

Jordi Porta Manzañido,
Francesc Cos Morera,
INEFC, Barcelona.

Pablo López de Viñaspre,
Licenciado en Ed. Física.
Máster en Fisiología del Ejercicio.

Rosa María Bonastre,
Psicóloga, Facultad de Medicina UAB, Barcelona.

LA VALORACIÓN DE MOVIMIENTOS RÁPIDOS Y COORDINADOS. SU INTERRELACIÓN Y CAPACIDAD DE SELECCIÓN DE TALENTOS DEPORTIVOS

Resumen

El presente artículo pretende aportar datos sobre los diferentes factores que intervienen en la realización de movimientos rápidos y coordinados. Con este fin, se analiza la relación que existe entre distintas pruebas que se proponen para la valoración de algunas expresiones de la velocidad. Se pretende hacer también un análisis comparativo de la capacidad de rendimiento en movimientos rápidos y cíclicos entre hombres y mujeres.

El estudio se ha realizado con un total de 62 sujetos, 31 hombres y 31 mujeres. Las pruebas comprendidas en el estudio han sido las siguientes: test de velocidad de reacción simple, test de respuesta de reacción electiva, tests de fuerza explosiva (*squat jump*, *counter movement jump* y *drop jump*), test de velocidad cíclica de miembros inferiores y test de velocidad cíclica de miembros superiores.

Para el análisis estadístico se utilizaron los coeficientes de correlación entre los diferentes tests y se aceptó un valor de significación de $p < 0,05$.

Los datos del estudio apuntan hacia la necesidad de crear nuevos tests

para la valoración de la velocidad cíclica de movimiento y sugieren que las diferencias que se puedan encontrar entre hombres y mujeres en cuanto a su capacidad de realizar movimientos cíclicos a gran velocidad, se deben a diferencias en valores de fuerza, y no son, por lo tanto, consecuencia de diferencias en capacidades coordinativas.

Palabras clave: velocidad, coordinación, velocidad de reacción, velocidad de movimiento o motora, respuesta de reacción, genotipo, fenotipo, anticipación, selección de talentos, velocidad de conducción nerviosa.

Introducción

En el ámbito de la educación física y el deporte, la capacidad de realizar uno o varios movimientos lo más rápida y eficientemente posible, ha sido siempre uno de los polos de atracción e interés de investigadores, entrenadores, y practicantes.

En efecto, además de las pruebas en las que la manifestación y la necesidad de la velocidad y coordinación son muy evidentes (100 m.l., 110 m.v., lanzamientos o los complejos movimientos tridimensionales de un saltador de pértiga o gimnasta), son muchos los deportes, especialmente los llamados abiertos (Poulton, 1957 —citado por Sage, 1984—) con sus acciones técnico-tácticas no predeterminadas (baloncesto, boxeo, tenis, fútbol, etc.), en los que el rendimiento deportivo de sus practicantes estará determinado, en mayor o menor grado, por uno u otro tipo de manifestación de la velocidad y/o coordinación.

El problema estriba en que, a pesar de reconocer que en el ámbito del comportamiento motor la frontera entre lo innato (genotipo) y lo aprendido (fenotipo) plantea aún muchos interrogantes, en la praxis, la gran mayoría está de acuerdo con el conocido axioma: “¡el velocista nace, no se hace!”. Información que en realidad, y para ser más objetivos, debería limitarse a los factores neuromusculares fundamentales: velocidad de conducción nerviosa (VCN), tiempo de reacción (TR) y el tipo de fibra muscular (Tuttle y Lauten-

Jordi Porta Manzanido,
Francesc Cos Morera,
INEFC, Barcelona.

Pablo López de Viñaspre,
Licenciado en Ed. Física.
Máster en Fisiología del Ejercicio.

Rosa María Bonastre,
Psicóloga, Facultad de Medicina UAB, Barcelona.

LA VALORACIÓN DE MOVIMIENTOS RÁPIDOS Y COORDINADOS. SU INTERRELACIÓN Y CAPACIDAD DE SELECCIÓN DE TALENTOS DEPORTIVOS

Resumen

El presente artículo pretende aportar datos sobre los diferentes factores que intervienen en la realización de movimientos rápidos y coordinados. Con este fin, se analiza la relación que existe entre distintas pruebas que se proponen para la valoración de algunas expresiones de la velocidad. Se pretende hacer también un análisis comparativo de la capacidad de rendimiento en movimientos rápidos y cíclicos entre hombres y mujeres.

El estudio se ha realizado con un total de 62 sujetos, 31 hombres y 31 mujeres. Las pruebas comprendidas en el estudio han sido las siguientes: test de velocidad de reacción simple, test de respuesta de reacción electiva, tests de fuerza explosiva (*squat jump*, *counter movement jump* y *drop jump*), test de velocidad cíclica de miembros inferiores y test de velocidad cíclica de miembros superiores.

Para el análisis estadístico se utilizaron los coeficientes de correlación entre los diferentes tests y se aceptó un valor de significación de $p < 0,05$.

Los datos del estudio apuntan hacia la necesidad de crear nuevos tests

para la valoración de la velocidad cíclica de movimiento y sugieren que las diferencias que se puedan encontrar entre hombres y mujeres en cuanto a su capacidad de realizar movimientos cíclicos a gran velocidad, se deben a diferencias en valores de fuerza, y no son, por lo tanto, consecuencia de diferencias en capacidades coordinativas.

Palabras clave: velocidad, coordinación, velocidad de reacción, velocidad de movimiento o motora, respuesta de reacción, genotipo, fenotipo, anticipación, selección de talentos, velocidad de conducción nerviosa.

Introducción

En el ámbito de la educación física y el deporte, la capacidad de realizar uno o varios movimientos lo más rápida y eficientemente posible, ha sido siempre uno de los polos de atracción e interés de investigadores, entrenadores, y practicantes.

En efecto, además de las pruebas en las que la manifestación y la necesidad de la velocidad y coordinación son muy evidentes (100 m.l., 110 m.v., lanzamientos o los complejos movimientos tridimensionales de un saltador de pértiga o gimnasta), son muchos los deportes, especialmente los llamados abiertos (Poulton, 1957 —citado por Sage, 1984—) con sus acciones técnico-tácticas no predeterminadas (baloncesto, boxeo, tenis, fútbol, etc.), en los que el rendimiento deportivo de sus practicantes estará determinado, en mayor o menor grado, por uno u otro tipo de manifestación de la velocidad y/o coordinación.

El problema estriba en que, a pesar de reconocer que en el ámbito del comportamiento motor la frontera entre lo innato (genotipo) y lo aprendido (fenotipo) plantea aún muchos interrogantes, en la praxis, la gran mayoría está de acuerdo con el conocido axioma: “¡el velocista nace, no se hace!”. Información que en realidad, y para ser más objetivos, debería limitarse a los factores neuromusculares fundamentales: velocidad de conducción nerviosa (VCN), tiempo de reacción (TR) y el tipo de fibra muscular (Tuttle y Lauten-

Con la colaboración de: Dr. Manuel Barbanaj (Hospital de S.Pau, Barcelona. Dpto. de Neurología); Dr. Francesc Solanellas (INEFC, Barna.) y Francisco González (alumno de 5º INEFC, Barcelona).



bach, 1932 —citados por Browne, 1935—; Komi, Klissouras y Karvinen, 1973; Komi et al. 1977; Komi et al 1979; Klissouras, 1980; Kamen, Taylor y Beehler, 1984; Harsany y Martin, 1987). También y según Sergienko (1983) —citado por Voss y Kreuse (1992)—, la coordinación de movimientos simples tiene un marcado carácter genético.

El analizar, directa o indirectamente, la mayor o menor incidencia e interrelación de algunos de dichos factores en la manifestación de diferentes movimientos rápidos, constituye la finalidad de este trabajo.

En relación a nuestro objetivo general y tal como se puede deducir del mismo título, queremos analizar si la escasa o nula correlación entre la velocidad de reacción (VR) y la velocidad de movimiento o motor (VM) de una respuesta de reacción simple (RR) o electiva (RRE) constatada por muchos autores (Henry, 1952, 1960, 1961; Faurough, 1952; Lotter, 1960; Hodgkins, 1963 —todos ellos citados por Roca, 1983—; Joch, 1980; Wittekopf, 1987, Henry y Trafon, 1951; Smith, 1961), se mantiene también ante acciones o movimientos diferentes y más complejos que los utilizados tradicionalmente. Al respecto, el libro *Tiempo de reacción y deporte* de Josep Roca (1983), es una referencia obligada, tanto por la amplitud de su análisis histórico como por el contenido experimental y sus propuestas de aplicación práctica.

Los objetivos más específicos se analizarán mediante las correlaciones obtenidas entre las pruebas propuestas para la valoración de los diferentes tipos de velocidad: de reacción (VR), contráctil o acélica (VA) y cíclica (VC).

Para la valoración de la VC, además de utilizar la prueba de la batería Eurofit llamada *plate tapping*, hemos creído interesante proponer también

otra en la que estén implicados los miembros inferiores, consistente en pedalear a la máxima frecuencia posible sobre un cicloergómetro sin resistencia alguna. Esto nos ha de permitir conocer la correlación entre la VC de miembros superiores e inferiores; y lo que para nosotros es aún más interesante: analizar hasta que punto las mujeres son capaces de emular a los hombres en la realización de movimientos rápidos cíclicos y coordinados (coordinación inter e intramuscular) en los que la contribución de la fuerza muscular no sea, hipotéticamente determinante.

También creemos que puede ser de interés práctico el analizar la posible utilidad de alguna de las pruebas propuestas como guía para la selección de talentos deportivos. Al respecto, y aunque estamos de acuerdo con Poulton (1965) —citado por Roca (1983)—, cuando afirma que “Para ser un buen deportista se requiere mucho más que tener un buen TR”, y también con el mismo Roca, cuando analiza la importancia y primacía de la anticipación como fenómeno que, al permitir la correcta identificación de señales perceptivas que se dan en situaciones reales de juego, reduce el TR y el TRE (tiempo de reacción electivo) de una RR, no se pueden olvidar los trabajos de Tuttle, Lautenbach (1932) —citados por Browne (1935)—; Lehnert y Weber (1975) —citados por Voss y Kreuse (1992)—; Hoyle y Holt (1983); Korth y Wittekopf (1988); Harbin et al (1989); Youngen (1959) y Sage (1977) en los que se encontraron diferencias significativas entre los TR de atletas de diferente nivel o entre personas deportistas y sedentarias. Otros autores han encontrado diferencias en la VR de deportistas de alto nivel al agruparlos por disciplinas deportivas (Youngen, 1959; Sage, 1977; Westerland y Tuttle, 1931).

Es por esta razón que, y teniendo en cuenta la predominancia de factores genéticos en la manifestación de movimientos rápidos y coordinados que posibilitan una detección temprana en el ámbito escolar, valoraremos la posibilidad de que alguna de dichas pruebas pueda predecir el rendimiento potencial de jóvenes deportistas.

Por último, queremos hacer constar que la utilización de una línea de investigación más fisiológica, con registros electromiográficos para la medida de la velocidad de conducción nerviosa (VCN), nos hubiera proporcionado, sin lugar a dudas, una base de datos más amplia sobre la que poder extraer las conclusiones. En la bibliografía consultada, aunque los datos no son concluyentes, se muestra una correlación entre la VR y la VCN (Korth y Wittekopf 1988; Voss y Kreuse 1992; Lehmann 1992), y también entre la VCN y la fuerza explosiva (Korth y Wittekopf 1988). Así pues, y teniendo también en cuenta la infraestructura disponible en este primer trabajo, hemos decidido soslayar dicho problema y utilizar las pruebas más tradicionales para la valoración de la VR, ya que no hemos encontrado ninguna referencia en que fueran comparadas con otras pruebas como las propuestas en nuestro trabajo.

Objetivos

Objetivo general

Buscar la correlación entre las pruebas propuestas para la valoración de distintos tipos de velocidad, analizando la posible predicción del rendimiento potencial del joven deportista.

Objetivos específicos

1. Constatar si la escasa correlación entre la VR y VM de una RR o RRE se mantienen en movimientos o acciones musculares más complejas.
2. Analizar hasta qué punto las mujeres son tan eficaces como los hombres ante movimientos rápidos y cíclicos en los que la resistencia externa a vencer sea mínima o nula, aislando con ello la importancia de la fuerza muscular.

Material y Método

Sujetos

Han participado en este estudio un total de 62 sujetos, 31 hombres y 31 mujeres, la mayoría de ellos estudiantes de Educación Física y Deportes del INEFC, Barcelona. El resto son personas activas, pero no especialistas en ningún deporte que solicite en gran medida las capacidades que pretendemos medir en este trabajo. Las características de la muestra vienen especificadas en la tabla 1.

Todos los sujetos fueron informados del protocolo y objetivos del estudio mediante una hoja consenso que firmaron antes del inicio.

Tests físicos

Las pruebas, que se realizaron en una misma sesión y siguiendo un orden preestablecido para evitar cualquier sensación física o psíquica de fatiga, fueron:

1. *Velocidad de reacción simple (VR)*: mide el tiempo que transcurre entre la presentación de un estímulo auditivo o visual, y la acción de apretar un botón. Para su medida se utilizó un aparato Bettendorf que presenta estímulos al azar con un anteperiodo

medio de 7 segundos. La velocidad de reacción se da en centésimas de segundo. Se registró la media de 10 intentos con estimulación visual y otros 10 con una señal sonora.

2. *Respuesta de reacción electiva (RRE)*: mide el tiempo entre la presentación de un estímulo visual electivo y la realización de un movimiento lo suficientemente largo que permita diferenciar la VR (desde la presentación del estímulo hasta el inicio de la respuesta) de la VME (tiempo necesario para completar la acción muscular propuesta).

En nuestro estudio se utilizó el modelo TKK 1264. Consta de dos pequeñas plataformas centrales (una para cada pie) y cuatro colocadas a la derecha, izquierda, delante y detrás. El sujeto, de pie en las plataformas centrales, debe responder a una señal en forma de flecha luminosa, levantando un pie y desplazándolo hacia la plataforma indicada por la dirección de la flecha. La medida viene dada en milésimas de segundo. Se registró la media de un total de 20 intentos, 5 a cada lado.

3. *Fuerza explosiva*:
 - 3.1. *Squat jump*: mide la capacidad contráctil de la musculatura extensora de miembros inferiores

mediante el cálculo de la altura alcanzada por el sujeto desde una posición estática con las rodillas flexionadas a 90°.

3.2. *Counter movement jump*: mide la capacidad elástica y contráctil. En este caso el sujeto se vale de una flexión previa para alcanzar la máxima altura.

3.3. *Drop jump*: mide especialmente la capacidad reactiva a través de un salto desde una altura de 30 cm (mujeres), o 40 cm (hombres) en el que se pide al sujeto que intente acortar el tiempo de contacto en el suelo, pero tratando a la vez, de alcanzar la máxima altura. La medida de la altura que alcanza el sujeto se obtiene indirectamente mediante una plataforma de contacto que calcula el tiempo que el sujeto está en el aire o en contacto con ella. Esta idea, original de Asmussen y Bonde Peterson (1974), fue desarrollada por C. Bosco (1994), que mediante un microprocesador PSION-CM calculaba también el trabajo (W) y la potencia (P) desarrollada por el sujeto.

4. *Velocidad cíclica de miembros superiores (VC m.s.)*: se realiza con el conocido test *plate tapping* de la batería de tests Eurofit. Para ello, se utiliza una mesa regulable en altura sobre la que hay 2 círculos de 20 cm de diametro separados 60

	Muestra total (55)			Hombres (29)		Mujeres (26)	
	X	DS	Rango	X	DS	X	DS
Edad (años)	22,0	3,3	19-33	22,7	3,6	21,4	2,8
Peso (kg)	64,5	9,5	41-83	71,3	6,2	57,1	6,6
Talla (cm)	170,8	9,6	152-192	177,3	7,1	163,7	6,3
Talla sentado (cm)	88,8	4,9	79-107	91,3	4,9	85,8	2,9

Tabla 1. Características de los sujetos (n=62)



cm. Entre los dos, hay una placa rectangular de 10x20 cm en la que el sujeto se apoya con una mano, adoptando una posición de pie y lo más estable posible frente a la mesa.

El test consiste en tocar con la otra mano, de forma alterna y lo más

rápidamente posible, los dos círculos un total de 25 veces cada uno. El tiempo se registra automáticamente en segundos, escogiéndose el mejor de dos intentos.

5. *Velocidad Cíclica de miembros inferiores (VC m.i.):* se realiza con el

		X	DS	Rango
Test de fuerza explosiva (cm)	"Squat Jump"	35,5	6,0	24-51
	"Count. Mov. J"	38,2	6,7	27-52
	"Drop Jump"	36,7	5,7	25-49
Velocidad de reacción simple (1/100 s)	Visual	19,0	2,3	14-26
	Auditivo	17,3	1,9	14-22
Velocidad de reacción electiva (1/1000 s)	VRE	335,5	37,1	267-463
	VME	262,1	46,0	185-376
	RRE	597,5	53,6	515-719
Vel. cíclica M.S. (s)	Dominante	8,8	1,0	6-11
	No dominante	9,9	1,2	7-13
Vel. cíclica M.I. (rpm)		197,3	19,4	156-229

Tabla 2. Resultados de los tests para toda la muestra (n = 62)

		Hombres (31)		Mujeres (31)	
		X	DS	X	DS
Test de fuerza explosiva (cm)	"Squat Jump"	39,3	5,1	31,5*	3,8
	"Count. Mov. J"	42,7	5,5	33,5*	4,0
	"Drop Jump"	40,5	4,4	32,8*	3,9
Velocidad de reacción simple (1/100 s)	Visual	19,2	2,6	18,8	2,0
	Auditivo	17,5	2,1	17,2	1,8
Velocidad de reacción electiva (1/1000 s)	VRE	336,7	37,8	334,3	37,0
	VME	339,7	34,2	284,4*	45,9
	RRE	576,3	37,0	618,7*	59,6
Vel. cíclica M.S. (s)	Dominante	8,5	1,0	9,0	1,0
	No dominante	9,6	1,4	10,2	1,0
Vel. cíclica M.I. (rpm)		212,2	12,4	182,4*	12,3

(*) Indica una diferencia significativa entre hombres y mujeres ($p < 0,001$).

Tabla 3. Resultados de los tests por sexos

test de Quebec modificado (MacDougall et al., 1990) para adaptarlo a las necesidades de este trabajo. El cicloergómetro utilizado fue el modelo Ergometrics 900 de la marca Ergoline.

El test consiste en pedalear durante 10 segundos a la máxima frecuencia posible sin resistencia alguna. Para una mayor facilidad y progresividad en el esfuerzo, se da al sujeto 5 segundos previos para la aceleración. La medición de la frecuencia de pedaleo se efectúa durante los siguientes 10 segundos. Se selecciona el mejor de dos intentos separados por un tiempo de recuperación de 3 minutos. Tiempo que, por la alta correlación obtenida entre los dos intentos ($r=0,97$), se ha demostrado más que suficiente.

Conscientes de la importancia de la motivación en la realización de dicho tipo de pruebas, se reforzó de forma verbal y de forma estandarizada a los sujetos durante la realización de las mismas.

Resultados y discusión

En relación al análisis de los resultados obtenidos (Tablas 2 y 3), es importante constatar que la perspectiva de este trabajo no puede ser más que biológica y funcional.

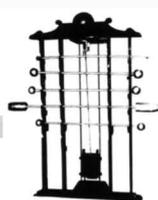
Al respecto, somos conscientes de que el estudio de la VR y VM, no debe interpretarse como la medida de una sola dimensión, sino que son el resultado de muchos factores perceptuales y conductuales (atención, ansiedad, anticipación, motivación, etc.) que afectan fundamentalmente a la VR. En cambio, los factores que pueden incidir sobre la VM son más controlables (nivel de entrenamiento,

		F.E.	V.R. m.s.		V.R.E. m.i.	V.M.E. m.i.	R.R.E. m.i.	V.C. m.s.		V.C. m.i.
		C.M.J.	Visual	Auditiva				Dominante	No dominante	
F.E.	CMJ		$r=-0,04$ $p=0,38$	$r=-0,08$ $p=0,29$	$r=-0,08$ $p=0,28$	$r=-0,44$ $p<0,001$	$r=-0,44$ $p<0,001$	$r=-0,30$ $p<0,05$	$r=-0,36$ $p<0,01$	$r=0,74$ $p<0,001$
V.R. m.s.	Visual			$r=0,74$ $p<0,001$	$r=0,25$ $p<0,05$	$r=0,16$ $p=0,13$	$r=0,32$ $p<0,01$	$r=0,32$ $p<0,01$	$r=0,38$ $p<0,005$	$r=-0,10$ $p=0,26$
	Auditiva				$r=0,29$ $p<0,05$	$r=0,16$ $p=0,13$	$r=0,36$ $p<0,005$	$r=0,27$ $p<0,05$	$r=0,39$ $p<0,001$	$r=0,05$ $p=0,37$
T.R.E. m.i.						$r=-0,25$ $p<0,05$	$r=0,51$ $p<0,001$	$r=0,12$ $p=0,19$	$r=0,25$ $p<0,05$	$r=-0,03$ $p=0,42$
T.M.E. m.i.							$r=0,70$ $p<0,001$	$r=0,12$ $p=0,20$	$r=0,14$ $p=0,16$	$r=-0,45$ $p<0,001$
R.R.E.m.i.								$r=-0,19$ $p=0,08$	$r=0,30$ $p<0,05$	$r=-0,42$ $p<0,001$
V.C. m.s.	Dominante								$r=0,45$ $p<0,001$	$r=-0,22$ $p=0,06$
	No dominante									$r=-0,29$ $p<0,05$
V.C. m.i.										

Tabla 4. Matriz de coeficientes de correlación para toda la muestra (n=62). (En negrita los datos con un valor de significación de $p<0,05$)

		F.E.	V.R. m.s.		V.R.E. m.i.	V.M.E. m.i.	R.R.E. m.i.	V.C. m.s.		V.C. m.i.
		C.M.J.	Visual	Auditiva				Dominante	No dominante	
F.E.	CMJ		$r=-0,25$ $p=0,10$	$r=-0,26$ $p=0,09$	$r=-0,22$ $p=0,12$	$r=-0,22$ $p=0,13$	$r=-0,43$ $p<0,01$	$r=-0,47$ $p<0,005$	$r=-0,40$ $p<0,05$	$r=0,48$ $p<0,005$
V.R. m.s.	Visual			$r=0,80$ $p<0,001$	$r=0,16$ $p<0,21$	$r=0,37$ $p=0,05$	$r=0,51$ $p<0,005$	$r=0,46$ $p<0,01$	$r=0,47$ $p<0,005$	$r=-0,41$ $p<0,05$
	Auditiva				$r=0,34$ $p<0,05$	$r=0,23$ $p=0,12$	$r=0,56$ $p<0,001$	$r=0,45$ $p<0,01$	$r=0,55$ $p<0,001$	$r=-0,22$ $p=0,13$
V.R.E. m.i.						$r=0,49$ $p<0,005$	$r=0,56$ $p<0,001$	$r=0,21$ $p=0,14$	$r=0,42$ $p<0,05$	$r=-0,14$ $p=0,23$
V.M.E. m.i.							$r=0,45$ $p<0,01$	$r=0,22$ $p=0,13$	$r=0,12$ $p=0,27$	$r=-0,36$ $p<0,05$
R.R.E.m.i.								$r=0,42$ $p<0,05$	$r=0,54$ $p<0,001$	$r=-0,48$ $p<0,005$
V.C. m.s.	Dominante								$r=0,52$ $p<0,005$	$r=-0,15$ $p=0,22$
	No dominante									$r=-0,22$ $p=0,13$
V.C. m.i.										

Tabla 5. Matriz de coeficientes de correlación para el grupo de hombres (n=31). (En negrita los datos con un valor de significación de $p<0,05$)



práctica, calentamiento, etc). En todo caso, el estudio de dichos fenómenos de relación es propio del ámbito de la Psicología.

Aunque desde una perspectiva general se deba aceptar que la VR y VM son sensibles a dimensiones diferentes (Trumbo y Noble, 1973 —citados por Roca, 1983—), existen también datos de otros autores (ver la Introducción), que muestran una VR mejor en todos aquellos deportistas especializados en actividades que requieran la manifestación de movimientos acíclicos o cíclicos muy rápidos.

Por otra parte, partiendo de la dependencia entre la VR y la VCN, Voss y Kreuse (1992) y Lehmann (1992), han encontrado una correlación significativa entre los mecanismos de control neuromusculares (VR, VA y VC) en programas elementales de movimientos rápidos en los que no intervenga la fuerza. Estos autores afirman también que la capacidad funcional potencial

de un deportista se puede predecir en base al llamado coeficiente de rapidez (VA/VC).

El análisis de los resultados nos indica que :

1. La VR m.s. no tiene correlación alguna con la fuerza explosiva de miembros inferiores (FE m.i.) ni con la velocidad de movimiento electiva (VME), pruebas que constituyen formas de manifestación de la velocidad acíclica (VA). Estos resultados concuerdan con los encontrados en la bibliografía (Tablas 4, 5 y 6).
2. En la muestra total (Tabla 4), la VR m.s., no tiene correlación alguna con la VC m.i. En cambio, aunque baja, la correlación con la VC m.s. es algo mayor. En la muestra de hombres (Tabla 5), dicha correlación es ligeramente superior ($r=0,46$; $p<0,01$). Estos resultados parecen indicar que la VR y la VC

dependen, en gran medida, de factores independientes.

3. La VRE m.i. no tiene correlación alguna con la VC m.i., ni con la FE m.i. Estos resultados son perfectamente comprensibles si tenemos en cuenta que la VRE está muy determinada por factores perceptuales y conductuales.
4. Al comparar los resultados de la prueba de VC m.s. cuando se realiza con el miembro dominante o con el no-dominante, vemos que existe una baja correlación ($r=0,45$) entre ambos. Estos datos apoyan la hipótesis de que aunque es posible que ciertos factores comunes a los dos miembros determinen la capacidad de realizar movimientos cíclicos a gran velocidad, parece ser que otros factores relacionados con aspectos coordinativos específicos tienen una importancia mayor. En cuanto a la hipótesis que queda

F.E.		V.R. m.s.		V.R.E. m.i.	V.M.E. m.i.	R.R.E. m.i.	V.C. m.s.		V.C. m.i.
		Visual	Auditiva				Dominante	No dominante	
F.E.	CMJ	$r=-0,03$ $p=0,44$	$r=-0,37$ $p<0,05$	$r=-0,12$ $p=0,28$	$r=-0,18$ $p=0,19$	$r=-0,22$ $p=0,14$	$r=0,11$ $p=0,30$	$r=-0,10$ $p=0,32$	$r=0,35$ $p<0,05$
V.R. m.s.	Visual		$r=0,62$ $p<0,001$	$r=0,41$ $p<0,05$	$r=0,09$ $p=0,33$	$r=0,33$ $p<0,05$	$r=0,22$ $p=0,14$	$r=0,32$ $p=0,06$	$r=-0,13$ $p=0,26$
	Auditiva			$r=0,22$ $p=0,14$	$r=0,33$ $p<0,05$	$r=0,40$ $p<0,05$	$r=0,14$ $p=0,24$	$r=0,27$ $p=0,09$	$r=-0,05$ $p=0,41$
V.R.E. m.i.					$r=-0,31$ $p=0,44$	$r=0,61$ $p<0,001$	$r=0,06$ $p=0,38$	$r=0,07$ $p=0,36$	$r=-0,12$ $p=0,27$
V.M.E. m.i.						$r=0,77$ $p<0,001$	$r=-0,13$ $p=0,27$	$r=-0,04$ $p=0,42$	$r=-0,01$ $p=0,47$
R.R.E.m.i.							$r=-0,06$ $p=0,39$	$r=0,17$ $p=0,47$	$r=-0,09$ $p=0,33$
V.C. m.s.	Dominante							$r=0,30$ $p=0,07$	$r=-0,03$ $p=0,43$
	No dominante								$r=-0,14$ $p=0,24$
V.C. m.i.									

Tabla 6. Matriz de coeficientes de correlación para el grupo de mujeres ($n=31$). (En negrita los datos con un valor de significación de $p<0,05$)

formulada implícitamente en el segundo objetivo específico en el que se pretende analizar hasta qué punto las mujeres son tan eficientes como los hombres en la realización de movimientos cíclicos a máxima velocidad y con una resistencia mínima, es importante resaltar lo siguiente:

5. La correlación entre la VC m.i. y la VC m.s., es casi nula. Este resultado podría explicarse por la incidencia del factor fuerza en la realización de la prueba de pedaleo. Este hecho se ve avalado por la alta correlación entre la FE m.i. y la VC m.i. ($r=0,74$; $p<0,001$) también constatado por Lehmann (1992). Al respecto, la diferencia significativa que hay entre la VC m.i. de hombres y mujeres, apoya aún más, si cabe, la importancia de la incidencia de la Fuerza en esta prueba (Tabla 3).
6. En cambio, la diferencia en la VC m.s. entre hombres y mujeres, no es significativa, lo que sugiere que este test es más válido que el de VC m.i. para la medición de la velocidad cíclica de movimiento, ya que depende en menor grado del componente de fuerza muscular.

Conclusiones

1. Estos resultados confirman la escasa o nula correlación entre la VR y la VM. Esta baja correlación se observa también al comparar la VR con movimientos cíclicos realizados a gran velocidad (VC). Si se tiene en cuenta que la VR viene determinada en gran medida por la Velocidad de Conducción Nerviosa (VCN), se puede decir que ésta, no constituye, a priori, un factor determinante en la VC.

Esto concuerda con los resultados de otros estudios que han visto que siempre y cuando la VCN esté dentro de unos valores normales (no patológicos), no constituirá un factor limitante de la VC (Lehmann, 1992; Voss y Kreuse, 1992; Korth y Wittenkopf, 1988).

En consecuencia, los factores limitantes de la VC deberían buscarse tanto a nivel del sistema nervioso central, más en concreto del llamado *pace-maker* localizado en el tronco cerebral (Lehmann, 1992), como a otros niveles: coordinación inter e intramuscular, mecanismos de *biofeed-back* de las células de Renshaw, niveles de fuerza, etc.

A este respecto, sería interesante comparar la VC m.s. con la VC m.i. utilizando tests de características similares, ya que esta comparación nos permitiría diferenciar la influencia de factores centrales (*pace-maker*) en relación a otros factores que intervienen en la realización de movimientos rápidos. En el supuesto de que los factores centrales tuvieran una gran importancia, debería existir una alta correlación entre ambos tests.

2. En contra de lo que parecía, y a pesar de realizarla sin carga alguna, la prueba de frecuencia máxima de pedaleo (VC m.i.), viene determinada en un alto grado por el nivel de fuerza de miembros inferiores (FE m.i.). Por este motivo, no es conveniente utilizar esta prueba para la valoración de la VC m.i. en edades tempranas. Es necesario, por tanto, diseñar pruebas para la valoración de la VC en las que la amplitud y duración del movimiento sean mínimas. La escuela alemana propone la medición de la VC m.i. mediante un test de *plate tapping* podal alternativo

que cumple con los requisitos comentados y que minimiza la influencia del factor fuerza en la realización de la prueba.

3. En base a lo anterior, resulta lógica, por tanto, la diferencia significativa entre hombres y mujeres encontrada en la prueba de VC m.i. Esta diferencia no llega a ser significativa en el test de VC m.s. Estos datos, parecen indicar que la capacidad de hombres y mujeres para realizar movimientos cíclicos a máxima velocidad será más parecida cuanto menor sea la incidencia de la fuerza en la realización del movimiento.
4. La importancia del factor fuerza en la realización de movimiento rápidos es mayor cuanto mayor es la carga a movilizar o la masa muscular involucrada. Según los datos de nuestro estudio, parece ser que cuando la masa muscular a movilizar es importante (miembros inferiores), no es necesario que la resistencia a vencer sea alta para que la velocidad de movimiento dependa ya en gran medida de la fuerza muscular. A este respecto, sería interesante hacer una prueba de fuerza explosiva de miembros superiores y relacionarla con los resultados de las otras pruebas con el fin de analizar la importancia de factores centrales y locales en la realización de movimientos rápidos.
5. De todas las pruebas propuestas, la medición del tiempo de contacto o la potencia (W/kg) en el *drop jump*, podría constituir un excelente indicativo de la capacidad potencial de rendimiento de jóvenes deportistas en las especialidades que requieran la manifestación de movimientos rápidos y explosivos y que precisen el desplazamiento



del propio peso corporal (Bosco, 1994)).

6. La utilización de pruebas de VC para la selección de talentos deportivos debe realizarse con mucha cautela debido a la baja correlación que existe entre los diversos tests. Creemos que esta capacidad depende en gran medida de factores específicos al tipo de movimiento requerido y, además, estos factores pueden mejorarse considerablemente mediante el entrenamiento, ya que afectan a parámetros de coordinación inter e intramuscular.

Prácticamente todos los gestos deportivos de carácter cíclico que requieren velocidades de ejecución altas, utilizan movimientos amplios y que afectan a grandes grupos musculares, por lo que dependen en gran medida de factores coordinativos y de la potencia muscular del sujeto. En este tipo de movimientos, la importancia del *pace-maker* cerebral se veía, supuestamente, muy reducida, por lo que un test de VC no específico y con movimientos muy cortos, en el que se pretende medir esta capacidad, no sería apropiado, a priori, para la predicción del futuro rendimiento deportivo. Sin embargo, sería conveniente diseñar tests de VC de estas características para poder comprobar esta hipótesis.

En conclusión, si decidimos utilizar alguna prueba de VC para la predicción del rendimiento de jóvenes deportistas, tendríamos que tener en cuenta que el test reproduciera al máximo posible el movimiento de competición, para garantizar así la utilización de las mismas Unidades Motoras y poder

valorar aspectos coordinativos específicos. Sería aconsejable, además, que los tests se pasaran después de varios meses de entrenamiento en los que se haya conseguido ya un buen dominio del gesto técnico y que se permitiera también un amplio periodo para el aprendizaje específico del test.

Bibliografía

- BOSCO, C. et al. (1982). Neuromuscular function and mechanical efficiency of human leg extensor muscles during jumping exercises. *Acta Physiol. Scand.*, 1982a, 114, pp: 543-550.
- BOSCO, C. et al. (1982). *Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscles*. *Acta Physiol. Scand.*, 1982b, 116, pp: 343-349.
- BOSCO, C. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Paidotribo, 1994. Barcelona.
- BROWNE, R.L. (1953). *A comparison of patellar tendon reflex time of whites and negroes*. *Research Quart.*, 1935, pp: 121-126.
- ELAM, R.P.; BARTH, B.I. (1986). *The relationship between tibial nerve conduction velocity and selected strength and power variable in college football lineman*. *J. Sports Med. and Physical Fitness, Dic.*, 1986, pp: 398-405.
- HARBIN, G.; DURST, L.; HARBIN, D. (1989). *Evaluation of oculomotor response in relationship to sports performance*. *Med. Sci. Sports Exere.*, 21, 1989, pp: 258-262.
- HARSANY, L.; MARTIN, M. (1987). *Eredità, stabilità e selezione*. *Sds*, 10, 1987, pp: 53-55.
- HENRY, F.M.; TRAFTON, I.R. (1951). *The velocity curve of sprint running, with some observations on the muscle viscosity factor*. *Research Quarterly*, 22, 1951, pp: 409-422.
- HOYLE, R.J.; HOLT, L.E. (1983). *Comparison of athletes and non-athletes on selected neuromuscular tests*. *Australian J. Sports Sciences*, 3(1), 1983, pp: 13-18.
- JOCH, W.; KRAUSE, I.; FRITSCH, P. (1980). *Zur reaktions und Aktionschnelligkeit beim boxen*. *Leistungssport*, 6, 1980, pp: 470-475.
- KAMEN, G.; TAYLOR, P.; BEEHLER, P. (1984). *Ulnar and posterior tibial nerve conduction velocity in athletes*. *Int. J. Sports Med.*, Feb. 1984, pp: 26-30.
- KOMI, P.V.; KLISSOURAS, V.; KARVINEN, E. (1973). *Genetic variation in neuromuscular performance*. *Int. Zeits. für angewandte Physiologie*, 1973, 4, pp: 289-304.
- KOMI, P.V.; KARLSSON, J. (1979). *Physical performance skeletal muscle enzyme activities and fibre type in monozygous and dizygous twins of both sexes*. *Acta Physiologica. Scand.*, 1979, suppl. 426.
- KORTH, D.; WITTEKOPE, G. (1988). *Zur motorischen Leitgeschwindigkeit von Extremitätennerven bei Sportlern*. *Medizin. und Sport*, 28(1), 1988, pp: 11-13.
- LEHMANN, F. (1992). *La rapidità nell'allenamento giovanile dello sprint*. *Sds, Anno XI*, 25, 1992, pp: 47-53.
- MACDOUGALL, J.D.; WENGER, H.A.; GREEN, H.S. (1990). *Physiological Testing of the High-performance Athlete*. *Human Kinetics*(2nd.). Illinois, USA.
- MARTIN, R. (1994). *Rapidez, aceleración y velocidad*. *RED*, tomo VIII, 4, 1994, pp: 13-22.
- ROCA, J. (1983). *Tiempo de Reacción y Deporte*. D.G.E. Generalitat de Catalunya, 1983. Barcelona.
- SAGE, G. (1977). *Introduction to motor behaviour*. Addison-Wesley Pub. Comp., 1977.
- SMITH, L.E. (1961). *Reaction time and movement time in four large muscle movements*. *Research Quarterly*, 32, 1961, pp: 88-93.
- TAKANO, K.; KIRCHNER, F.; YASUI, H. et al. (1982). *Is there any difference in the motor nerve conduction velocity between sport-adept and non-adept men*. *International Symposium on Motor learning and movement behavior*. Heidelberg, Sept., 1982.
- VOSS, G.; KREUSE, Th. (1991). *Zu den Beziehungen zwischen elementaren Bewegungsprogramme als einem Ausdruck der Schnelligkeit und grundlegenden neuro-muskulären Voraussetzungen*. *Leistungssport*, 21, 1991, pp: 24-27.
- WESTERLUND J.H.; TUTTLE, W.W. (1931). *Relationship between running events in track and reaction time*. *Research Quarterly*, 2, 1931, pp: 95-100.
- WITTEKOPE, G.; BEYER, L. (1987). *Neurophysiologische Aspekte des motorischen Lernen*. *Medizin und Sport*, 27, 1987, 8, pp: 227-230.
- YOUNGEN, L.A. (1959). *A comparison of reaction time and movement times of women athletes and non athletes*. *Research Quarterly*, 30, 1959, pp: 349-355.