movimiento previo en sentido contrario, atribuyendo dicho incremento al impulso que se produce al frenar el movimiento inicial de sentido contrario. Desde una perspectiva más del control motor, otros autores[6,7] explican, en parte, dicho incremento como consecuencia de la coordinación motora en la ejecución del impulso de aceleración y Dapema & Chung (1988) [8], ponen de manifiesto la importancia de las aceleraciones segmentarias en el ciclo estiramiento-acortamiento y en el resultado del salto de altura.

Las salidas de velocidad pueden considerarse dentro de estos gestos donde el objetivo final es conseguir una alta velocidad del sistema (CG del sujeto), aunque debemos de considerar que la realización de un preestiramiento o de un impulso de frenado, similar al que se realiza en el salto vertical, incrementaría del tiempo de movimiento (TM) y, en este caso, el tiempo de movimiento, junto a la fuerza aplicada, son los dos factores determinantes de una buena salida de velocidad. Por lo tanto, la posible existencia de un ciclo estiramiento-acortamiento en las salidas de velocidad debería de ajustarse al factor tiempo.

La fuerza-tiempo ejercida contra los tacos en las salidas de velocidad ha sido ampliamente estudiada[9-15], aunque en ningún caso han considerado la existencia de un contramovimiento que proporcionaría un incremento del impulso, aunque autores como Guissard, Duchateau and Hainaut (1992) [16], confirman la existencia de un ciclo estiramiento-acortamiento en la musculatura flexora plantar del pie durante la salida de velocidad, posiblemente como consecuencia de las fuerzas debidas a las aceleraciones segmentarias.

Considerando este hecho, los estudios relativos al ciclo estiramiento-acortamiento indican que debe existir una fase de preactivación (actividad neural programada previa a la aplicación de fuerzas externas) que proporciona al músculo la rigidez necesaria para oponerse al estiramiento (Gollhofer & Kyröläinen, 1991) [17], de lo que podemos deducir que, en las salidas de velocidad, debería existir una tensión previa de la musculatura flexora plantar, la cual se provocaría ejerciendo fuerza horizontal contra los tacos durante el tiempo transcurrido desde la señal de listos hasta el disparo final (preperíodo).

Esta fuerza horizontal ejercida contra los tacos, además de proporcionar la rigidez necesaria para activar el ciclo estiramiento-acortamiento, aumentaría la fuerza horizontal ejercida contra los tacos antes de iniciar el movimiento, haciendo un efecto similar al que produce el impulso de frenado en la propuesta de Hochmuth (1967) [5], lo que podría suponer un incremento del impulso de aceleración, así como una reducción del tiempo de aplicación, como se ha puesto de manifiesto en estudios precedentes desarrollados en nuestro laboratorio durante el desarrollo de saltos verticales con contramovimiento (Gutiérrez y Padial, 1991) [18].

Según lo expuesto, en el presente estudio se trata de analizar la relación que tiene la fuerza horizontal ejercida contra los tacos durante el preperíodo con el tiempo de movimiento (TM) y la velocidad horizontal en el instante de despegue del pie adelantado de los tacos ($v_{X(CG)}$). Entendiendo que un incremento de la fuerza horizontal durante el preperíodo, aumentaría la rigidez de los músculos implicados en la extensión de la rodilla y la flexión plantar del pie y que este hecho podría afectar, tanto al tiempo de movimiento como a la velocidad horizontal de salida, nos proponemos comprobar si este factor también influye sobre la posición adoptada durante el preperíodo, así como sobre el posible contramovimiento, si es que se produce, en los músculos implicados en la extensión de estas dos articulaciones.

Material y método

Se han analizado 48 salidas de velocidad, realizadas por velocistas de nivel regional absoluto. Antes de iniciar la salida se les indicaba de forma verbal el nivel de tensión aproximado que deberían mantener durante el periodo comprendido entre la señal de listos y el disparo de salida (preperíodo), el cual se registraba como el valor medio de la fuerza horizontal ejercida contra los tacos durante dicho periodo. Previamente se les había entrenado para

que discriminasen entre diferentes categorías de tensión hasta comprobarse que los sujetos poseían la consistencia temporal necesaria para considerar que estaba suficientemente automatizado. Finalmente se eliminaron aquellas salidas donde el tiempo de reacción (TR) era menor a 0.120s o superior a 250s.

Para la toma de datos se utilizaron tres sistemas de registro: a) Una plataforma de fuerza (Dinascan / IBV8.0 a 400 Hz), a la que se adaptaron los tacos de salida, con el propósito de registrar la fuerza horizontal, b) Fotogrametría bidimensional de alta velocidad (tecnología de vídeo a 250 Hz, digitalización automática Kinescan IBV –Digital 1.1), utilizada para el cálculo del inicio del tiempo de movimiento (TM), así como de la goniometría de la articulación del tobillo y la rodilla y c) Un generador de señales que, además de producir la señal de salida, generaba un preperíodo aleatorio comprendido entre 1.5 s y 3 s, entre la señal de listos (t_1- sonido grave) y el disparo de salida (t_2- sonido más agudo), manteniendo su aleatoriedad con el propósito de reducir el posible efecto del preperíodo sobre el tiempo de reacción (TR).

La sincronización temporal de los registros se realizó a partir de los dos canales externos que posee el convertidor de la plataforma. Así, del generador de señales se derivaba una señal analógica a uno de los canales externos de la plataforma, el cual producía un cambio en su línea base al realizarse el disparo de salida (t_2). Con respecto a la fotogrametría bidimensional, la cámara fue sincronizada temporalmente mediante una señal TTL que era registrada simultáneamente en la imagen y en el segundo canal de la plataforma.

El tiempo de reacción (TR) fue considerado como el periodo de tiempo comprendido desde la señal de salida (t_2) y el primer cambio de posición que se registraba en cualquiera de los tres punto definidos a tal efecto (punta de la nariz, cadera y talón), utilizando para ello las técnicas fotogramétricas bidimensionales con digitalización automática (t_3). El tiempo de movimiento (TM), fue considerado como el periodo de tiempo que comprende desde que se inicia el movimiento (t_3) hasta el instante en que despega el último pié de los tacos de salida (t_5), registrado a partir del registro dinamométrico (cuando la señal del registro de la componente horizontal de la fuerza alcanzaba el valor cero o inferior). El TM se dividió en dos periodos, TM1, comprendido entre t_3 y el despegue del pié más retrasado del paco de salida (t_4, identificado por el tiempo registrado de la imagen correspondiente) y TM2, comprendido entre t_4 y t_5. En la Figura 1 se presenta un esquema de los sistemas de registro utilizados, su sincronización temporal y las variables temporales registradas.

La velocidad de componente horizontal del CG al final del TM, TM1, ($v_{X(CG)}$ $v_{X1(CG)}$) se determinó a partir de la gráfica fuerza horizontal mediante un

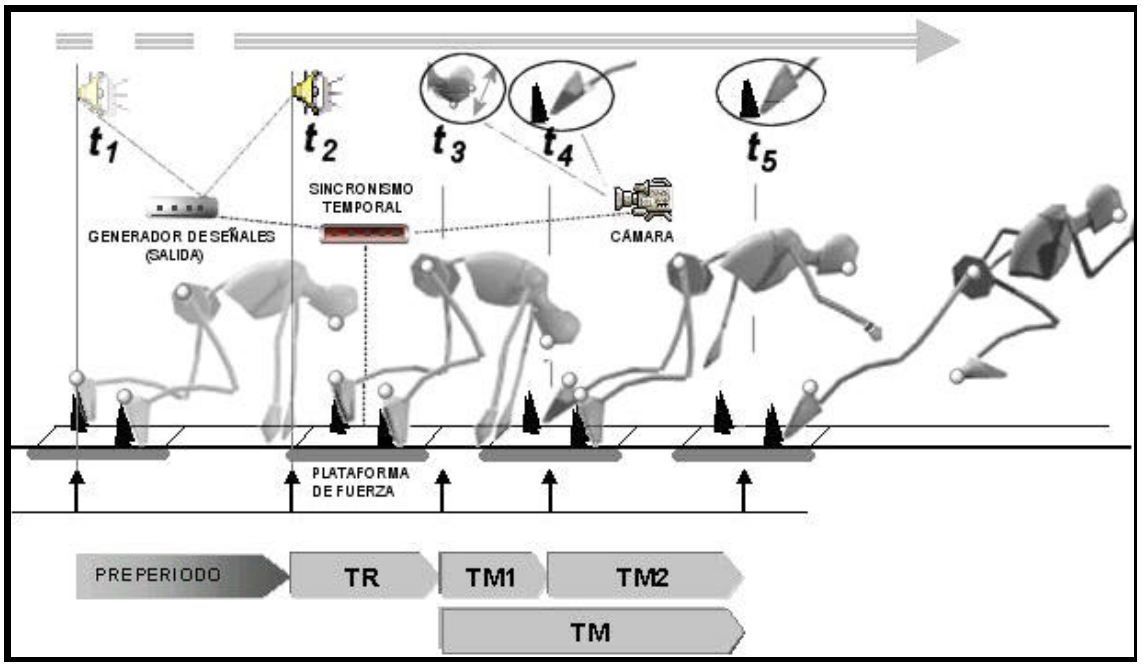

Figura 1. Esquema del protocolo utilizado en la captación de los registros y su sincronización temoral.

proceso de integración y conociendo la masa de cada sujeto. Las aceleraciones medias de componente horizontal en TM y TM1 ($a_{MX(CG)}$ $a_{MX1(CG)}$), se realizó a partir del cambio de velocidad. La goniometría de las articulaciones de la rodilla y tobillo se calculó mediante el producto escalar de dos vectores (muslo-pierna, para la rodilla y pie-pierna, para el tobillo) determinados mediante digitalización manual de los puntos que definen la cadera, rodilla, tobillo y punta del pié.

Resultados

En la tabla 1 se presenta la estadística descriptiva y correlacional para cada una de las variables descritas. Con respecto a los tiempo de movimiento no se ha encontrado que exista relación entre la fuerza previa ejercida contra los tacos (tensión) y los diferentes tiempos de movimiento analizados (TM, TM1 y TM2), sólo en el caso de TM2, se obtiene un coeficiente de correlación moderado (r= -0.33) con un nivel de significación de $p<0.05$, lo que indica la existencia de una cierta relación negativa entre la fuerza ejercida contra los tacos durante el preperíodo y TM2, es decir a medida que aumentamos la tensión, el tiempo de impulso realizado contra el taco más adelantado tiende a disminuir.

Con respecto a la posible relación entre la fuerza ejercida contra los tacos durante el preperíodo y la velocidad del CG al final del tiempo de movimiento total ($v_{X(CG)}$), se ha obtenido un coeficiente de correlación relativamente alto (r= 0.54) y un nivel de significación de $p<0.001$, lo que indica que, a medida que se incrementa la fuerza ejercida contra los tacos durante el preperíodo, la velocidad del CG al final del impulso total, también se incrementa. Este mismo comportamiento sucede cuando se analiza la velocidad del CG al final de TM1 ($v_{X1(CG)}$), aunque con un coeficiente de correlación algo mayor (r = 0.59) y con un nivel de significación de $p<0.001$.

Al no encontrar una relación clara entre la fuerza ejercida contra los tacos durante el preperíodo y los diferentes tiempos de movimiento (TM, TM1, TM2) y, por el contrario, obtener una relación clara con respecto a la velocidad al final de TM y TM1, se ha tomado la decisión de determinar si esta relación persiste con respecto a las aceleraciones medias del CG en TM, TM1 y TM2. Tanto su estadística descriptiva como la correlacional, se presentan igualmente en la Tabla 1, comprobándose que el coeficiente de correlación entre la Tensión y la aceleración media en los periodos TM y TM1 ($a_{MX(CG)}$, $a_{MX1(CG)}$) es moderado, con un nivel de significación de $p< 0.05$, no existiendo significación cuando se relaciona con la aceleración media en TM2 ($a_{MX2(CG)}$).

En la tabla 2 se presenta la estadística descriptiva y correlacional de la goniometría de la rodilla de la pierna adelantada y retrasada durante el preperíodo, así como su mínimo valor durante la aplicación de fuerzas ($_{(ROD-AD-PRE)}$, $\theta_{(ROD-AD-MIN)}$ y $\theta_{(ROD-RE-PRE)}$, $\theta_{(ROD-RE-MIN)}$, respectivamente), comprobándose que no existe tal relación entre la fuerza ejercida contra los tacos durante el preperíodo y las citadas posiciones articulares. Comparando la estadística descriptiva de la goniometría de las rodillas durante el preperíodo con su valor mínimo registrado durante la aplicación de fuerzas, tampoco se puede afirmar que haya existido preestiramiento de la musculatura extensora.

Con respecto a la goniometría de los dos tobillos ($\theta_{(TOB-AD-PRE)}$, $\theta_{(TOB-AD-MIN)}$ y $\theta_{(TOB-RE-PRE)}$, $\theta_{(TOB-RE-MIN)}$), se ha obtenido un coeficiente de correlación relativamente alto y negativo, entre la fuerza ejercida contra los tacos durante el preperíodo y la goniometría del tobillo más retrasado (r = -0.61, para $\theta_{(TOB-RE-PRE)}$ y r= -0.5 para $\theta_{(TOB-RE-MIN)}$), con un nivel de significación de $p<0.001$, en los dos casos, lo

Tabla 1. Estadística descriptiva y correlacional de la tensión inicial con respecto a las diferentes variables, donde M es la media de la variable, r, el coeficiente de correlación y $Es_{(Est)}$, el error estándar de estimación.

VARIABLES	M	*r*	$ES_{(Est)}$	F
Tensión - TM (ms)	403.9	-0.09	46.13	0.39
Tensión -TM1 (ms)	220.4	0.1	33.34	0.49
Tensión - TM2 (ms)	181.5	-0.33	24.04	5.46*
Tensión - $v_{X(CG)}$ (ms^{-1})	2.96	0.54	0.13	18.96***

que nos permite afirmar que cuando se aumenta la fuerza horizontal contra los tacos tiende a disminuir el ángulo del tobillo más retrasado. Por el contrario no se ha obtenido correlación entre la fuerza aplicada contra los tacos durante el preperíodo y la goniometría el tobillo de la pierna más adelantada. Comparando la estadística descriptiva de la goniometría de los tobillos durante el preperíodo con su valor mínimo registrado durante la aplicación de fuerzas, se ha encontrado una reducción de 8º para el tobillo de la pierna más adelantado, y de 5º para el tobillo de la pierna más retrasada, lo que nos permite confirmar la existencia de un estiramiento previo en los músculos implicados en la extensión de dicha articulación.

Discusión

Los resultados han puesto de manifiesto que la fuerza ejercida contra los tacos durante el preperíodo, no afecta al tiempo de movimiento (TM), lo que contrasta con lo expuesto por autores como Komí (1983) [4] y Mero y Comí (1987) [19] para la carrera de velocidad o los estudios relativos al salto vertical con contramovimiento, llevados a cabo en nuestro laboratorio[17], donde se otorga una reducción significativa al tiempo de movimiento (tiempo de impulso), cuando existe una precontracción muscular instantes antes de aplicar las fuerzas. Por otra parte, si consideramos la forma selectiva de reclutamiento de las unidades motoras del músculo, podríamos afirmar que un músculo no puede pasar de tensión cero a máxima tensión de forma instantánea, requerirá un cierto tiempo, pero este tiempo se reducirá si la tensión inicial es algo mayor que cero, como sucede en aquellos casos donde la fuerza ejercida contra los tacos, instantes antes de la salida, se incrementa. Por lo tanto, deberíamos esperar que, a medida que aumenta la tensión previa contra los tacos, el tiempo de movimiento fuese menor.

Posiblemente esta discrepancia pueda explicarse, en parte, debido a la existencia de un contramovimiento claro o activación del ciclo estiramiento–acortamiento en los gestos de carrera o salto vertical estudiado por los autores mencionados[4,19,18], lo que no sucede en las salidas de velocidad, al menos de forma clara, ya que sólo se ha encontrado dicho contramovimiento en la articulaciones de los tobillos, con una flexión previa de 8º para el tobillo del pié adelantado y de 5º para el retrasado y no se ha podido constatar que exista flexión previa en las articulaciones de las dos rodillas.

Posiblemente otro argumento que podría darse a la existencia de esta discrepancia esté relacionado con la distancia de aceleración, la cual puede verse incrementada a medida que aumenta la tensión previa o fuerza ejercida contra los tacos, como consecuencia de una posición inicial del CG más retrasada. Aunque no podemos afirmar este hecho a partir de los datos expuestos, observando como todos los coeficientes de correlación entre tensión inicial y ángulos de la rodilla y tobillo, durante el preperíodo, son negativos (Tabla 2), podríamos deducir que, a medida que se incrementa la tensión inicial durante el preperiodo, las articulaciones de

Tabla 2. Estadística descriptiva y correlacional de la goniometría de la rodilla de la pierna adelantada y retrasada durante el preperíodo y su mínimo valor durante la aplicación de fuerzas ($\theta_{(ROD\text{-}AD\text{-}PRE)}$, $\theta_{(ROD\text{-}AD\text{-}MIN)}$, y $\theta_{(ROD\text{-}RE\text{-}PRE)}$, $\theta_{(ROD\text{-}RE\text{-}MIN)}$, respectivamente) y goniometría del tobillo de la pierna adelantada y retrasada durante el preperíodo y su mínimo valor ($\theta_{(TOB\text{-}AD\text{-}PRE)}$, $\theta_{(TOB\text{-}AD\text{-}MIN)}$ y $\theta_{(TOB\text{-}RE\text{-}PRE)}$, $\theta_{(TOB\text{-}RE\text{-}MIN)}$, respectivamente)

VARIABLES	M	*r*	$ES_{(Est)}$	F
Tensión – $\theta_{(ROD\text{-}AD\text{-}PRE)}$ (º)	87	-0.07	10.15	0.23
Tensión - $\theta_{(ROD\text{-}AD\text{-}MIN)}$ (º)	87	-0.1	10	0.52
Tensión - $\theta_{(ROD\text{-}RE\text{-}PRE)}$ (º)	107	-0.09	11.8	0.44
Tensión - $\theta_{(ROD\text{-}RE\text{-}MIN)}$ (º)	106	-0.12	11.5	0.65
Tensión - $\theta_{(TOB\text{-}AD\text{-}PRE)}$ (º)	88	-0.02	5.62	0.01
Tensión - $\theta_{(TOB\text{-}AD\text{-}MIN)}$ (º)	80	-0.19	7.09	1.82
Tensión - $\theta_{(TOB\text{-}RE\text{-}PRE)}$ (º)	83	-0.61	5.48	27.53***
Tensión - $\theta_{(TOB\text{-}RE\text{-}MIN)}$ (º)	78	-0.5	6.77	15.35***

la rodilla y el tobillo tienden a adoptar posiciones de mayor flexión, por lo tanto desplazarían el CG hacia atrás antes de iniciar el movimiento. En este caso, si el CG se retrasa y la posición final se mantiene, la distancia de aceleración se incrementaría y, con ella, el tiempo de movimiento, especialmente el tiempo transcurrido desde el disparo de salida hasta que despega el pie más retrasado (TM1), hecho que se pone de manifiesto al obtener de un cierto coeficiente de correlación positivo con respecto a la tensión inicial. Por el contrario, se ha encontrado una cierta correlación negativa ($p<0.05$) entre la tensión previa y TM2, es decir, después del despegue del pié más retrasado, a medida que aumenta la tensión inicial, el tiempo de movimiento tiende a reducirse, lo que, además de confirmar los estudios precedentes, refuerza la tesis de que la no reducción TM cuando se incrementa la tensión previa, podría estar motivada por la posición más retrasada del CG durante el preperíodo, ya que esta posición sólo incrementaría la distancia de aceleración de TM1 y no de TM2.

La existencia de una correlación clara entre la tensión inicial y la velocidad horizontal al final de TM ($p<0.001$), nos permite afirmar que, a medida que se incrementa la tensión inicial, el impulso contra los tacos, durante el tiempo que dura la salida, también será mayor. En principio este hecho confirma lo descrito por Hochmuth (1967) [5] y Gutiérrez y Padial, (1991) [18], pero el incremento de dicho impulso podría estar motivado por el incremento de la fuerza horizontal o del tiempo durante el cual esa fuerza se está aplicando. Considerando que no se ha encontrado correlación alguna entre tensión inicial y TM, podríamos pensar que el incremento de la velocidad al final de TM ($v_{X(CG)}$), cuando se incrementa la tensión inicial, es como consecuencia del incremento de la fuerza y no tanto del tiempo, lo que se confirma al encontrar una cierta correlación positiva ($p<0.5$) entre la tensión inicial y el cambio de velocidad durante TM ($a_{MX(CG)}$).

Como se ha dicho, los datos relativos a la goniometría de las articulaciones de las rodillas y los tobillos, ponen de manifiesto la existencia de un cierto pre-estiramiento de los músculos flexores plantares de las articulaciones de los dos tobillos, confirmando los resultados obtenidos por Guissard, Duchateau and Hainaut (1992) [16], aunque no se ha encontrado que exista pre-estiramiento en los músculos implicados en la extensión de la rodilla. Según los datos expuestos en la Tabla 2, sólo podemos afirmar que, cuando se incrementa la tensión inicial, el ángulo del tobillo se reduce, tanto cuando se refiere a la posición adoptada durante el preperíodo, como a su valor mínimo ($p<0.001$, en los dos casos), en el resto de los casos, aunque con un coeficiente de correlación, también negativo, no se puede confirmar dicha tendencia a la flexión cuando se incrementa la tensión inicial. Con respecto a los valores de tendencia central, relativos a las articulaciones del los tobillos y rodillas durante el preperiodo, aunque estos valores están muy relacionados con la técnica individual y, consecuentemente, tienden a tener una desviación relativamente grande, nuestros datos, aunque con desviaciones típicas muy similares, sus medias son sensiblemente inferiores a los datos expuestos por Mero y Komi (1990) [19], posiblemente debido al incremento de la tensión inicial, la cual tiende a reducir esos ángulos y, consecuentemente, a desplazar el CG hacia atrás.

Bibliografía

1. **Sherrington , C.S.** Remarks on some aspects of reflex inhibition. Proc. Roy. Soc. London Ser. 1925; B 97: 519-545 (1925)
2. **Cavagna, G. A.** The series elastic component of the frog gastrogemius. Journal physiology. 1970; 206: 257-262.
3. **Asmussen, E.; Bonde-Petersen, F.** Storage of elastic energy in skeletal muscle in man. Acta Physiologica Scandinavica. 1974; 91: 385-392.
4. **Komí, P.V.** Elastic potentiation of muscle and its influence on sports performance. En Bauman,W.(ed), Biomechanics and Performance in Sport, Schorndorf Germany; Hoffman. 1983: 59-70.
5. **Hochmuth, G**. Biomechanics sportlicher bewegungen. Berlín: Sportverlag; 1967.
6. **Bobbert, M. F.; Gerritsen, K. G. Litjens, M.C and Soest, A. J. van.** Why is countermovement jump height greater than squat jump height. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1996; 28: 1402-1412.
7. **Hatze,H.** Validity and Reliability of Methods for testing Vertical Jumping Performance. Journal of Applied Biomechanics. 1998; 14:127-140.
8. **Dapena, J. Y Chung, Ch.** Vertical and radial motions of the body during the take-off phase of high jumping. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1988; 20 (3): 290-302.
9. **Bauman, W.** Sprint start characteristics of female sprinters. In A. Ayalon (ed), Proceedings of an international seminar in biomechanics of sport games and sport activities. Israel, Netanya. 1979: 80-86.
10. **Mero, A., Luhtanen, P. & Komí, P.V.** A biomechanical study of the sprint start. Scandinavian Journal of Sports Sciences.1983; 5 (1): 20-28.
11. **Vanegas, G. y Hoshizaki, T.B.** Optimitizacion of an

asymmetrical motor skill: sprint start. International Journal of sport biomechanics.1986; 2, (1): 29-40.

12. **Mero, A.** Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration fhase of sprinting. Research Quarterly. 1988; 59 (2): 94-98.
13. **Coh, M., Jost, B., Skof, B. Tomazin, K. And Dolenec, A.** Kinematic and kinetic parameters of the sprint start and start acceleration model of top sprinters. Gymnica Olomouc, 1998; 29: 33-42.
14. **Morin, J.B., Hintzy, F., Belli, A. and Grappe, F.** Relations force-vitasse et performances in sprint chez des athletes entraines. Science and sports. 2002 ; 17 (2): 78-85.
15. **Parry, E, Henson, p., Cooper,J,** Lateral foot placement analysis of the sprint start. New Studies of Athletics. 2003; 18,1: 13-22
16. **Guissard, N., Duchateau, J., and Hainaut, K.** EMG and mechanical changes during sprint start at different front block obloquies. Medicine and sciences in sport and exercise. 1992; 24 (11): 1257-1263.
17. **Gollhofer, A. and Kyröeläeinen, H.** Neuromuscular control of the human leg etensor muscles in jump exercise under various stretch-load conditions. International Journal of sports Medicine. (1991); 12(1): 34-40.
18. **Gutiérrez, M. y Padial, P**. Efecto de la precontracción muscular sobre el tiempo de impulso y altura alcanzada por corredores en el salto vertical. Archivos de Medicina y del Deporte. 1991: VII, 29, 2-6.
19. **Mero, A. & Komi, P.V.** «Reaction time and electromyographic activity during a sprint start». European journal of applied physiology and accupational physiology. 1990: 61 (1-2) 73-90.