

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

## Capacidad predictiva de los parámetros antropométricos y de maduración sobre el rendimiento de adolescentes noveles en remo-ergómetro

Francis E. Holway<sup>a,\*</sup> y Guillermo Guerci<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Medicina Aplicada a los Deportes, Club Atlético River Plate, Buenos Aires, Argentina

<sup>b</sup>Club Náutico Zárate, Rivadavia y Río Paraná, Zárate, Provincia de Buenos Aires, Argentina

Recibido el 2 de agosto de 2011; aceptado el 19 de diciembre de 2011

### PALABRAS CLAVE

Remo;  
Cineantropometría;  
Maduración;  
Detección de talentos;  
Alometría;  
Deporte juvenil

### KEYWORDS

Rowing;  
Kinanthropometry;  
Maturation;  
Talent identification;  
Allometry;  
Youth sport

**Resum** Nuestro objetivo fue establecer qué parámetros antropométricos y de maduración se correlacionan con el rendimiento en remo-ergómetro en una muestra de 114 adolescentes de ambos sexos sin experiencia previa en remo. Los resultados muestran una gran correlación entre masa corporal y rendimiento, aunque esta correlación disminuyó cuando la masa corporal se ajustó para compensar la mayor resistencia del lastre. La estatura, la longitud de piernas y la envergadura de brazos se correlacionaron moderadamente tras el ajuste de la masa corporal en los varones, pero no en las niñas. La compensación de la maduración antropométrica mostró una gran correlación con el rendimiento, pero disminuyó tras aplicar el ajuste por talla. La predicción de la estatura adulta reveló que pocos de estos adolescentes alcanzarían la estatura de los deportistas de élite de remo de peso libre.

© 2011 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

### Predictive ability of anthropometry and maturation parameters on rowing ergometer performance in inexperienced adolescents

**Abstract** We aimed to establish which anthropometric and maturity offset parameters correlate with rowing ergometer performance in a sample of 114 adolescent, rowing-inexperienced boys and girls. Results showed high correlations between body mass and performance, but these reduced when body mass was scaled to account for increased on-water drag resistance. Height, leg length and arm span remained moderately correlated after size-adjustment in boys, but not in girls. Anthropometric maturity offset showed a high correlation with performance, but decreased with size-adjustment. Final

\*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: fholway@hotmail.com (F.E. Holway).

height estimation revealed that few of these adolescents would reach the height of elite open-weight competitors.  
 © 2011 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

## Introducción

A nivel de élite, la biomecánica del remo impone presiones de selección sobre los individuos, de forma que el campo de competición en los Juegos Olímpicos está formado por atletas de gran estatura y extremidades largas, masa muscular por encima de la media y escasa masa adiposa<sup>1</sup>. Los programas científicos de identificación de talentos en remo buscan adolescentes primerizos que posean estas características antropométricas distintivas<sup>2</sup>. Además, en remo, estos programas generalmente realizan un test en remo-ergómetro, consistente en pruebas de rendimiento máximo en 500, 1.000, 2.000 y/o 6.000 m<sup>4</sup>. Se ha demostrado que el rendimiento en remo-ergómetro no solo tiene escasa correlación con el rendimiento en el agua<sup>6</sup>, sino que también es una prueba de esfuerzo que tiene uno de los menores coeficientes de variación test-retest<sup>7</sup>. Referente a esta prueba hay que hacer la salvedad que no tiene en cuenta la resistencia al agua generada por individuos más fuertes, a no ser que se calcule un factor de corrección<sup>6,8</sup>. Es probable que una gran masa muscular y corporal beneficie al ergómetro, pero dificultará el rendimiento en el agua al aumentar las fuerzas de lastre producidas por el aumento de la superficie del casco de la embarcación en el agua<sup>5</sup>. Otros dos aspectos importantes en los protocolos de identificación de talentos en remo son la experiencia previa en remo y el momento de maduración. Claessens et al.<sup>9</sup> no hallaron ningún efecto del entrenamiento en remo sobre la edad de la menarquía en un campeonato mundial júnior, pero no conocemos ningún trabajo sobre test juvenil de remo-ergómetro que haya medido la etapa de maduración como un factor que influya en el rendimiento. El estado de maduración de la adolescencia temprana puede afectar al rendimiento de tal forma que puede conducir a falsas inferencias sobre el rendimiento adulto<sup>10</sup>. Aunque la valoración estándar de la maduración incluye rayos X de la muñeca o caracterización visual de los genitales, se ha desarrollado y validado una nueva estrategia antropométrica con este objetivo<sup>11</sup>. Este enfoque también permite la estimación de la talla adulta, importante en el remo<sup>12</sup>.

Nuestro objetivo específico es valorar la correlación de las variables antropométricas y el estado de maduración con el tiempo de rendimiento absoluto y con corrección del peso en una prueba de 800 m en remo-ergómetro en adolescentes sin experiencia previa en remo. También queremos determinar la proporción de adolescentes participantes que logran alcanzar la estatura de los remeros olímpicos, basándonos en cálculos estimados de estatura de adultos.

## Métodos

### Muestra

Cincuenta y ocho chicas y 56 chicos adolescentes, sin experiencia previa en remo, que asistían a escuelas públicas y

privadas de la ciudad de Zárate (Argentina) fueron evaluados durante una competición en remo-ergómetro organizada por un club local de remo. El Club Náutico Zárate celebra esta competición anualmente, invitando a todos los escolares del vecindario sin experiencia en remo como forma de despertar su interés por él. Todos los participantes y sus padres o tutores fueron informados sobre el propósito y las mediciones del estudio, y los que estuvieron de acuerdo en participar firmaron un consentimiento informado. Como requisito previo para competir en esta prueba era preciso el certificado médico de buena salud. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Departamento Médico del Club Atlético River Plate. El estado de crecimiento y de nutrición de la muestra que participaba en el estudio fue valorado con los índices antropométricos estatura por edad (*height-for-age*, HAZ) y peso por edad (*weight-for-age*, WAZ) del Centro Nacional de Estadísticas de Salud (*National Center for Health Statistics*, NCHS) de la Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>13</sup>, y con secciones transversales del músculo y de la grasa del brazo, ajustadas a la edad, según Frisancho<sup>14</sup>.

### Recogida de datos

Un grupo de antropometristas entrenados de los niveles 2 y 3 de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (*International Society for the Advancement of Kinanthropometry*, ISAK) marcaron y tomaron medidas de 6 variables antropométricas, siguiendo el protocolo ISAK<sup>15</sup>. Se registró la masa corporal con una báscula electrónica portátil A&D (A&D, Japón); la talla, la talla sentado y la envergadura de brazos, con un estadiómetro de pared desmontable, de papel milimetrado y un cajón antropométrico sólido de madera de 50 cm (para la talla sentado); la circunferencia del brazo relajado, con cinta métrica metálica inextensible Lufkin WP606 (Rosscraft, Canadá), y el pliegue cutáneo del tríceps con compás de pliegues cutáneos Harpenden (Batty, Reino Unido). La longitud de piernas se calculó como talla de pie menos talla sentado; los índices de talla sentado y envergadura de brazos, como talla sentado y envergadura de brazos por estatura, expresados en porcentajes; la adaptación de la maduración (diferencia en años desde el pico máximo de crecimiento o *peak height velocity*, PHV) y la edad del pico de crecimiento, medida con las ecuaciones de Mirwald et al.<sup>16</sup>; y la estatura adulta estimada, con el método de Sherar et al.<sup>12</sup>. Las zonas de solapamiento (*overlap zones*, OZ) se calcularon con el método sugerido por Norton et al.<sup>16</sup> para la estatura final estimada de los adolescentes, comparada con la media y la desviación estándar de las estaturas de remeros olímpicos masculinos y femeninos de categoría ligera, y abierta, según datos de los Juegos Olímpicos de Sidney de 2000<sup>1</sup>. La zona de solapamiento, expresada como porcentaje, indica qué proporción de una muestra de población normal cae dentro de la distribución gaussiana de una muestra de deportistas de elite en una variable específica, en este caso la estatura. Tras las medi-

**Tabla 1** Características descriptivas de los sujetos y coeficientes de correlación de las variables con tiempo y tiempo corregido

Variable	Chicas (n = 58)			Chicos (n = 56)		
	Media ± DE	Tiempo (s)	C. tiempo (s)	Media ± DE	Tiempo (s)	C. tiempo (s)
		R	r		r	R
Tiempo (s)	228,7 ± 18,1	1		193,5 ± 14,1	1	
Tiempo corregido (s)	191,1 ± 12,6	0,913 <sup>a</sup>		166,2 ± 9,8	0,865 <sup>a</sup>	
Edad (años)	14,0 ± 1,1	-0,219	-0,060	14,8 ± 1,2	-0,303 <sup>a</sup>	-0,257
Peso (kg)	55,6 ± 9,8	-0,555 <sup>a</sup>	-0,076	62,7 ± 10,2	-0,591 <sup>a</sup>	-0,119
Talla (cm)	158,7 ± 6,5	-0,590 <sup>a</sup>	-0,304 <sup>a</sup>	167,5 ± 7,3	-0,647 <sup>a</sup>	-0,467 <sup>a</sup>
Talla sentado (cm)	84,1 ± 4,1	-0,615 <sup>a</sup>	-0,274 <sup>a</sup>	88,3 ± 4,5	-0,582 <sup>a</sup>	-0,356 <sup>a</sup>
Longitud piernas (cm)	74,5 ± 3,7	-0,351 <sup>a</sup>	-0,228	79,2 ± 4,8	-0,436 <sup>a</sup>	-0,374 <sup>a</sup>
Envergadura brazos (cm)	161,4 ± 6,9	-0,516 <sup>a</sup>	-0,262 <sup>a</sup>	171,7 ± 7,9	-0,640 <sup>a</sup>	-0,488 <sup>a</sup>
Perímetro brazos (cm)	25,9 ± 2,8	-0,541 <sup>a</sup>	-0,112	27,2 ± 3,0	-0,423 <sup>a</sup>	0,033
Pliegue tríceps (mm)	16,2 ± 4,6	-0,269 <sup>a</sup>	0,110	10,4 ± 4,7	0,001	0,330 <sup>a</sup>
Log pliegue tríceps (mm)	2,74 ± 0,28	-0,264 <sup>a</sup>	0,122	2,25 ± 0,40	-0,036	0,295 <sup>a</sup>
Talla sentado/Talla (%)	53,0 ± 1,4	-0,231	-0,038	52,7 ± 1,7	-0,058	0,059
Envergadura brazo/talla (%)	101,7 ± 1,9	0,125	0,069	102,5 ± 2,0	-0,052	-0,102
Área muscular brazo (cm <sup>2</sup> )	34,6 ± 5,9	-0,636 <sup>a</sup>	-0,263 <sup>a</sup>	46,2 ± 9,4	-0,505 <sup>a</sup>	-0,155
Estatura-edad Z-score	-0,1 ± 0,9			0,0 ± 1,0		
Peso-edad Z-score	0,4 ± 0,8			0,6 ± 1,0		
Madurez (años PHV)	1,6 ± 0,9	-0,501 <sup>a</sup>	-0,185	1,0 ± 1,1	-0,548 <sup>a</sup>	-0,343 <sup>a</sup>
Edad-PHV (años)	12,4 ± 0,6			13,8 ± 0,7		
Estimación estatura adulto (cm)	163,9 ± 4,9			177,0 ± 6,1		

<sup>a</sup>La correlación es significativa a nivel de 0,05 (a 2-colas).

PHV: *peak high velocity*, pico máximo de crecimiento.

ciones antropométricas, los sujetos participaron en una prueba de esfuerzo máximo de 800 m en un remo-ergómetro Concept II, modelo C (Concept, USA). Unos entrenadores de remo ofrecieron una breve explicación de la prueba y del funcionamiento del remo-ergómetro y una breve prueba de un minuto para garantizar la técnica adecuada. Los ergómetros se ajustaron con un factor de lastre para principiantes de 95-105. La decisión sobre la distancia se tomó para adaptar a los recién llegados júnior a la experiencia de remo, por lo que la prueba no es ni excesivamente larga, como para provocar fatiga, ni demasiado corta, como para solicitar casi exclusivamente al metabolismo anaeróbico. Cada prueba fue cronometrada con cronómetros Casio (Casio, Japón) por entrenadores de remo que también se encargaron de animar durante la prueba y supervisarla. Las pruebas fueron realizadas simultáneamente en 20 remo-ergómetros Concept II, dentro de una gran instalación cubierta en los terrenos del club. El tiempo de rendimiento en segundos se corrigió según el peso con el algoritmo sugerido por el fabricante<sup>8</sup>:

$$\text{Peso corregido (Wf)} = \left( \frac{\text{Peso en kg} \times 2,21}{270} \right)^{3,222}$$

Tiempo corregido (s) = peso corregido (Wf) × tiempo real (s)

### Análisis de datos

Se analizaron los valores extremos, la normalidad y homogeneidad de varianza de los datos con inspección visual de

diagramas de cajas y gráficos Q-Q, y con los test de Shapiro-Wilk y Levene, utilizando el software SPSS, versión 17.0 (Chicago, IL). Se eliminaron 5 casos de la muestra original por falta de información y/o por tener valores improbables, y se normalizaron los pliegues cutáneos del tríceps mediante transformación logarítmica. Se calcularon estadísticas descriptivas (media, desviación estándar), se analizaron las diferencias entre géneros con el t-test de muestras independientes, y se realizó análisis de correlación y regresión lineal (utilizando el método «enter») entre tiempos de rendimiento (variables dependientes) y estado antropométrico y de maduración (variables independientes). La significación estadística se estableció en  $p < 0,05$ , y los coeficientes de correlación se clasificaron como trivial ( $< 0,1$ ), pequeño ( $< 0,3$ ), moderado (0,3-0,5), grande (0,5-0,7), muy grande (0,7-0,9) y casi perfecto ( $> 0,9$ ), según Hopkins<sup>17</sup>.

### Resultados

Esta muestra de adolescentes tenía índices antropométricos nutricionales y de crecimiento considerados normales en comparación con una referencia internacional sana (muestra CNES-OMS 1977)<sup>13</sup> (tabla 1). Solo una chica (2%) y 4 chicos (7%) tenían áreas musculares del brazo por debajo del tope del quinto percentil establecido por Frisancho<sup>14</sup>, y 49 chicas (86%) y 37 chicos (67%) fueron clasificados como normales, situados entre los percentiles 15 y 85. Tres chicas (5%) y 4 chicos (7%) tenían un área de grasa del brazo por encima del percentil 90 de su edad.

**Tabla 2** Estatura de remeros olímpicos y predicción de estatura final de la muestra de Zárate

Grupo	Mujeres		Hombres	
	n	Media ± DE	n	Media ± DE
Remeros de elite peso ligero	14	169,7 ± 5,3	56	182,4 ± 3,6
Remeros de elite categoría abierta	73	180,6 ± 4,6	153	192,8 ± 5,5
Estatura final estimada muestra Zárate	58	163,9 ± 4,9	56	177,0 ± 6,1

Por término medio las chicas eran más jóvenes en edad cronológica que los chicos, pero eran más maduras ( $p < 0,05$ ) (tabla 1). La edad media estimada en el PHV (*peak high velocity*) en chicas y chicos coincide con las expectativas normales<sup>13</sup>. En los chicos, 9 (16%) fueron clasificados como precoces, 44 (79%) como en la media, y 3 (5%) como de maduración tardía. No fue clasificada ninguna chica como precoz, 52 (90%) lo fueron en la media, y 6 (10%) como de maduración tardía.

La predicción de la estatura adulta arrojó estaturas medias ligeramente superiores a las de una muestra de referencia de adultos argentinos, Argoref (<http://www.nutrinfo.com/pagina/info/argoref.pdf>), de 161,1 ± 6,7 y 175,4 ± 7,3 cm en mujeres y hombres respectivamente, pero inferiores a las de los remeros de elite de peso ligero y pesado de una Olimpiada<sup>1</sup> (tabla 2). Las zonas de solapamiento de la estatura fueron similares en chicos y chicas al contrastarlas con remeros de elite de peso ligero, pero menores en las chicas al contrastarlas con remeros de elite de categoría abierta (fig. 1 A y B).

En las chicas, el tiempo de rendimiento no corregido mostró una amplia correlación negativa con el peso, la altura, la altura sentado, la envergadura de brazos, el perímetro del brazo, el área muscular del brazo y el ajuste de maduración; una moderada correlación negativa con la longitud de las piernas, y una pequeña correlación negativa con el logaritmo del pliegue cutáneo del tríceps (tabla 1). Tras ajustar el tiempo de rendimiento a la masa corporal,

descendió la fuerza de la mayoría de las correlaciones, dejando una moderada correlación negativa de la altura, pequeñas correlaciones negativas de la altura sentado, la envergadura de brazos y el área muscular del brazo, y asociaciones triviales con las restantes variables.

En los chicos, el tiempo de rendimiento sin corregir mostró grandes correlaciones negativas con el peso, la altura, la altura sentado, la envergadura de brazos, el área muscular del brazo y el ajuste de la maduración; correlaciones negativas moderadas con la edad, la longitud de piernas y la circunferencia del brazo, y correlaciones triviales con los índices del pliegue cutáneo del tríceps, talla sentado/talla y envergadura de brazos/talla (tabla 1). Tras ajustar el tiempo de rendimiento de la masa corporal, otra vez descendió la fuerza de las correlaciones, dejando correlaciones negativas moderadas de la altura, la altura sentado, la longitud de piernas, el ajuste de maduración, y una moderada correlación positiva con el pliegue cutáneo del tríceps; se hallaron pequeñas correlaciones negativas con la edad, el peso, el índice de la envergadura de brazos/talla y el área muscular del brazo; y correlaciones triviales con la circunferencia del brazo y el índice de talla sentado/talla.

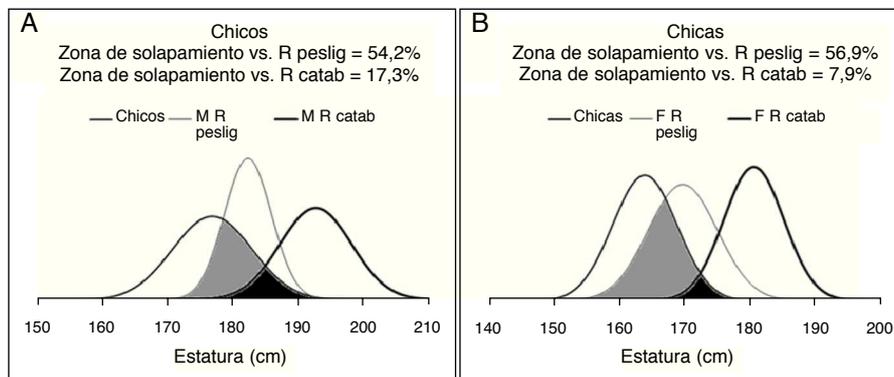
Debido a las escasas correlaciones en las chicas, no se intentó un modelo de regresión, y en los chicos se extrajo el siguiente modelo:

$$\text{Tiempo de rendimiento corregido (s)} = 270,3 - 0,606 \times \text{envergadura de brazos (cm)}$$

$$r = 0,488; p < 0,001; R^2 = 0,224; \text{SEE} = 8,6$$

**Discusión**

Muchos artículos que tratan de pruebas de identificación de talentos, relacionadas con el rendimiento, generalmente informan que los sujetos preseleccionados constituyen la elite de su deporte juvenil<sup>3,6,18-19</sup>. De entrada cabe esperar que las muestras de elite estén en unas condiciones de crecimiento y nutricionales adecuadas o superiores. Cuando se trata de muestras no pertenecientes a la elite y no seleccionadas previamente, como es nuestro caso, es importante señalar su estado de crecimiento y nutricional, puesto que estos factores pueden influir en los resultados. Estos adolescentes eran normales en estatura y peso en compa-



**Figura 1** A y B) Zonas de solapamiento (%) entre la estatura final estimada de los chicos y chicas de Zárate y la de los remeros olímpicos de peso ligero (R peslig) y de categoría abierta (R catab). De Kerr et al.<sup>1</sup>.

ración con una población internacional de referencia<sup>13</sup>, y también en las áreas muscular y grasa del brazo<sup>14</sup>, sin que mostraran ninguna evidencia de prevalencia de obesidad o desnutrición. Por consiguiente, podemos deducir que los resultados no se vieron influidos por un estado nutricional o de crecimiento inadecuado.

El estado de maduración de esta muestra, valorado con el método antropométrico diseñado por Mirwald et al.<sup>11</sup>, también es normal y conforme a las expectativas. A pesar de que es lógico esperar que las diferencias étnicas afecten el cálculo de madurez, hasta que se lleve a cabo un estudio de validación con una muestra de población local, se utilizarán las ecuaciones actuales. La prevalencia de chicos de maduración precoz, media y retardada en esta muestra es normal, pero fue interesante descubrir que no había chicas de maduración precoz. Esto podría ser circunstancial, debido al pequeño tamaño de la muestra, o debido a diferencias étnicas que pueden afectar al índice de madurez antropométrica. Lamentablemente no se registró el estado de menarquía de las chicas, puesto que esta información hubiera sido de utilidad para determinar con exactitud la madurez.

El método de predicción de estatura final, de Sherar et al.<sup>12</sup>, es un desarrollo reciente que tiene en cuenta el ajuste de la maduración de los sujetos. Este procedimiento ayuda a reducir el error de estimación debido a diferentes tiempos de maduración en los adolescentes. Los resultados coinciden con las expectativas: las estaturas finales estimadas de chicas y chicos son solo ligeramente superiores a las de una muestra sana de hombres y mujeres normales de 20 a 30 años (<http://www.nutrinform.com/pagina/info/argoref.pdf>). Sin embargo, una estatura por encima de la media es un requisito indispensable en el remo de elite de peso ligero y una condición sine qua non en el remo de elite de la categoría abierta<sup>1,22</sup> (tabla 2). El pequeño coeficiente de variación en la estatura de los remeros olímpicos también habla elocuentemente de las presiones de selección que imponen las demandas de homogeneidad estructural sobre sus deportistas de elite<sup>1</sup>. Por lo tanto, por lo que respecta a la identificación de talentos para el remo, la predicción acertada de la estatura final podría ser una variable más importante que el rendimiento real en remo-ergómetro.

Existen grandes correlaciones directas en tiempo de rendimiento en remo-ergómetro con el peso, tanto en chicas como en chicos, como han hallado otros investigadores; Mikulic y Ruzic<sup>18</sup> hallaron una correlación de  $-0,79$  entre una prueba de 1.000 m en remo-ergómetro y la masa corporal en 48 sujetos masculinos de 12,0-13,9 años de edad de clubes de remo de Zagreb con 6 meses de entrenamiento; Nevill et al.<sup>6</sup> llegaron a  $-0,68$  en 49 atletas júnior de elite de  $16,7 \pm 0,5$  años de edad en Gran Bretaña; en Australia, Russell et al.<sup>3</sup>, utilizando una prueba más larga, de 2.000 m en remo-ergómetro con 19 remeros escolares de elite, encontraron una correlación de  $-0,41$ ; Yoshiga y Higuchi<sup>19</sup>, en Japón, al medir a 71 chicas y 120 chicos de edades entre 18 y 24 años con un test de 2.000 m en remo-ergómetro encontraron una correlación de  $-0,85$ . Las diferencias en los resultados de estos autores pueden ser debidas a diferencias de tamaño de las muestras, género, edad, etnia, talla y experiencia en remo; sin embargo, todas las correlaciones informadas son de moderadas a muy grandes en los tiempos de rendimiento en relación con la

masa corporal. Es muy probable que una mayor masa corporal vaya asociada a una mayor masa muscular de los deportistas, y/o una mayor estatura, que se traducirá en mayor potencia en el test de ergómetro, especialmente en distancias más cortas<sup>5</sup>. Yoshiga y Higuchi informaron de una correlación aún mayor, de  $-0,91$ , con la masa libre de grasa<sup>19</sup>, y Cosgrove et al.<sup>20</sup>, en Escocia, al aplicar los tests a jóvenes adultos masculinos de un club de remo hallaron una correlación aún mayor con la masa libre de grasa. Lamentablemente la mayoría de estudios sobre jóvenes no han medido o no informan sobre datos de composición corporal, ni tampoco pudimos hacerlo nosotros en nuestro estudio. Si utilizamos el área muscular del brazo como sustituto de la masa corporal magra, sabiendo que puede no reflejar la masa muscular corporal total, la correlación mejora de  $-0,555$  a  $-0,636$  en las chicas, pero no en los chicos (tabla 1). Puesto que las chicas tienden a tener más grasa corporal, como en esta muestra ( $p < 0,05$ ), es razonable esperar un valor de correlación mejor con el tiempo de rendimiento cuando se valora la masa magra. También hubo grandes correlaciones en ambos sexos por el tiempo de rendimiento corregido y estatura y longitud de segmentos, pero esto también podría ser debido a que los individuos mayores también eran más maduros. El ajuste de la maduración tuvo una gran correlación con el tiempo de rendimiento en las chicas (tabla 1), lo que significa que es muy probable que las variables de tamaño durante el crecimiento adolescente, que afectan al tiempo de rendimiento en un remo-ergómetro, se vean influidas por el estado de maduración. Este es un factor importante a tener en cuenta en los programas de identificación de talentos con deportistas adolescentes, porque puede llevar a un análisis falso de potenciales futuros deportistas de elite<sup>10</sup>.

La competición real de remo en los Juegos Olímpicos tiene lugar en el agua, donde la superficie del casco de la embarcación, que aumenta más cuanto más pesado es el individuo que se sienta en ella, actúa como fuerza de lastre en la propulsión hacia delante<sup>6</sup>. Como señalan Nevill et al.<sup>6</sup>, los remeros de categoría abierta superan en rendimiento a sus colegas de peso ligero en un 7,4% en la prueba de remo-ergómetro de 2.000 m, pero son solo un 2,5% mejor remando la misma distancia en el agua. Los fabricantes del remo-ergómetro Concept II han sugerido elevar la masa corporal a la potencia de 0,222 para compensar este efecto<sup>8</sup>, y Nevill et al. también han desarrollado un algoritmo de escalamiento alométrico comparable de 0,230<sup>6</sup>. Cuando aplicamos el factor de corrección de masa corporal del fabricante, todas las correlaciones se debilitaron (tabla 1): el peso ya no tenía un efecto importante sobre el rendimiento de chicas y chicos, y la estatura y la longitud de los segmentos corporales mostraban pequeñas correlaciones en ambos sexos. El ajuste de la maduración dejó de ser un factor importante tras esta corrección del peso de las chicas, y perdió fuerza como predictor del rendimiento de los chicos (tabla 1), lo cual resultaba interesante. Esto significa que ahora solo el 11,8% de la varianza en rendimiento de los chicos es explicable por la maduración, mucho menos que el 30,0% anterior a la corrección de la masa corporal. Una explicación posible sería que la masa corporal es un factor importante en el cálculo del ajuste de la maduración<sup>11</sup>, puesto que el proceso de maduración física va acompañado de un aumento de talla y de

masa corporal. Se generó una ecuación de regresión en los chicos utilizando la envergadura del brazo como única variable de predicción. Esta ecuación explica el 22,4% de la varianza en el tiempo de rendimiento corregido en chicos, lo cual no es mucho. Además, la envergadura de brazos está estrechamente relacionada con la estatura, por lo que la utilización de las 2 variables podría intercambiarse en estos sujetos. No se generó ninguna ecuación en las chicas, porque las correlaciones de variables antropométricas con tiempo de rendimiento corregido eran pequeñas o triviales. Además, también es interesante mencionar que ninguno de los índices de proporcionalidad, talla sentado/talla, ni envergadura de brazos/estatura se correlacionaba bien con el rendimiento. Supuestamente, tener piernas y brazos relativamente más largos respecto a la estatura es una ventaja en remo<sup>21</sup>, pero esto no fue un factor importante en esta muestra de remeros adolescentes noveles.

En conclusión, en esta muestra de adolescentes sin experiencia en remo, el rendimiento en remo-ergómetro se relacionó positivamente con la talla, pero estas asociaciones se reducían al ajustarlas a la talla, destacando la importante aplicación práctica de las estrategias de normalización de la talla, especialmente en remo, donde la masa corporal es soportada por el casco de la embarcación. Aunque la estatura es un factor importante en la identificación de talentos en remo, juegan un papel esencial otros factores importantes, como polimorfismos genéticos que mejoran el rendimiento<sup>22-23</sup> y deben ser tenidos en cuenta, cuando las circunstancias lo permitan. Este estudio también mostró que la evaluación antropométrica del estado de maduración puede servir de ayuda para evaluar el rendimiento y predecir la estatura adulta de los adolescentes.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Agradecimientos

Los autores quieren agradecer el apoyo de Luis Seveso, Horacio Cavalliere y Eduardo Bergondo, del Departamento Médico de River Plate; Francisco Pfaab y Marcelo Canedo, de la Federación de Remo Argentina, así como de los antropometristas que han participado: Jean-Paul Lenoir, Valeria Casini, Romina Garavaglia, Mauro Merayo, Marcelo Pudelka, Ana Peretti y Liliana Bardi.

## Bibliografía

- Kerr DA, Ross WD, Norton K, Hume P, Kagawa M, Ackland TR. Olympic lightweight and open-class rowers possess distinctive physical and proportionality characteristics. *J Sports Sci.* 2007;25:43-53.
- Hahn A. Identification and selection of talent in Australian rowing. *Excel.* 1990;6:5-11.
- Russell AP, Le Rossignol PF, Sparrow WA. Prediction of elite schoolboy 2000 m rowing ergometer performance from metabolic, anthropometric and strength variables. *J Sports Sci.* 1998;16:749-54.
- Hahn A, Bourdon P, Tanner R. Protocols for the physiological assessment of rowers. En: Gore CJ, editor. *Physiological tests for elite athletes.* Australian Sports Commission. Chicago, IL: Human Kinetics; 2000. p. 311-26.
- Seiler S. Elite ergometer performance analysis. Gender, bodyweight, and on-water performance comparisons. *Rowing physiology and performance* [consultado 18 Jul 2009]. Disponible en: <http://home.hia.no/~stephens/eliteerg.htm>
- Nevill AM, Beech C, Holder RL, Wyon M. Scaling concept II rowing ergometer performance for differences in body mass to better reflect rowing in water. *Scan J Med Sci Sports.* 2009 [epub ahead of print].
- Shabot EJ, Hawley JA, Hopkins WG, Blum H. High reliability of performance of well-trained rowers on a rowing ergometer. *J Sports Sci.* 1999;17:627-32.
- Weight adjustment calculator [consultado 9 Jun 2009]. Disponible en: <http://www.concept2.com/us/interactive/calculators/weightadjustment.asp>
- Claessens AL, Bourgeois J, Beunen G, Philippaerts R, Thomis M, Lefevre J, et al. Age at menarche in relation to anthropometric characteristics, competition level and boat category in elite junior rowers. *Ann Hum Biol.* 2003;30:148-59.
- Rowland TW. Growth and exercise. En: Rowland TW, editor. *Children's exercise physiology.* 2nd ed. Chicago, IL: Human Kinetics; 2005. p. 21-41.
- Mirwald RL, Adam D, Baxter-Jones G, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:689-94.
- Sherar LB, Mirwald RL, Baxter-Jones AD, Faulkner RA. Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. *J Pediatr.* 2005;147:508-14.
- WHO Expert Committee. Adolescents. En: *Physical status: the use and interpretation of anthropometry.* Geneva: WHO Technical Report Series No 854; 1995. p. 263-311.
- Frisancho AR. Anthropometric standards. En: *Anthropometric assessment of growth and nutritional status.* Ann Arbor: University of Michigan Press; 1990. p. 37-118.
- ISAK International Standards for Anthropometric Assessment. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). Australia: Adelaide; 2001.
- Norton K, Olds T, Olive S, Craig N. Anthropometry and sports performance. En: Norton K, Olds T, editors. *Anthropometrica.* Sydney, Australia: University of South Wales Press; 1996. p. 287-364.
- Hopkins WG. A scale of magnitudes for effect statistics. A new view of statistics; 2002 [consultado 8 Jul 2009]. Disponible en: <http://www.sportsci.org/resource/stats/index.html>
- Mikulic P, Ruzic L. Predicting the 1000 m rowing ergometer performance in 12-13-year-old rowers: the basis for selection process? *J Sci Med Sport.* 2008;11:218-26.
- Yoshiga CC, Higuchi M. Rowing performance of female and male rowers. *Scand J Med Sci Sports.* 2003;13:317-21.
- Cosgrove MJ, Wilson J, Watt D, Grant SF. The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000 m ergometer test. *J Sports Sci.* 1999;17:842-5.
- Ackland TR, de Ridder JH. Proportionality. En: Ackland TR, Elliott BC, Bloomfield J, editors. *Applied anatomy and biomechanics in sport.* Chicago, IL: Human Kinetics; 2009. p. 87-101.
- Ostrander EA, Huson HJ, Ostrander GK. Genetics of athletic performance. *Annu Rev Genomics Hum Genet.* 2009;10:407-29.
- Muniesa CA, Gonzalez-Freire M, Santiago C, Lao JI, Buxens A, Rubio JC, et al. World-class performance in lightweight rowing: is it genetically influenced? A comparison with cyclists, runners and non-athletes. *Br J Sports Med.* 2010;44:898-901.