

Article

Electromiograma, Análisis de la Fuerza y de la Potencia en los Ejercicios de Fuerza Específicos de la Carrera de Velocidad

EMG, Force , And Power Analysis of Sprint-Specific Strength Exercises

Antti Mero y Paavo V. Komi

Departamento de Biología de Actividad Física, Univ. de Jyvaskyla, Finlandia.

RESUMEN

Este trabajo fue llevado a cabo para comparar las características de la fuerza-tiempo, potencia muscular y actividad electromiográfica (EMG) de los músculos de la pierna en una carrera de velocidad máxima, y en ejercicios escogidos de salto en longitud y salto en altura. Siete esprinters masculinos llevaron a cabo saltos máximos horizontales (MB), marcha máxima (MS), máximo salto a la pata coja con la pierna derecha (MHR) y con la izquierda (MHL) y máxima carrera de velocidad (MR). Estos ejercicios "horizontales" y carrera fueron llevados a cabo sobre una plataforma de fuerza. Se tomó medida de la actividad electromiográfica unilateralmente de 5 músculos de la pierna durante cada ensayo. Los resultados arrojaron diferencias significativas entre los ejercicios investigados de velocidad, largo de la zancada, ritmo de la zancada, tiempo de vuelo y tiempo de contacto ($p < 0.01$). También fueron halladas diferencias significativas entre los resultados de las fuerzas reactivas ($p < 0.01$) y la potencia ($p < 0.01$), mientras que solamente se observaron diferencias significativas en las pautas electromiográficas. El promedio de fuerzas resultantes durante las fases de frenada y de propulsión en la MS, MHR y MHL fue mayor ($p < 0.01$) que en MR y MB. La marcha y el salto a la pata coja son cíclicos y específicos del sprint y pueden ser usados como ejercicios de fuerza para los esprinters porque requieren gran fuerza. En orden a aumentar sus grados de fuerza, los esprinters realizan muchas clases de ejercicios, incluyendo el levantamiento de peso y el salto (longitud-altura) además de la carrera.

Palabras Clave: carrera de velocidad, velocidad máxima, sprint, entrenamiento de fuerza

ABSTRACT

This study was undertaken to compare force-time characteristics, muscle power, and electromyographic (EMG) activities of the leg muscles in maximal sprinting and in selected bounding and jumping exercises. Seven male sprinters performed maximal bounding (MB), maximal stepping (MS), maximal hopping with the right (MHR) and left (MHL) legs, and maximal sprint running (MR). These "horizontal" exercises and running were performed on a force platform. EMG activity was telemetered unilaterally from five leg muscles during each trial. The results indicated significant ($p < .001$) differences among the studied exercises in velocity, stride length, stride rate, flight time, and contact time. Also, significant differences were noticed in reactive forces ($p < .01$) and power ($p < .01$) among the performances, whereas only insignificant

differences were observed in EMG patterns. The average resultant forces during the braking and propulsion phases in MS, MHR, and MHL were greater ($p < .001$) than in MR and MB. Stepping and hopping are cyclic and sprint-specific and may be used as strength exercises for sprinters because of great strength demand.

Keywords: sprinting, maximum speed, sprint, strength training

INTRODUCCION

Estudios realizados sobre varios ejercicios de fuerza han demostrado que en el levantamiento de peso, por ejemplo, las fuerzas empleadas son grandes y el tiempo requerido para producir esas fuerzas es mucho (Ver Hakkinen y Kauhanen, 1986; Hakkinen, Komi y Kauhanen, 1987). Algunos estudios han analizado las características de los saltos verticales (ver Asmussen y Bonde-Petersen, 1974; Bosco y Viitasalo, 1982; Komi y Bosco, 1978; Mero, 1985; Mero y Komi, 1989c).

Estos análisis han relacionado las características de la fuerza y el tiempo, los aspectos técnicos (exempli gratia: los ángulos de articulación) y las pautas electromiográficas (EMG).

La opinión general en estos estudios es que en el salto vertical las fuerzas están producidas en tiempos más pequeños que en los ejercicios de levantamiento de peso. No obstante los tiempos de contacto en los saltos verticales son aún de 2 a 4 veces mayores que en el sprint máximo.

Respecto al entrenamiento para esprintar uno podría pensar que tales ejercicios deberían ser usados donde los tiempos de contacto están muy próximos a los del sprint y donde las fuerzas son también comparables a las del sprint o mayores. Tales ejercicios incluyen carreras con cargas añadidas (Sultanov, 1981) con rangos en el tiempo de contacto que van desde 110 ms hasta 140 ms, lo que es aún 1.1 a 1.4 veces mayor comparado con el sprint máximo (100 ms; Ejem: Mero y Komi, 1985). Ha sido usada, también, la carrera supramáxima, donde el corredor es apoyado por otro corredor como liebre (Mero y Komi, 1985) o por algunos aparatos (Mero, Komi, Rusko y Hirvonen, 1987). En este tipo de sprint el tiempo de contacto es ligeramente más pequeño que en el sprint máximo normal. Las fuerzas durante la fase de frenada son mayores que en el sprint normal especialmente en la dirección vertical (Mero y Komi, 1989a, 1989b).

Los esprinters pueden usar ejercicios de avanzar a saltos en su entrenamiento (Sultanov, 1981) pero los datos no son fiables, respecto a las características de la relación fuerza-espacio y a las actividades electromiográficas de los músculos principales extensores y flexores de la pierna. Estos ejercicios son de avanzar a saltos cíclicos, los cuales, desde un punto de vista práctico parecen tener características de la fuerza-espacio semejantes a los de la carrera de esprint.

Por consiguiente el objetivo de este trabajo fue comparar las características de la fuerza-espacio, la potencia, y la actividad electromiográfica (EMG) de los músculos de la pierna en una carrera de velocidad máxima, con las respectivas variables en cada uno de los tres diferentes ejercicios de saltos en longitud y en altura.

Se esperaba que esta comparación arrojaría una mayor información acerca de estos ejercicios con aplicaciones prácticas en la metodología del entrenamiento de los esprinters.

MÉTODOS

Sujetos y tareas

Siete esprinters masculinos sirvieron como sujetos de la investigación. Su edad media fue de 23.8 (± 1.1) años, talla 1.80 (± 0.08) m, masa corporal 74.2 (± 7.6) kg. y tiempo de los 100 metros 10.92 (± 0.10) s.

Los sujetos realizaron, las pruebas en pista cubierta por el siguiente orden: 2 carreras máximas (MR), 2 ejercicios de salto horizontal máximo (MB), 2 ejercicios de marcha máxima (MS), 2 saltos máximos a la pata coja con la pierna derecha (MHR) y 2 saltos máximos a la pata coja con la pierna izquierda (MHL). Los ejercicios de carrera de velocidad máxima (MR) y de salto máximo horizontal (MB) fueron realizados por cada sujeto de tal modo que el metatarso sea el que primero haga contacto con el suelo. El ejercicio de salto horizontal incluyó una mayor zancada que la que se empleó en la carrera.

Tanto en los ejercicios de marcha (MS) como en los saltos a la pata coja (MHs), el talón hacía el primer contacto, en los

ejercicios de marcha (MS) el sujeto caminó con alternancia de piernas, mientras que en los saltos a la pata coja (MHs) usaba sólo una pierna cada vez.

La Figura 1 muestra las posiciones del pie durante la fase, de contacto en los distintos ejercicios. Todos los sujetos habían realizado estos ejercicios en su entrenamiento y para las mediciones del presente trabajo fueron animados a realizar los ejercicios “normalmente”, y a una velocidad máxima.



Figura 1. Posición del pie durante el contacto en las distintas pruebas.

Recogida de datos

La distancia a realizar en cada tarea (ejercicio) fue de 45 m. El orden de la prueba fue el mismo para todos los sujetos (carrera de velocidad, salto horizontal, marcha y salto a la pata coja). Los tiempos de recuperación entre dos ejercicios semejantes fue de 3 a 4 min. y entre dos ejercicios diferentes de 7 a 8 minutos. Todos los ejercicios se realizaron sobre una plataforma de fuerza de (10 x 1.2 m) colocada en el medio de una pista cubierta nivelada y recta (35-45 m). La plataforma fue cubierta con una esterilla o felpudo de tartán y los sujetos usaron sus normales zapatillas de clavos.

El promedio constante de la velocidad (V) fue medido por medio de células fotoeléctricas a los 10m (35-45 m) del punto de aceleración (salida) de los 35 m. La amplitud de la zancada (SL) fue medida sobre un delgado papel extendido sobre la alfombra o felpudo de tartán (dos zancadas sucesivas).

Las curvas de la fuerza-tiempo de las fuerzas de reacción en el suelo, verticales y horizontales, (1.000 Hz) fueron almacenadas en una cinta magnética.

Los 5 músculos de la pierna, activos en el sprint (ver, por ejemplo, Mero y Komi, 1987) fueron elegidos para los electromiogramas.

La actividad muscular del segmento menor del gemelo (GA), del segmento mayor del bíceps femoral (BF), del glúteo mayor (GM), del recto femoral (RF) y del vasto lateral (VL) fueron unilateralmente registrados por telemetría (Medinik AB, Modelo IC-600-G), utilizando electrodos externos (electrodos de piel miniatura de Beckman). Se utilizó un registrador electromiográfico (EMG) bipolar (la distancia interelectrodos de 20 mm. y el diámetro del registrador de 4 mm.). Los electrodos se colocaron longitudinalmente sobre las áreas motóricas puntuales de la pierna más fuerte (en todos los sujetos la pierna derecha) determinadas por medio de un estimulador el eléctrico (DISA). Los EMGs fueron amplificados y se usó una anchura de banda de 10 kHz. Los resultados fueron almacenados simultáneamente con los de la fuerza en una grabadora.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Fue utilizada la fórmula $V = SL \times SR$ para calcular la tasa de zancada (SR). Se utilizó la fórmula $P = F \times SL \times SR$ (Luhtanen, Mero y Bosco, 1989) para calcular el resultado de la fuerza mecánica separadamente para las fases de frenada y de propulsión. F se refiere al promedio de la fuerza de reacción horizontal. Se analizaron los resultados de la fuerza media en dos intentos de cada individuo (expresados como promedio de las fuerzas horizontal, vertical y resultante). Cada

intento estaba, constituido por dos contactos de cada pierna en un periodo de aproximadamente 35-45ms. La fase de contacto fue dividida en dos fases: la fase de frenada y la fase de propulsión según la fuerza horizontal negativa. Las señales electromiográficas fueron rectificadas e integradas (IEMG) para cada periodo de tiempo y expresadas para 1 s. Los valores del IEMG fueron calculados según las normas dadas por Mero y Komi (1987) y presentadas en las fases de preactividad (50 ms), frenada, propulsión, postactividad (50 ms) y mínimo (50 ms). La duración de las fases de frenada y propulsión osciló en los distintos ejercicios según se puede ver en la Tabla 1.

ESTADÍSTICOS

Se utilizó el análisis multivariado de Varianza (ANOVA) (Morrison, 1976), de donde se obtuvo la F estadística usada para determinar la presencia de diferencia significativa entre la carrera de velocidad máxima y los ejercicios de fuerza específicos de velocidad en medidas de las variables de la zancada, producción de fuerza y potencia y el EMG. El gráfico de Pillai, el gráfico de Hotelling y el lambda de Wilks suministraron los tests de hipótesis nula, aceptable a un nivel de probabilidad de $p < .01$. La t de Student usada a continuación del multianálisis de varianza MANOVA fue la medida de la significatividad entre cada posible par de ejercicios. Se marcó como significativa una probabilidad del $p < .05$.

RESULTADOS

Variables de la zancada

Los resultados cinemáticos de la zancada se pueden ver en la Tabla 1 (pág. siguiente). Existen diferencias significativas ($p < .001$) entre los ejercicios realizados en las medidas de velocidad, $F(4,3) = 3.592$; SL, $F(4,3) = 601$; SR, $F(4,3) = 2.806$; tiempo de vuelo; $F(4,3) = 113$; y tiempo de propulsión $F(4,3) = 402$.

La t de Student indicó que tanto MR como MB diferían claramente ($p < .001$) de los otros 3 ejercicios en las variables cinemáticas. Las diferencias entre MR y MB fueron las siguientes: en velocidad ($p < .001$), en SL ($p < .001$), en SR ($p < .001$), en tiempo de vuelo ($p < .01$) y en tiempo de contacto ($p < .01$).

Variable		Velocidad (m s ⁻¹)	Amplitud zancada Stride length (m)	Ritmo Zancada Stride rate (Hz)	Fase de vuelo Flight phase (ms)	Fase de contacto Contact Phase (ms)	Fase de frenada Braking Phase (ms)	Fase de propulsión Propulsión Phase (ms)
Carrera de velocidad maximal running	M SD	9.59 0.33	2.15 0.09	4.46 0.27	130 11	101 10	43 12	58 7
Salto horizontal Maximal bounding	M SD	8.16 0.27	2.48 0.22	3.29 0.30	169 17	120 7	59 4	61 5
Maximal stepping	M SD	5.86 0.56	2.99 0.39	1.96 0.46	352 97	183 22	96 20	87 13
Salto a la pata coja Maximal hopping	M	5.48	3.19	1.72	430	196	97	99
Right leg (Pierna derecha)	SD	0.34	0.24	0.08	37	14	4	11
Maximal hopping	M	5.20	2.88	1.81	393	200	104	96
Left leg (pierna izquierda)	SD	0.35	0.53	0.32	97	10	10	3

Tabla 1. Velocidades, Amplitud de zancada, Ritmos de zancada y Duración de las varias fases de zancada en los ejercicios.

Producción de fuerza y potencia

La Tabla 2 (pág. siguiente) nos muestra la producción de potencia y de fuerza horizontal de los ejercicios. Hay diferencias significativas entre los ejercicios en el promedio de la fuerza durante la fase de frenada. $F(4,3) = 275$, $p < .001$; en el impulso de la fuerza durante la fase de frenada. $F(4,3) = 83$ $p < .01$; en la potencia durante la fase de frenada, $F(4,3) = 42$. $p < .01$; y en la potencia durante la fase de propulsión, $F(4,3) = 41$, $p < .01$.

Variable		Average force (N) Fuerza promedio		Force Impulse (Ns) Impulso de fuerza	
		Frenada	Propulsión	Frenada	Propulsión
Maximal running	M	2,325	1,343	100	78
	SD	834	808	30	41
Maximal bounding	M	2,388	1,252	141	76
	SD	925	862	26	47
Maximal stepping	M	3,819	2,074	367	180
	SD	1,165	772	189	55
Maximal hopping right leg	M	4,476	2,450	434	243
	SD	1,494	1,015	168	131
Maximal hopping left leg	M	4,204	2,176	437	209
	SD	1,314	1,032	177	100

Tabla 2. Fuerzas de Reacción Horizontal, Impulso de la Fuerza y Potencias de los distintos Ejercicios.

Cuando realizamos las mediciones de las diferencias entre cada par de ejercicios notamos que el promedio de la fuerza de frenada era menor ($p < .05$) en MB comparada con todos los demás ejercicios. En la fase de propulsión las fuerzas promedio de MR y MB eran mayores ($p < .05$) que los respectivos valores en los otros ejercicios. El impulso de frenada era menor ($p < .001$) en MR y en BM que en los otros ejercicios pero en el impulso de propulsión no había diferencias. El valor de la potencia relacionado con el peso, del cuerpo era muy alto en MR tanto para las fases de la ejecución de la frenada como para la de propulsión y era mayor durante la frenada ($p < .001$) que en los demás ejercicios. En la fase de propulsión tanto la MR como la MB tenían valores más altos ($p < .001$) de potencia que en los demás ejercicios.

En la producción de la fuerza vertical (Tabla 3) hubo también las siguientes diferencias significativas entre los ejercicios: durante la fase de frenada en el promedio de la fuerza $F(4,3) = 47$. $p < .01$; durante la fase de propulsión en el promedio de la fuerza $F(4,3) = 71$. $p < .01$; durante la fase de frenada en el impulso de la fuerza $F(4,3) = 1.603$. $p < .001$; y durante la fase de propulsión en el impulso de la fuerza $F(4,3) = 519$. $p < .001$. En MR y MB las fuerzas fueron muy parecidas pero en los restantes ejercicios las fuerzas fueron mucho mayores en la fase de frenada ($p < .001$) y en la fase de propulsión ($p < .05$). El impulso de la fuerza vertical durante la frenada y la propulsión fue mayor ($p < .001$) en MS, MHR y MHL comparado con la carrera y el salto en longitud.

Variable		Average force (N) Fuerza promedio		Force Impulse (Ns) Impulso de fuerza		Power (W kg ⁻¹) Potencia	
		Frenada	Propulsión	Frenada	Propulsión	Frenada	Propulsión
Maximal running	M	-465	338	-20	20	60.1	43.7
	SD	139	58	3	3	9.4	8.0
Maximal bounding	M	-334	354	-20	22	36.7	38.9
	SD	23	67	2	4	6.9	5.8
Maximal stepping	M	-435	218	-42	19	34.4	17.2
	SD	46	76	13	8	5.9	4.2
Maximal hopping	M	-475	261	-47	26	35.1	19.3
Right leg	SD	85	47	11	4	6.1	4.0
Maximal hopping	M	-492	218	-51	21	34.5	15.3
Left leg	SD	98	71	14	6	5.6	3.9

Tabla 3. Fuerzas de reacción vertical e Impulsos de fuerza de los ejercicios. * El peso del cuerpo se incluye en las fuerzas verticales.

La Figura 2 presenta las fuerzas promedio resultantes y sus direcciones. El Análisis multifactorial de la Varianza (MANOVA) muestra diferencias significativas ($<.001$) entre los ejercicios en ambas fases de la fuerza promedio resultante: frenada, $F(4,3) = 8,140$; propulsión, $F(4,3) = 2,140$. Las fuerzas en MS y MHS fueron ambas fases de contacto mayores ($p<.001$) que en MR y MB. No se hallaron diferencias en las direcciones que las fuerzas entre los ejercicios en la fase de frenada (los valores medios oscilaron entre 79 y 84°). Mientras que en la fase de propulsión se hallaron diferencias en el Análisis de Varianza (MANOVA), $F(4,3) = 56$, $p <.01$, y en el par de comparación de MR (76°) y MB (74°) fue mayor ($p<.01$) que en los demás ejercicios (84°).

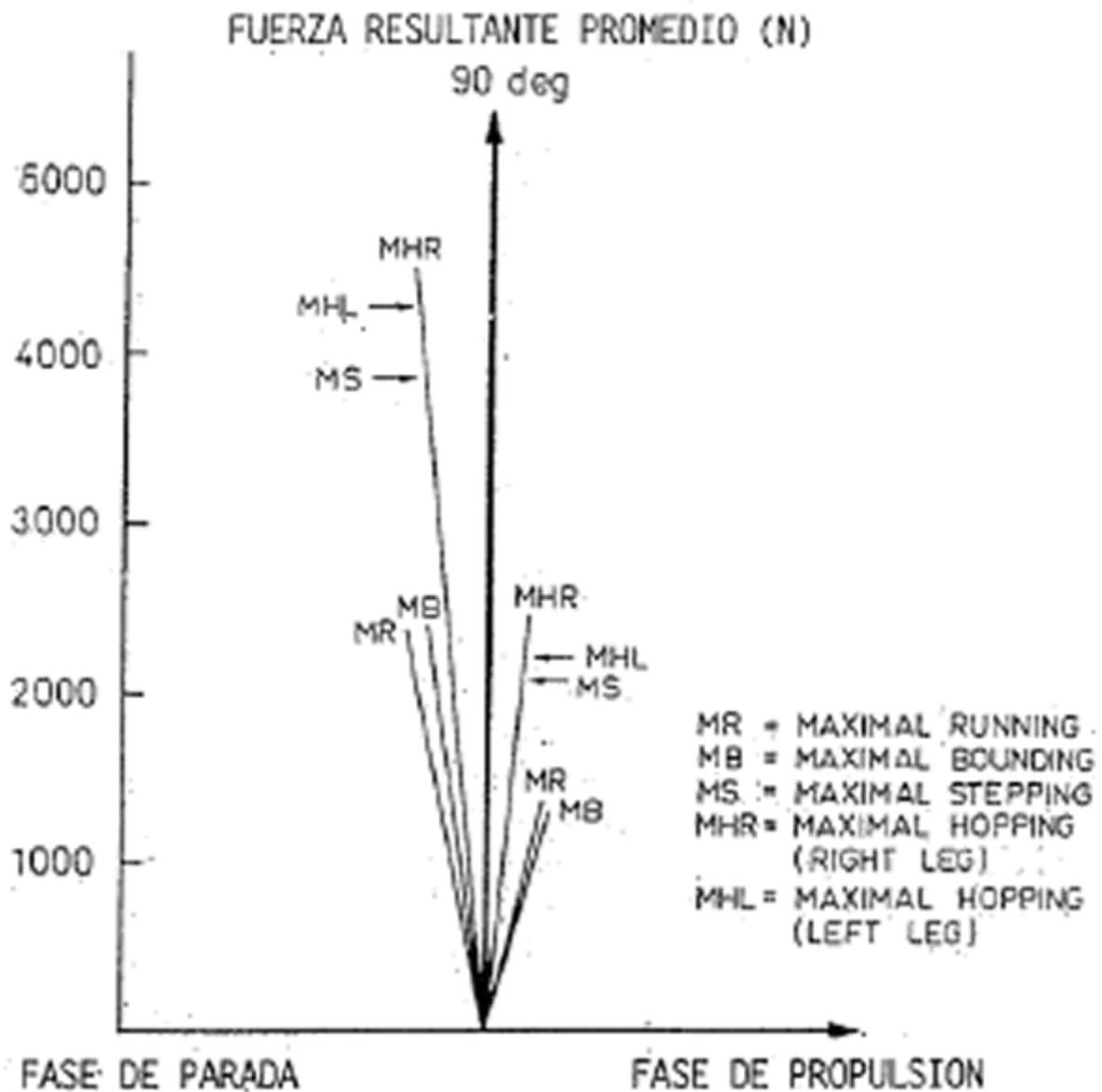


Figura 2. Valores principales para las fuerzas resultantes promedios y su dirección en varios ejercicios (MR = carrera de velocidad máxima. MS = paso máximo. MB = salto horizontal máximo. MHR = salto máximo a la pata coja con la derecha).

EMG (Electromiograma)

Los principales EMGs de los músculos estudiados se pueden ver en las Figuras 3-7. En el músculo gemelo (GA), (Figura 3), la actividad punta sucedió en MR y MB durante la fase de frenada y en los demás ejercicios durante la fase de propulsión. En MR y, MB la actividad pico del músculo rectus fémoris (RF) ocurrió durante el contacto controlado, mientras que en los demás ejercicios ocurrieron durante el contacto del mismo lado (Figura 7). En el total de la actividad electromiográfica no se hallaron diferencias en ninguno de los músculos estudiados entre los ejercicios examinados en el Multianálisis factorial de la Varianza.

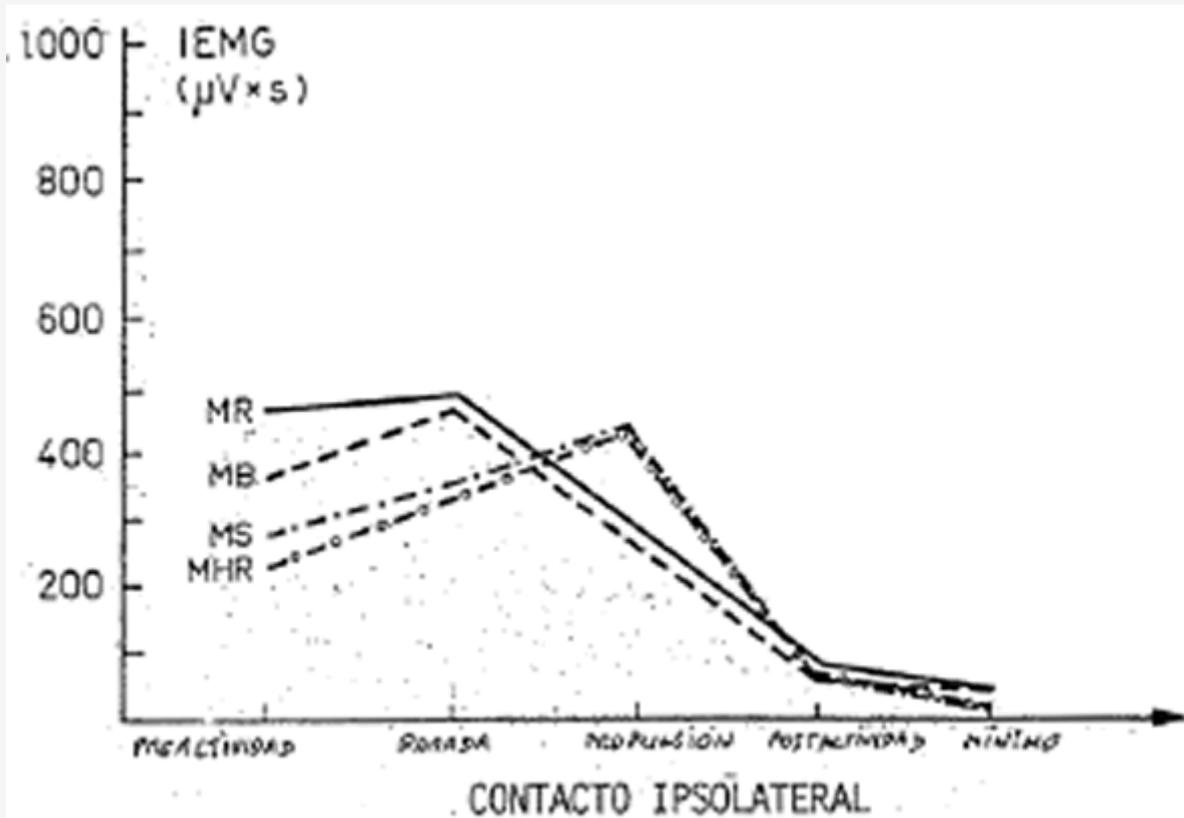


Figura 3. Principales valores para la actividad Ipsolateral Electromiográfica del músculo gemelo en varios ejercicios (MR, MS, MB, MHR).

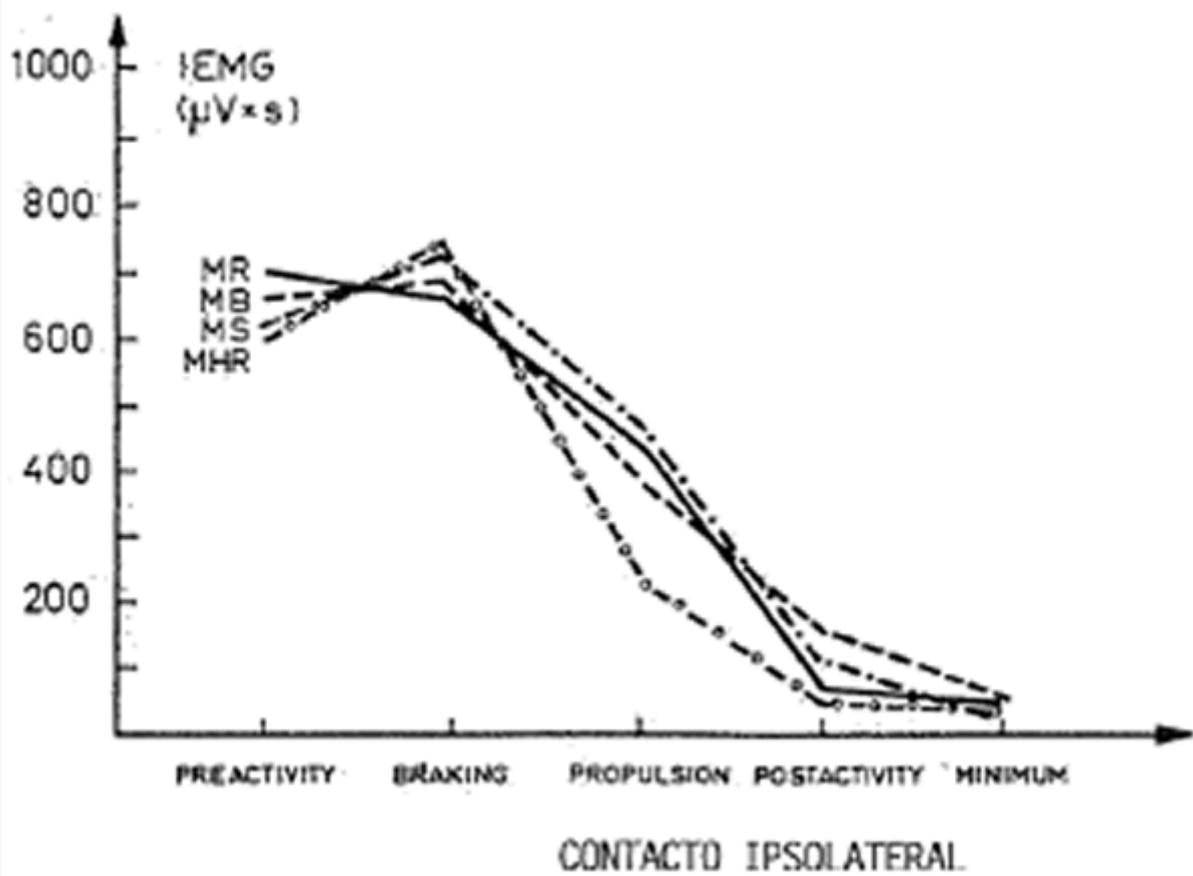


Figura 4. Principales valores para la actividad Ipsolateral Electromiográfica (IEMG) para el músculo Vasto Lateral en varios ejercicios (MR, MS, MB, MHR).

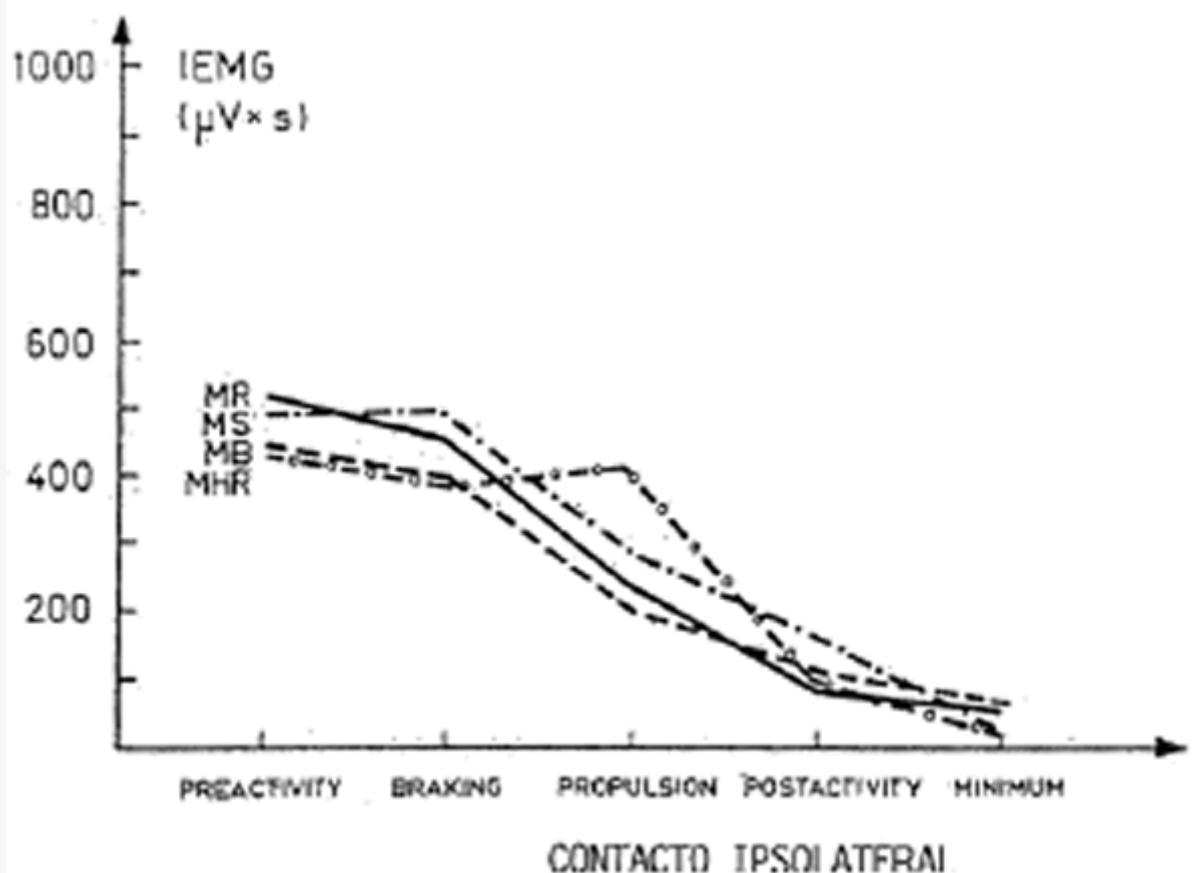


Figura 5. Principales valores para la actividad IEMG del músculo bíceps del femoral en varios ejercicios (MR, MS, MB y MHR).

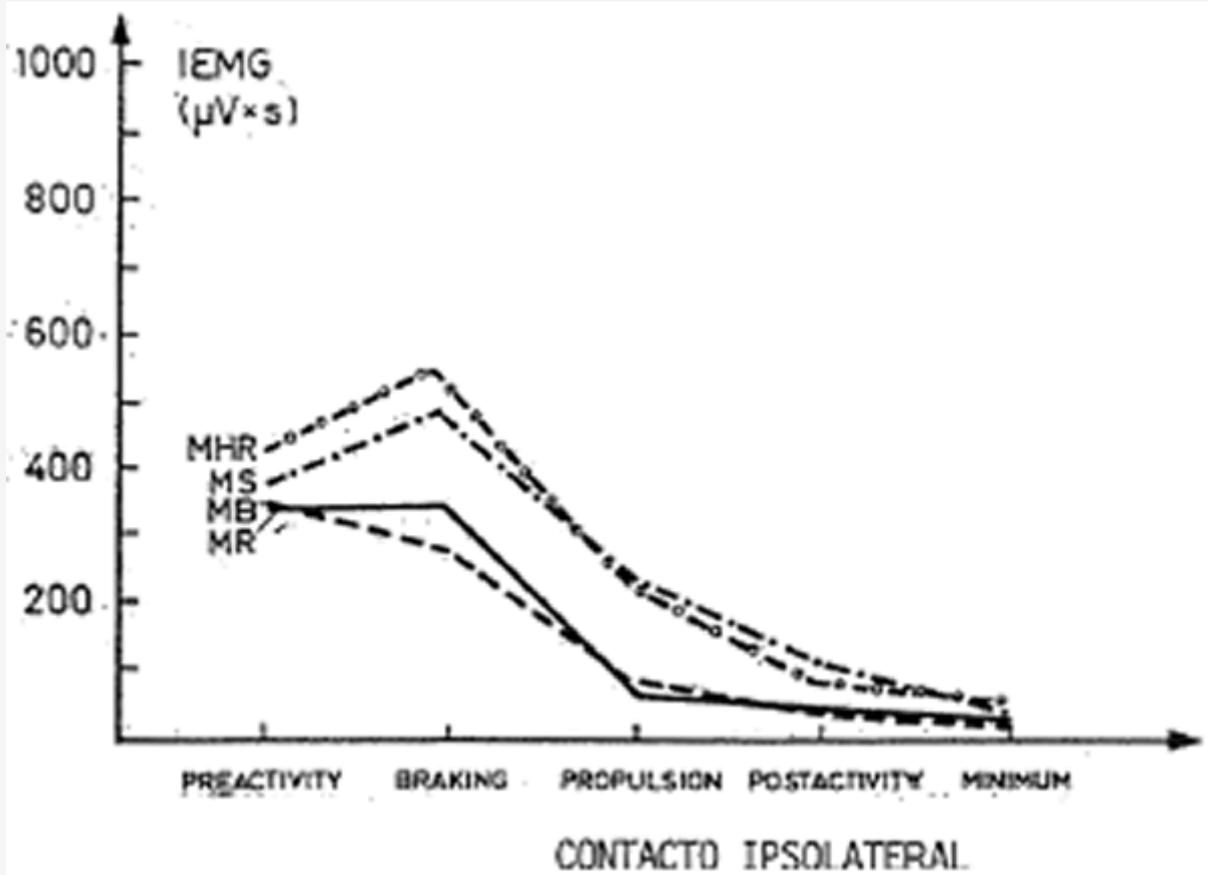


Figura 6. Principales valores para la actividad IEMG del músculo glúteo mayor en varios ejercicios (MR, MS, MB y MHR).

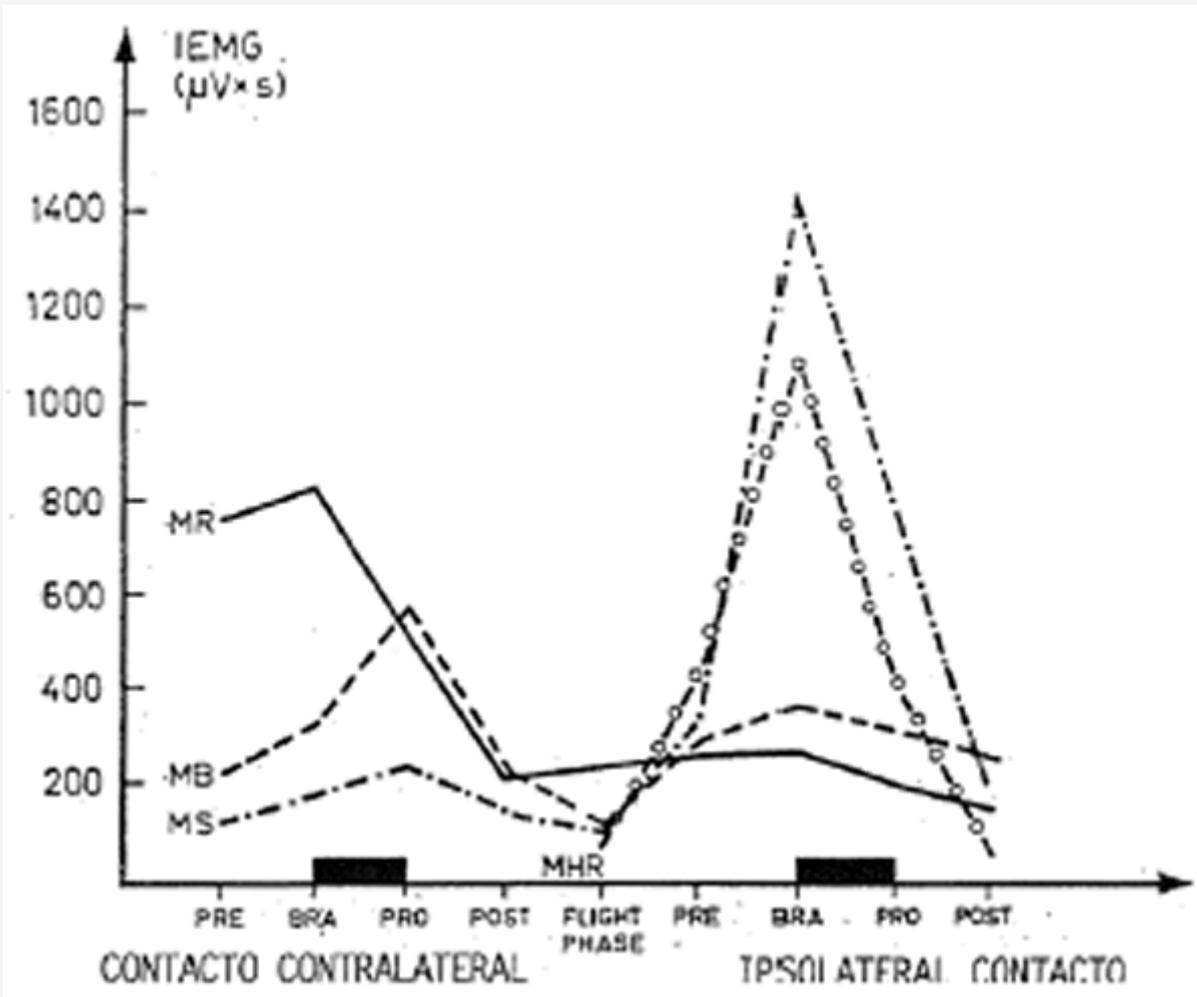


Figura 7. Principales valores para la actividad IEMG del músculo recto del femoral en varios ejercicios (MR, MS, MB y MHR).

DISCUSIÓN

La velocidad en la carrera de velocidad máxima fue 14.9 % mayor que en el salto horizontal y un 38.9 - 45.8 % mayor que en los restantes ejercicios. También el promedio de zancada (SR) fue el mayor en la carrera de velocidad pero la longitud de zancada (SL) fue mayor, como se esperaba, en los ejercicios de fuerza estudiados. El tiempo de contacto fue mayor en los ejercicios comparado con la carrera, de acuerdo con los coeficientes siguientes: 1.19 para MB, 1.81 para MS y 1.94 - 1.98 para MHRs. Los valores son más pequeños que los que se midieron en los saltos verticales (e.g., Mero, 1985). Esto implicó que los ejercicios "horizontales" estudiados están más próximos al tiempo de producción de la fuerza usado en la carrera de velocidad que los ejercicios "verticales".

Los impulsos de la fuerza horizontal durante la frenada fueron mayores en los ejercicios, cuando el primer contacto sobre el suelo se hacía sobre el talón. Cuando un atleta está corriendo o saltando sobre el avampie el impulso de la fuerza de frenada puede probablemente reducirse, bien disminuyendo la fuerza de frenada o acortando el tiempo de frenada. También es posible la combinación de ambos. En la fase de propulsión las fuerzas horizontales fueron mayores en la carrera y en el salto horizontal y la producción de la fuerza total fue dirigida más horizontalmente que en las otras ejecuciones. En la carrera de velocidad dosificada, el corredor produciría la fuerza de frenada horizontal más pequeña posible y la fuerza propulsiva horizontal mayor posible (Mero, Komi y Gregor, 1992). Cuando el tiempo de contacto total es pequeño, la potencia será también muy alta. El ejercicio MB parece que es un ejercicio de fuerza específica para esprinters comparado con los otros ejercicios de fuerza, a causa de su corto tiempo de contacto gran fuerza horizontal, propulsiva y,

consecuentemente, gran potencia.

La fuerza vertical durante el impacto fue claramente mayor en MS y MHs que en la carrera y el salto horizontal. Las fuerzas fueron de 1.64 a 1.93 veces mayores que en la carrera, indicando que los ejercicios pueden ser verdaderos ejercicios de fuerza en orden a desarrollar los músculos extensores de la pierna para soportar los efectos del impacto (ver, e.g., Mero, Komi y Gregor, 1992).

Durante la fase de propulsión las fuerzas fueron de 1.54 a 1.82 veces mayores en MS y MHs comparadas con la carrera, mostrando que no sólo durante la frenada, sino también durante la propulsión la fuerza vertical promedio puede ser alta. La fuerza resultante, por otro lado, de los ejercicios estudiados no sólo era grande, sino que estaba dirigida verticalmente debido a la pequeña componente horizontal.

La dirección de la producción de la fuerza en estos ejercicios es semejante a la del esprint.

En la MR y el MB el primer contacto con el suelo tiene lugar sobre el avampie y esto parece suministrar un modelo electromiográfico diferente, comparado con los demás ejercicios donde el contacto se da sobre el talón. El MB fue el único ejercicio que simulaba el modelo electromiográfico del esprint. El músculo recto femoral (RF) en la carrera de velocidad máxima (MR) y en el salto horizontal demostró su actividad pico durante el contacto contralateral cuando el músculo estaba actuando como un flexor de la cadera. No obstante, el tiempo de la actividad pico del RF sucedió en la carrera de velocidad máxima en la fase de frenada, probando los hallazgos anteriores de Mero y Komi (1987), pero en el salto horizontal máximo (MB) la actividad pico fue localizada en la fase de propulsión, debido, quizás, al mayor nivel de la pierna en el salto horizontal (MB). Los resultados en la MR y en el MB resaltan el papel del músculo RF en la traída del muslo de la pierna que oscila hacia adelante durante el contacto contralateral.

En la fase de frenada de la carrera de velocidad el muslo de la pierna que oscila es el único segmento que produce fuerzas acelerativas hacia adelante (Mero, Luhtanen y Komi, 1986). La programación del entrenamiento, de la fuerza para esprinters tiene los mismos principios generales en muchos países (por ejemplo: Bauersfeld y Schöter, 1986; Dintiman, 1984; Levchenko, 1984; Mero, Peltola y Saarela, 1987). No obstante, parece que el uso de los ejercicios de fuerza específicos para velocidad no están bien documentados en la literatura que hay hoy en día sobre este tema.

Los resultados del presente trabajo revelan posibilidades para el entrenamiento de la fuerza de los esprinters de una manera específica para la velocidad, usando el salto horizontal y el vertical. Esto puede ser especialmente importante al fin de la fase preparatoria antes del periodo de competición cuando el objetivo es intentar entrenar el sistema neuromuscular para el rendimiento específico en una determinada prueba. Si el transfer del entrenamiento a la carrera de velocidad ocurre demasiado bruscamente, también aumenta el riesgo de lesiones musculares. Los ejercicios de fuerza específicos para la velocidad pueden ayudar al esprinter a entrenar mejor su sistema neuromuscular para realizar adecuadamente los ensayos de velocidad competitiva.

En resumen, según el análisis biomecánico, existen diferencias claras en las variables de zancada y en la producción de la fuerza y potencia entre los ejercicios investigados (carrera de velocidad máxima, salto horizontal, marcha y salto a la pata coja), aunque no se observaron diferencias en los modelos del electromiograma de los cinco músculos de la pierna. Los ejercicios estudiados son cíclicos y específicos de la velocidad y pueden ser usados, especialmente, la marcha y el salto a la pata coja como ejercicios de fuerza para esprinters a causa de la demanda de gran fuerza para realizarlos.

REFERENCIAS

1. Asmussen, E., & Bonde-Petersen, F. (1974). Apparent efficiency and storage of elastic energy in human muscles during exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 92, 537-545.
2. Bauersfeld, K.H., & Schroter, G. (1986). Grundlagen der Leichtathletik [Principles of track and field]. Berlin: Sportverlag.
3. Bosco, C., & Viitasalo, J. (1982). Potentiation of myoelectrical activity of human muscles in vertical jumps. *Electromyographic and Clinical Neurophysiology*, 22, 549-562.
4. Dintiman, G.B. (1984). How to run faster. New York: Leisure Press.
5. Häkkinen, K., & Kauhanen, H. (1986). A biomechanical analysis of selected assistant exercises of weightlifting. *Journal of Human Movement Studies*, 12, 271-288.
6. Häkkinen, K., Komi, P.Y., & Kauhanen, H. (1987). Scientific evaluation of specific loading of the knee extensors with variable resistance, "isokinetic" and barbell exercises. In P. Marconnet & P. Komi (Eds.), *Medicine and sport science* (pp. 224-237). Basel: Karger Ag.
7. Komi, P.Y., & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports*, 10(4), 261-265. Levchenko, A (1984). *The sprint. Legkaja Atletika (Moscow)*, 3, 6-8.

8. Luhtanen, P., Mero, A., & Bosco, C. (1989). Step length, frequency, velocity and power relationships in running and jumping. *Journal of Biomechanics*, 22(10), 1049.
9. Mero, A. (1985). Jalkalihaksia kuormittavissa nopeusvoimaharjoitteissa tuotettu voima, nopeus ja lihasaktiivisuus [Force, speed, and muscle activity in speed-strength exercises by leg muscles]. *Helsinki: SYUL*.
10. Mero, A., & Komi, P.Y. (1985). Effects of supramaxima velocity on biomechanical variables in sprinting. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1, 240-252.
11. Mero, A., & Komi, P.Y. (1987). Electromyographic activity in sprinting at speeds ranging from submaximal to supramaximal. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(3), 266-274.
12. Mero, A., & Komi, P.Y. (1989). Auswirkungen stimulierter supramaximaler Sprints auf die neuromuskuläre und anaerobe Leistung [Effects of stimulated supramaximal sprints on neuromuscular and anaerobic performance]. *Leistungssport*, 20(1), 33- 35.
13. Mero, A., & Komi, P.V. (1989). Comparison of maximal sprint running and sprint specific strength exercises. *Journal of Biomechanics*, 22(10), 1055.
14. Mero, A., & Komi, P.V. (1989). Electromyographic and power characteristics in various drop jumps. *Journal of Biomechanics*, 22(10), 1055.
15. Mero, A., Komi, P.V., & Gregor, R.J. (1992). Biomechanics of sprint running. A review. *Sports Medicine*, 13(6), 376-392.
16. Mero, A., Komi, P.V., Rusko, H., & Hirvonen, J. (1987). Neuromuscular and anaerobic performance of sprinters at maximal and supramaximal speed. *International Journal of Sports Medicine*, 8 (Suppl.), 55-60.
17. Mero, A., Luhtanen, P., & Komi, P.V. (1986). Segmental contribution to velocity of centre of gravity during contact at different speeds in male and female sprinters. *Journal of Human Movement Studies*, 12, 215-235.
18. Mero, A., Peltola, E., & Saarela, J. (1987). Nopeus-ja nopeuskestävyysharjoittelu [Speed and speed endurance training]. *Jyväskylä: Gummerus Oy*.
19. Morrison, D.F. (1976). Multivariate statistical methods (2nd ed.). *New York: McGrawHill*.
20. Sultanov, N. (1981). The sprint: Training problems. *Legkaja Atletika (Moscow)*, 9, 8-9.