

Jordi Porta Manzanido,
Francesc Cos Morera,
INEFC-Barcelona.
Pablo López de Viñaspre,
*Llicenciat en Educació Física,
Master en Fisiologia de l'Exercici.*
Rosa María Bonastre,
Psicòloga, Facultat de Medicina UAB, Barcelona.

LA VALORACIÓ DE MOVIMENTS RÀPIDS I COORDINATS. LA SEVA INTERRELACIÓ I CAPACITAT DE SELECCIÓ DE TALENTS ESPORTIUS

Resum

El present article pretén aportar dades sobre els diferents factors que intervenen en la realització de moviments ràpids i coordinats. Amb aquesta finalitat s'analitza la relació que hi ha entre diverses proves que es proposen per a la valoració d'algunes expressions de la velocitat. Es pretén també fer una anàlisi comparativa de la capacitat de rendiment en moviments ràpids i cíclics entre homes i dones.

L'estudi s'ha fet amb 62 subjectes, 31 homes i 31 dones. Les proves compreses en l'estudi han estat les següents: test de velocitat de reacció simple, test de resposta de reacció electiva, tests de força explosiva (*squat jump*, *counter movement* i *drop jump*), test de velocitat cíclica de membres inferiors i test de velocitat cíclica de membres superiors.

Per a l'anàlisi estadística es van utilitzar els coeficients de correlació entre els diferents tests i es va acceptar un valor de significació de $p < 0,05$.

Les dades de l'estudi apunten cap a la necessitat de crear nous tests per a la valoració de la velocitat cíclica de mo-

viment i suggereixen que les diferències que es puguin trobar entre homes i dones quant a la seva capacitat de realitzar moviments cíclics a gran velocitat es deuen a diferències en valors de força i no són, per tant, conseqüència de diferències en capacitats coordinatives.

Paraules clau: velocitat, coordinació, velocitat de reacció, velocitat de moviment o motora, resposta de reacció, genotip, fenotip, anticipació, selecció de talents, velocitat de conducció nerviosa.

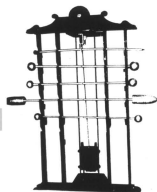
Introducció

En l'àmbit de l'educació física i l'esport la capacitat de fer un o diversos moviments tan ràpidament i eficientment com sigui possible sempre ha estat un dels centres d'atracció i interès d'investigadors, entrenadors i practicants.

En efecte, a més de les proves en les quals la manifestació i la necessitat de la velocitat i coordinació són molt evidents (100 m.l., 110 m.v., llançaments o els complexos moviments tridimensionals d'una saltador de perxa o gimnasta), són molts els esports, especialment els anomenats oberts (Poulton, 1957 —esmentat per Sage, 1984—) amb les seves accions tecnicotàctiques no predeterminades (bàsquet, boxa, tennis, futbol, etc.), en els quals el rendiment esportiu dels seus practicants estarà determinat, en major o menor grau, per un o un altre tipus de manifestació de la velocitat i/o coordinació.

El problema és que, malgrat reconèixer que en l'àmbit del comportament motor la frontera entre el que és innat (genotip) i el que és après (fenotip) planteja encara molts interrogants, a la praxi la gran majoria està d'acord amb el conegut axioma: "el velocista neix, no es fa!". Informació que en realitat, i per tal de ser més objectius, s'hauria de limitar als factors neuromusculars fonamentals: velocitat de conducció nerviosa (VCN), temps de reacció (TR) i el

Amb la col·laboració del Dr. Manuel Barbanoj (Hospital de Sant Pau, Barcelona. Departament de Neurologia), el Dr. Francesc Solanellas (INEFC-Barcelona) i Francisco González (alumne de 5è. INEFC-Barcelona).



tipus de fibra muscular (Tuttle i Lautenbach, 1932 —esmentats per Browne, 1935—; Kimi, Klissouras i Karvinen, 1973; Komi et al., 1977; Komi et al., 1979; Klissouras, 1980; Kamen, Taylor i Beehler, 1984; Harsany i Martin, 1987). També i segons Sergienko (1983) —esmentat per Voss i Kreuse (1992)—, la coordinació de moviments simples té un marcat caràcter genètic.

Analitzar directament o indirectament la major o menor incidència i interrelació d'alguns d'aquests factors en la manifestació de diversos moviments ràpids constitueix la finalitat d'aquest treball.

En relació amb el nostre objectiu general i tal com es pot deduir del mateix títol, volem analitzar si l'escassa o nul·la correlació entre la velocitat de reacció (VR) i la velocitat de moviment o motor (VM) d'una resposta de reacció simple (RR) o electiva (RRE) constatada per molts autors (Henry, 1952, 1960, 1961; Faurough, 1952; Lotter, 1960; Hodgkins, 1963 —tots ells esmentats per Roca, 1983—; Joch, 1980; Wittekopf, 1987; Henry i Trafton, 1951; Smith, 1961), es manté també davant d'accions o moviments diferents i més complexos que els utilitzats tradicionalment. Respecte d'això, el llibre *Tiempo de reacción y deporte*, de Josep Roca (1983), és una referència obligada, tant per l'amplitud de la seva anàlisi històrica com pel contingut experimental i les seves propostes d'aplicació pràctica.

Els objectius més específics s'analitzaran mitjançant les correlacions obtingudes entre les proves proposades per a la valoració dels diferents tipus de velocitat: de reacció (VR), contràtil o acíclica (VA) i cíclica (VC).

Per a la valoració de la VC, a més d'utilitzar la prova de la bateria Eufit, anomenada *plate tapping*, hem

considerat interessant proposar també una altra en la qual estiguin implicats els membres inferiors, que consisteix a pedalejar a la màxima freqüència possible sobre un cicloergòmetre sense cap resistència. Això ens ha de permetre conèixer la correlació entre la VC de membres superiors i inferiors; i el que per a nosaltres encara és més interessant: analitzar fins a quin punt les dones són capaces d'emular els homes en la realització de moviments ràpids cíclics i coordinats (coordinació inter i intramuscular) en els quals la contribució de la força muscular no sigui hipotèticament determinant.

També creiem que pot tenir interès pràctic analitzar la possible utilitat d'alguna de les proves proposades com a guia per a la selecció de talents esportius. Sobre això, i tot i que estem d'acord amb Poulton (1965) —esmentat per Roca (1983)— quan afirma que “Ser un bon esportista requereix molt més que tenir un bon TR”, i també amb el mateix Roca, quan analitza la importància de l'anticipació com a fenomen que, en permetre la correcta identificació de senyals perceptius que es donen en situacions reals de joc, redueix el TR i el TRE (temps de reacció electiu) d'una RR, no es poden oblidar els treballs de Tuttle, Lautenbach (1932) —esmentat per Browne (1935)—; Lehnert i Weber (1975) —esmentats per Voss i Kreuse (1992)—; Hoyle i Holt (1983); Kort i Wittekopf (1988); Harbin et al. (1989); Youngen (1959) i Sage (1977) en què es van trobar diferències significatives entre els TR d'atletes de diferent nivell o entre persones esportistes i sedentàries. Altres autors han trobat diferències en la VR d'esportistes d'alt nivell en agrupar-los per disciplines esportives (Youngen, 1959; Sage, 1977; Westerland i Tuttle, 1931).

Per aquest motiu, i tenint en compte el predomini de factors genètics en la manifestació de moviments ràpids i coordinats que possibiliten una detecció primerenca en l'àmbit escolar, valorarem la possibilitat que alguna d'aquestes proves pugui predir el rendiment potencial de joves esportistes.

Finalment, volem fer constar que la utilització d'una línia d'investigació més fisiològica, amb registres electromiogràfics per la mesura de la velocitat de conducció nerviosa (VCN), ens hagués proporcionat, sens dubte, una base de dades més àmplia sobre la qual poder extreure les conclusions. A la bibliografia consultada, tot i que les dades no són concloents, es mostra una correlació entre la VR i la VCN (Korth i Wittekopf, 1988; Voss i Kreuse, 1992; Lehmann, 1992), i també entre la VCN i la força explosiva (Korth i Wittekopf, 1988). Així doncs, i tenint també en compte la infraestructura disponible en aquest primer treball, hem decidit solucionar aquest problema i utilitzar les proves més tradicionals per a la valoració de la VR, ja que no hem trobat cap referència en què fossin comparades amb altres proves com les proposades en el nostre treball.

Objectius

Objectiu general

Buscar la correlació entre les proves proposades per a la valoració de diversos tipus de velocitat, analitzant la possible predicció del rendiment potencial del jove esportista.

Objectius específics

1. Constatar si l'escassa correlació entre la VR i VM d'una RR o RRE es manté en moviments o accions musculars més complexes.
2. Analitzar fins a quin punt les dones són tan eficaces com els homes davant moviments ràpids i cíclics en què la resistència externa a vèncer sigui mínima o nul·la, aïllant amb això la importància de la força muscular.

Material i mètode

Subjectes

Han participat en aquest estudi 62 subjectes, 31 homes i 31 dones, la majoria d'ells estudiants d'Educació Física i Esports de l'INEFC-Barcelona. La resta són persones actives, però no especialistes en cap esport que requereixi en gran mesura les capacitats que pretenem mesurar en aquest treball. Les característiques de la mostra són especificades a la taula 1.

Tots els subjectes van ser informats del protocol i els objectius de l'estudi mitjançant un full de consens que van signar abans de començar.

Tests físics

Les proves, que es van realitzar en una mateixa sessió i seguint un ordre preestablert per tal d'evitar qualsevol sensació física o psíquica de fatiga, van ser:

1. *Velocitat de reacció simple (VR)*: mesura el temps que passa entre la presentació d'un estímul auditiu o visual i l'acció de prémer un botó.
Per mesurar-la es va utilitzar un aparell Bettendorf que presenta estímuls a l'atzar amb un avant-

període mitjà de 7 segons. La velocitat de reacció es dona en centèsimes de segon. Es va registrar la mitjana de 10 intents amb estimulació visual i uns altres 10 amb un senyal sonor.

2. *Resposta de reacció electiva (RRE)*: mesura el temps davant la presentació d'un estímul visual electiu i la realització d'un moviment prou llarg que permeti diferenciar la VR (des de la presentació de l'estímul fins a l'inici de la resposta) de la VME (temps necessari per completar l'acció muscular proposada).

En el nostre estudi es va utilitzar el model TKK 1264. Consta de dues petites plataformes centrals (una per a cada peu) i quatre col·locades a la dreta, esquerra, davant i darrere. El subjecte, de peu a les plataformes centrals, ha de respondre a un senyal en forma de fletxa lluminosa, aixecant un peu i desplaçant-lo cap a la plataforma indicada per la direcció de la fletxa. La mesura es dona en mil·lèsimes de segon. Es va registrar la mitjana d'un total de 20 intents, 5 a cada costat.

3. *Força explosiva*:

3.1. *Squat jump*: mesura la capacitat contràctil de la musculatura extensora de membres inferiors mitjançant el càlcul de l'altura assolida pel subjecte des d'una po-

sició estàtica amb els genolls flexionats a 90°.

3.2. *Counter movement jump*: mesura la capacitat elàstica i contràctil. En aquest cas el subjecte utilitza una flexió prèvia per assolir la màxima altura.

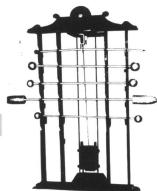
3.3. *Drop jump*: mesura especialment la capacitat reactiva a través d'un salt des d'una altra de 30 cm (dones) o 40 cm (homes) en què es demana al subjecte que intenti escurçar el temps de contacte amb el terra mirant alhora d'assolir la màxima altura.

La mesura de l'altura que assoleix el subjecte s'obté indirectament mitjançant una plataforma de contacte que calcula el temps que el subjecte està a l'aire o en contacte amb ella. Aquesta idea, original d'Asmussen i Bonde Peterson (1974) va ser desenvolupada per C. Bosco (1994), que mitjançant un microprocessador PSION-CM calculava també el treball (W) i la potència (P) desenvolupada pel subjecte.

4. *Velocitat cíclica de membres superiors (VC m.s.)*: es realitza amb el conegut test *plate tapping* de la bateria de tests Eurofit. S'utilitza una taula regulable en altura sobre la qual hi ha dos cercles de 20 cm de diàmetre, separats 60 cm. Entre els dos hi ha una placa rectangular de 10x20 cm en què el

	Mostra total (55)			Homes (29)		Dones (26)	
	X	DS	Rang	X	DS	X	DS
Edat (años)	22,0	3,3	19-33	22,7	3,6	21,4	2,8
Pes (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 assegut (cm)	88,8	4,9	79-107	91,3	4,9	85,8	2,9

Taula 1. Característiques dels subjectes (n=62)



subjecte es recolza amb una mà, adoptant una posició dempeus o tan estable com sigui possible davant la taula.

El test consisteix a tocar amb l'altra mà de manera alterna o tan ràpidament com sigui possible els dos cercles un total de 25 vegades

cada un. El temps es registra automàticament en segons, i s'escol·la el millor de dos intents.

5. *Velocitat cíclica de membres inferiors (VC m.i.)*: es fa amb el test de Quebec modificat (MacDougall et al., 1990) per adaptar-lo a les necessitats d'aquest treball. El

cicloergòmetre utilitzat va ser el model Ergometrics 900 de la marca Ergoline.

El test consisteix a pedalejar durant 10 segons a la màxima freqüència possible sense cap resistència. Per a una major facilitat i progressivitat en l'esforç es dona al subjecte 5 segons previs per a l'acceleració. La mesura de la freqüència de pedaleig s'efectua durant els següents 10 segons. Se selecciona el millor de dos intents separats per un temps de recuperació de 3 minuts. Temps que, per l'alta correlació obtinguda entre els dos intents ($r=0,97$), s'ha demostrat més que suficient.

Conscients de la importància de la motivació en la realització d'aquest tipus de proves, es va reforçar de forma verbal i de forma estandarditzada als subjectes durant la realització d'aquestes.

		X	DS	Rang
Test de força 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
Velocitat de reacció simple (1/100 s)	Visual	19,0	2,3	14-26
	Auditiu	17,3	1,9	14-22
Velocitat de reacció 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)	Dominant	8,8	1,0	6-11
	No dominant	9,9	1,2	7-13
Vel. cíclica M.I. (rpm)		197,3	19,4	156-229

Taula 2. Resultats dels tests per a tota la mostra ($n=62$)

		Homes (31)		Dones (31)	
		X	DS	X	DS
Test de força 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
Velocitat de reacció simple (1/100 s)	Visual	19,2	2,6	18,8	2,0
	Auditiu	17,5	2,1	17,2	1,8
Velocitat de reacció 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)	Dominant	8,5	1,0	9,0	1,0
	No dominant	9,6	1,4	10,2	1,0
Vel. cíclica M.I. (rpm)		212,2	12,4	182,4*	12,3

(*) Indica una diferència significativa entre homes i dones ($p<0,001$).

Taula 3. Resultats dels tests per sexes

Resultats i discussió

En relació a l'anàlisi dels resultats obtinguts (taules 2 i 3), és important constatar que la perspectiva d'aquest treball no pot ser més que biològica i funcional.

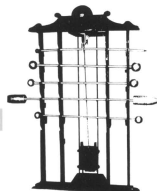
Respecte d'això, som conscients que l'estudi de la VR i VM no s'ha d'interpretar com la mesura d'una sola dimensió, sinó que són el resultat de molts factors perceptuals i conductuals (atenció, ansietat, anticipació, motivació, etc.) que afecten fonamentalment la VR. En canvi, els factors que poden incidir sobre la VM són més controlables (nivell d'entrenament, pràctica, escalfament, etc.). En tot cas, l'estudi d'aquests fenòmens de relació és propi de l'àmbit de la psicologia.

		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.	Dominant								$r=0,45$ $p<0,001$	$r=-0,22$ $p=0,06$
	No dominant									$r=-0,29$ $p<0,05$
V.C. m.i.										

Taula 4. Matriu de coeficients de correlació per a tota la mostra ($n=62$). (En negreta les dades amb un valor de significació 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				$r=0,34$ $p<0,05$	$r=0,23$ $p=0,12$	$r=0,56$ $p<0,001$	$r=0,45$ $p<0,01$	$r=0,55$ $p<0,001$	$r=-0,22$ $p=0,13$
T.R.E. m.i.						$r=-0,49$ $p<0,005$	$r=0,56$ $p<0,001$	$r=0,21$ $p=0,14$	$r=0,42$ $p<0,05$	$r=-0,14$ $p=0,23$
T.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.	Dominant								$r=0,52$ $p<0,005$	$r=-0,15$ $p=0,22$
	No dominant									$r=-0,22$ $p=0,13$
V.C. m.i.										

Taula 5. Matriu de coeficients de correlació per al grup de homes ($n=31$). (En negreta les dades amb un valor de significació de $p<0,05$)



Tot i que des d'una perspectiva general s'hagi d'acceptar que la VR i la VM són sensibles a dimensions diferents (Trubmo i Noble, 1973 —esmentats per Roca, 1983—), també hi ha dades d'altres autors (vegeu la Introducció) que mostren una VR millor en tots aquells esportistes especialitzats en activitats que requereixin la manifestació de moviments acíclics o cíclics molt ràpids.

D'altra banda, partint de la dependència entre la VR i la VCN, Voss i Kreuse (1992) i Lehmann (1992) han trobat una correlació significativa entre els mecanismes de control neuromuscular (VR, VA i VC) en programes elementals de moviments ràpids en què no intervingué la força. Aquests autors afirmen també que la capacitat funcional potencial d'un esportista es pot predir sobre la base de l'anomenat coeficient de rapidesa (VA/VC).

L'anàlisi dels resultats ens indica que:

1. La VR m.s. no té cap correlació amb la força explosiva de membres inferiors (FE m.i.) ni amb la velocitat de moviment electiva (VME), proves que constitueixen formes de manifestació de la velocitat acíclica (VA). Aquests resultats concorden amb els trobats a la bibliografia (taules 4, 5 i 6).
2. A la mostra total (taula 4), la VR m.s. no té cap correlació amb la VC m.i. En canvi, encara que baixa, la correlació amb la VC m.s. és una mica més gran. En la mostra d'homes (taula 5), aquesta correlació és lleugerament superior ($r=0,46$; $p<0,001$). Aquests resultats semblen indicar que la VR i la VC depenen, en gran mesura, de factors independents.
3. La VRE m.i. no té cap correlació amb la VC m.i., ni amb la FE m.i. Aquests resultats són perfectament comprensibles si tenim en compte que la VRE està molt de-

terminada per factors perceptuals i conductuals.

4. En comparar els resultats de la prova de VC m.s. quan es realitza amb el membre dominant o amb el no dominant veiem que hi ha una baixa correlació ($r=0,45$) entre ambdós. Aquestes dades donen suport a la hipòtesi que tot i que és possible que certs factors comuns als dos membres determinin la capacitat de realitzar moviments cíclics a gran velocitat, sembla que altres factors relacionats amb aspectes coordinatius específics tenen més importància.

Quant a la hipòtesi que queda formulada implícitament en el segon objectiu específic en què es pretén analitzar fins a quin punt les dones són tan eficients com els homes en la realització de moviments cíclics a màxima velocitat i amb una resistència mínima, és important ressaltar el següent:

		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		$r=-0,03$ $p=0,44$	$r=-0,37$ $p<0,05$	$r=-0,12$ $p=0,28$	$r=-0,18$ $p=0,19$	$r=-0,22$ $p=0,14$	$r=0,11$ $p=0,30$	$r=-0,10$ $p=0,32$	$r=0,35$ $p<0,05$
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				$r=0,22$ $p=0,14$	$r=0,33$ $p<0,05$	$r=0,40$ $p<0,05$	$r=0,14$ $p=0,24$	$r=0,27$ $p=0,09$	$r=-0,05$ $p=0,41$
T.R.E. m.i.						$r=-0,31$ $p=0,44$	$r=0,61$ $p<0,001$	$r=0,06$ $p=0,38$	$r=0,07$ $p=0,36$	$r=-0,12$ $p=0,27$
T.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.	Dominant								$r=0,30$ $p=0,07$	$r=-0,03$ $p=0,43$
	No dominant									$r=-0,14$ $p=0,24$
V.C. m.i.										

Taula 6. Matriu de coeficients de correlació amb el grup de dones ($n=31$). (En negreta els dats amb un valor de significació de $p<0,05$)

5. La correlació entre la VC m.i. i la VC m.s. és quasi nul·la. Aquest resultat podria explicar-se per la incidència del factor força en la realització de la prova de pedaleig. Aquest fet és avalat per l'alta correlació entre la FE m.i. i la VC m.i. ($r=0,74$; $p<0,001$) també constatat per Lehmann (1992). Sobre això, la diferència significativa que hi ha entre la VC m.i. d'homes i dones dona encara més suport a la importància de la incidència de la força en aquesta prova (taula 3).
6. En canvi, la diferència en la VC m.s. entre homes i dones no és significativa, la qual cosa suggereix que aquest test és més vàlid que el de VC m.i. per al mesurament de la velocitat cíclica de moviment, ja que depèn en menor grau del component de força muscular.

Conclusions

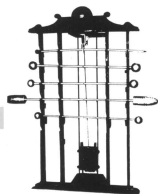
1. Aquests resultats confirmen l'escassa o nul·la correlació entre la VR i la VM. Aquesta baixa correlació també s'observa en comparar la VR amb moviments cíclics realitzats a gran velocitat (VC). Si tenim en compte que la VR és determinada en gran mesura per la velocitat de conducció nerviosa (VCN), es pot dir que aquesta no constitueix a priori un factor determinant de la VC. Això concorda amb els resultats d'altres estudis que han constatat que sempre que la VCN es troba dins d'uns valors normals (no patològics) no constitueix un factor limitant de la VC (Lehmann, 1992; Voss i Kreuse, 1992; Korth i Wittenkopf, 1988). En conseqüència, els factors limi-

tants de la VC s'haurien de buscar tant a nivell del sistema nerviós central, més concretament, de l'anomena *pace-maker* localitzat al tronc cerebral (Lehmann, 1992), com a altres nivells: coordinació inter o intramuscular, mecanismes de *biofeed-back* de les cèl·lules de Renshaw, nivells de força, etc. Sobre això seria interessant comparar la VC m.s. amb la VC m.i. utilitzant tests de característiques similars, ja que aquesta comparació permetria diferenciar la influència de factors centrals (*pace-maker*) en relació amb altres factors que intervenen en la realització de moviments ràpids. En el cas que els factors centrals tinguin una gran importància, hi hauria d'haver una alta correlació entre tots dos tests.

2. Contràriament al que semblava, i malgrat realitzar-la sense cap càrrega, la prova de freqüència màxima de pedaleig (VC m.i.) és determinada en un alt grau pel nivell de força de membres inferiors (FE m.i.). Per aquest motiu no és convenient utilitzar aquesta prova per a la valoració de la VC m.i. en edats primerenques. Per tant cal dissenyar proves per valorar la VC en les quals l'amplitud i la durada del moviment siguin mínims. L'escola alemanya proposa mesurar la VC m.i. mitjançant un test de *plate tapping* podal alternatiu que compleix els requisits comentats i que minimitza la influència del factor força en la realització de la prova.
3. D'acord amb l'anterior, és lògica, per tant, la diferència significativa entre homes i dones trobada en la prova de VC m.i. Aquesta diferència no arriba a ser significativa en el test de VC m.s. Aquestes dades semblen indicar que la

capacitat d'homes i dones per realitzar moviments cíclics a màxima velocitat serà més semblant com menor sigui la incidència de la força en la realització del moviment.

4. La importància del factor força en la realització de moviments ràpids és major com major és la càrrega a mobilitzar o la massa muscular involucrada. Segons les dades del nostre estudi, sembla que quan la massa muscular a mobilitzar és important (membres inferiors) no cal que la resistència a vèncer sigui alta perquè la velocitat de moviment depèn ja en gran mesura de la força muscular. Sobre això seria interessant fer una prova de força explosiva de membres superiors i relacionar-la amb els resultats de les altres proves per tal d'analitzar la importància de factors centrals i locals en la realització de moviments ràpids.
5. De totes les proves proposades, la mesura del temps de contacte o la potència (W/kg) al *drop jump* podria ser un excel·lent indicatiu de la capacitat potencial de rendiment de joves esportistes en les especialitats que requereixin la manifestació de moviments ràpids i explosius i el desplaçament de pes corporal (Bosco, 1994).
6. La utilització de proves de VC per a la selecció de talents esportius s'ha de fer amb molta cura a causa de la baixa correlació que hi ha entre els diversos tests. Creiem que aquesta capacitat depèn molt de factors específics al tipus de moviment requerit i, a més, aquests factors es poden millorar considerablement mitjançant l'entrenament, ja que afecten paràmetres de coordinació inter i intramuscular.



Pràcticament tots els gestos esportius de caràcter cíclic que requereixen velocitats d'execució altes utilitzen moviments amplis i que afecten grans grups musculars, per la qual cosa depenen en gran mesura de factors coordinatius i de la potència muscular del subjecte. En aquesta mena de moviments, la importància del *pace-maker* cerebral es veuria, suposadament, molt reduïda, per la qual cosa un test de VC no específic i amb moviments molt curts, en el qual es pretén mesurar aquesta capacitat, no seria apropiat, a priori, per a la predicció del futur rendiment esportiu. Tanmateix, seria convenient dissenyar tests de VC d'aquestes característiques per poder comprovar aquesta hipòtesi.

En conclusió, si decidim utilitzar alguna prova de VC per predir el rendiment de joves esportistes hauríem de tenir en compte que el test reproduís al màxim possible el moviment de competició per tal que garantís la utilització de les mateixes unitats motores i poder valorar aspectes coordinatius específics. És aconsellable, a més, que els tests es passin després de diversos mesos d'entrenament en què s'hagi aconseguit ja un bon domini del gest tècnic i que es permeti també un ampli període per a l'aprenentatge específic del test.

Bibliografia

- 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., 1953, 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 linemen*. J. Sports Med. and Physical Fitness, Des., 1986, pp: 398-405.
- HARBIN, G.; DURST, L.; HARBIN, D. (1989). *Evaluation of oculomotor response in relationship to sports performance*. Med. Sci. Sports Exerc., 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 Aktionsschnelligkeit 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.; WITTEKOPF, G. (1988). *Zur motorischen Leitzgeschwindigkeit 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, tom 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, Set., 1982.
- VOSS, G.; KREUSE, Th. (1991). *Zu den Beziehungen zwischen elementaren Bewegungsprogramme als einem Ausdruck der Schnelligkeit und grunlegenden 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.
- WITTEKOPF, G.; BEYER, L. (1987). *Neurophysiologische Aspekte des motorischen Lernen*. Medizin und Sport, 27, 1987, 8, pp: 227-230.
- YOUNG, L.A. (1959). *A comparison of reaction time and movement times of women athletes and non athletes*. Research Quarterly, 30, 1959, pp: 349-355.