

DIMORFISMO SEXUAL DE LA FUERZA DE LA MANO IZQUIERDA Y ALGUNAS CARACTERÍSTICAS SOMÁTICAS EN ESTUDIANTES DE 9 A 17 AÑOS DE EDAD EN MÉRIDA, YUCATÁN

Graciela Valentín, Armando Rojas y Ligia Uc

Departamento de Ecología Humana del CINVESTAV-Mérida

RESUMEN

Se ha reportado que la fuerza de la mano (F) está correlacionada con diferentes características somáticas, se incrementa con la edad, presenta dimorfismo sexual, a medida que disminuye aumentan las complicaciones en la salud y, además, se utiliza como un indicador del estado nutricional. Los objetivos de este artículo son: 1) identificar la edad a la que se presenta el dimorfismo sexual de la fuerza de la mano izquierda (FMI), y 2) reportar su relación con algunos indicadores del estado biológico de una muestra de 357 hombres y 388 mujeres, de 9 a 17 años de edad, que participaron en un estudio transversal realizado en 2008-2009 en Mérida, Yucatán. Se midió FMI, peso (P), talla (T), circunferencia del brazo, pliegue tricipital (PT) y masa magra (MM); se calcularon el índice de masa corporal (IMC) y área muscular del brazo izquierdo (AMBI). El dimorfismo sexual de FMI se presentó a partir de los 13 años. En ambos sexos, la FMI se correlacionó de manera positiva y estadísticamente significativa ($p < .01$) con las cinco características somáticas, pero con diferente magnitud; en hombres: MM = .860, T = .843, AMBI = .828, P = .755 e IMC = .347 y en mujeres: MM = .802, P = .724, T = .710, AMBI = .663 e IMC = .493. Los incrementos de la FMI con la edad fueron similares a los de las cinco características somáticas.

El dimorfismo sexual de la fuerza de la mano izquierda se presentó a los 13 años de edad. Los hombres fueron más fuertes que las mujeres ($t = 8.13$, $p < .001$). Tanto en hombres como en mujeres el incremento de FMI fue mayor conforme aumentó la edad.

PALABRAS CLAVE: dimorfismo sexual, dinamometría, masa magra, IMC, fuerza de la mano.

ABSTRACT

It has been reported that hand's strength is linked to different somatic features, it shows sexual dimorphism, it increases with age, as it decreases there are health complications, and it is also used as an indicator of nutritional condition. The objectives of this study were to determine the age at which sexual dimorphism occurs in the left hand strength and report its relationship with some indicators of biological condition. During 2008-2009, a cross-sectional study was made with 357 men and 388 women, all 9 to 17 years old and students in Merida, Yucatan. Left hand strength (FMI), weight (P), height (T), arm circumference, triceps skinfold and lean body weight (MM) were measured; body mass index (IMC) and left arm muscle area (AMBI) were calculated. Sexual dimorphism of hand strength was shown from 13 years old. In both genders, FMI was related in a positive way ($p < .01$) to the five somatic characters but in a different magnitude; in men $MM = .86$, $T = .843$, $AMBI = .828$, $P = .755$ and $BMI = .347$ and in women: $MM = .802$, $P = .724$, $T = .71$, $AMBI = .663$ and $BMI = .493$. Increase in FMI was similar to the five somatic features with age.

KEYWORDS: sexual dimorphism, dynamometry, lean mass, body mass index, hand strength.

INTRODUCCIÓN

La fuerza de apretón de la mano, es decir, la fuerza de los músculos flexores de los dedos, es un índice de la funcionalidad de la extremidad superior y se mide mediante dinamometría (Barrionuevo *et al.* 2007); es una técnica barata, rápida y fácil de realizar, que sirve para detectar la pérdida de función muscular fisiológica (Mateo *et al.* 2008). Se puede usar como un indicador de salud general (Häger-Ross y Rösblad 2002; Newman *et al.* 1984; Klidjian *et al.* 1980) y del estado nutricional (Vaz *et al.* 1996; Mateo *et al.* 2008; Aguayo *et al.* 1994). Permite identificar el nivel de desarrollo y el grado de discapacidad de la mano de infantes, y es usada para planear sus evaluaciones y tratamientos (Häger-Ross y Rösblad 2002). Está correlacionada con el grado de madurez puberal (Bahamonde *et al.* 2008), talla (T), índice de masa corporal (IMC), masa magra (MM) (Sartorio *et al.* 2002), área muscular del brazo, entre otras características biológicas, además de modificarse con la edad, género (Marrodán *et al.* 2009) y tamaño del cuerpo, entre otros (Koley *et al.* 2008). La fuerza de la mano presenta dimorfismo sexual, los hombres son más fuertes que las mujeres (Mathiowetz *et al.* en Jürimäe *et al.* 2009; Newman *et al.* 1984), diferencia que se incrementa

después de la pubertad (Clerke *et al.* 2005; Henneberg *et al.* 2001; Newman *et al.* 1984). Otros investigadores mencionan que no existe tal diferencia antes de la pubertad (Jürimäe *et al.* 2008) y que hombres y mujeres son igual de fuertes durante la infancia (Häger-Ross y Rösblad 2002), o bien, que en la adolescencia ellos son más fuertes (Häger-Ross y Rösblad 2002; Marrodán *et al.* 2009).

Vaz *et al.* (1996) observaron que las personas con deficiencia crónica de energía tuvieron significativamente menor contracción voluntaria máxima (fuerza de apretón) que un grupo control bien alimentado y otro grupo con bajo peso. Por esta razón, proponen que la fuerza de apretón es útil para diferenciar el estado nutricional, en particular en las personas con bajo peso y en las que presentan desnutrición crónica de energía.

Serrano y López (2009) discuten que el ejercicio contra resistencia es la forma común para desarrollar la fuerza, pero que éste se ha desaconsejado en el pasado en niños prepuberales porque sus niveles de hormonas son bajos y, entonces, sus efectos serían mínimos, además que se pueden sufrir lesiones más fácilmente por la inmadurez del cuerpo. También indican que bajo una correcta supervisión y prescripción, el entrenamiento de fuerza es efectivo para la fuerza máxima, resistencia y potencia.

Aunque medir la fuerza de la mano es importante por su relación con el estado biológico de los individuos, en los últimos 20 años los estudios en niños y adolescentes son limitados (Marrodán *et al.* 2009). El tema se ha abordado desde hace tiempo y creemos que es importante conocer resultados de poblaciones mexicanas, por ello planteamos como objetivos: 1) saber a qué edad se presenta el dimorfismo sexual de la fuerza de la mano izquierda, y 2) cómo se relaciona esta última con algunos indicadores selectos del estado biológico de estudiantes de 9 a 17 años de edad en Mérida, Yucatán. Esto ayudará a ubicar de manera biológica a nuestra población regional infantil y juvenil frente a otras. Partimos de la hipótesis de que en todos los grupos de edad los hombres serían más fuertes que las mujeres y que la fuerza se relacionaría con las características somáticas estudiadas y, principalmente, con el área muscular del brazo.

MATERIAL Y MÉTODO

El estudio fue de tipo transversal, donde participaron voluntariamente 357 hombres y 388 mujeres de 9 a 17 años de edad, de escuelas públicas

y privadas de Mérida, Yucatán, durante el ciclo escolar 2008-2009. Por medio de una carta se explicó a los padres de los alumnos el objetivo, la mecánica e importancia de la investigación, documento que tuvo la aprobación de las autoridades educativas estatales y del Comité de Bioética para la Investigación en Seres Humanos del Cinvestav; además, se contó con el consentimiento informado de los padres de los estudiantes.

Las mediciones se realizaron del lado izquierdo del individuo siguiendo el criterio del International Biological Program (Weinery y Lourie 1981). Previo al trabajo de campo se realizaron prácticas de estandarización antropométrica entre los participantes, todos ellos entrenados en técnicas antropométricas y con experiencia de campo. Las mediciones se llevaron a cabo de 7:00 am hasta el inicio del recreo (9:30 am, aproximadamente); las mujeres portaron short y camiseta, y los hombres únicamente short, ambos descalzos y sin accesorios. Para conocer la fuerza máxima se debe utilizar un instrumento que mida la fuerza de manera estática y sin que el peso del cuerpo esté involucrado, el dinamómetro cubre este requerimiento. Nosotros usamos el de la marca *Takei Smedley III T-19* con precisión de 0.1 kg. La técnica empleada consiste en explicar detalladamente el ejercicio a la persona que se va a evaluar; ajustar el dinamómetro al tamaño de su mano. Esta persona, de pie y en posición de firmes, con el brazo extendido y paralelo al tronco, aprieta de manera continua y total la mano hasta que el dinamómetro no registra ningún cambio durante aproximadamente cinco segundos. Durante la prueba el sujeto no se agacha, dobla, ríe, no levanta la mano ni hace nada que pueda provocar un cambio en su posición original; al mismo tiempo el instructor estimula verbalmente al individuo para que ejecute su fuerza máxima de apretón. En algunos casos, cuando el ejercicio no se realiza correctamente, se repite.

La talla (T) se midió con un estadímetro marca *Seca* con precisión de 0.001 m con el individuo en posición de firmes y la cabeza en plano de Frankfurt (Faulhaber 1989) e inmediatamente después de una inhalación profunda. El peso corporal (P) se registró con una báscula digital marca *Seca* con 0.05 kg de precisión; el pliegue tricípital (PT) es la media resultante de tres mediciones con un calibrador Harpenden, con precisión de 0.2 mm en el punto medio entre el acromion y el olécranon. La circunferencia media del brazo (CMB) se tomó a la misma altura que el PT con una cinta de fibra de vidrio, marca *Gülick*, con precisión de 0.001 m. La masa magra (MM) se obtuvo con un bioanalizador marca *Bodystat 1500*

MDD. Posteriormente se calculó el IMC (peso en kg/(talla en m)²) y el AMBI (cm²). Baker *et al.* (en Frisancho 2008) asumieron que el brazo a nivel medio tiene forma cilíndrica y que la superficie de los tejidos óseo, muscular, adiposo y cutáneo están distribuidos de forma concéntrica; bajo este criterio Gurney y Jelliffe (1973) desarrollaron la siguiente fórmula, misma que se utilizó en este estudio para calcular el AMBI.

$$AMB = \frac{(\text{circunferencia media del brazo} - \pi (\text{pliegue tricipital}))^2}{4\pi}$$

Se formaron grupos por edad que incluyeron desde medio año antes y hasta medio año después de cada intervalo anual, es decir, el grupo de 9 años incluyó a quienes en el momento de la medición tuvieron desde 8.5 y hasta 9.49 años; el grupo de 10 años, a los de 9.5 y hasta 10.49 años, y así sucesivamente.

Con el programa estadístico SPSS versión 15 (Norusis 2006) se obtuvo la estadística descriptiva de FMI y de las cinco características somáticas selectas por grupo de edad y sexo. Para conocer si las diferencias de FMI entre ambos sexos eran estadísticamente significativas, se aplicó la prueba estadística *t* de Student. Para saber en qué momento FMI fue diferente de manera intra- e intersexualmente por grupo de edad, se realizó un ANOVA y prueba *post hoc* de las diferencias mínimas significativas. Se obtuvieron los coeficientes de correlación de Pearson entre FMI y las variables antropométricas; con el programa estadístico STATA se realizaron las gráficas que ilustran los valores de FMI con MM e IMC en hombres y mujeres.

RESULTADOS

El cuadro 1 manifiesta las diferencias y semejanzas de FMI por grupo de edad de hombres, mujeres y entre hombres y mujeres. Los valores ubicados en la intersección de los grupos de edad que no cuentan con diferencia significativa lo interpretamos como individuos que tienen la misma fuerza de la mano, de manera que los hombres del grupo de edad de 9 años fueron semejantes a los de 10 y a las mujeres de 9 y 10; los de 10 a los de 11 y a las mujeres de 10 y 11; los de 11 a las mujeres de 11; los de 12 a las mujeres de 12, 13 y 15; los de 13 a las mujeres de 14, 15 y 16 y, los de 16 a los de 15 y a los de 17. Las mujeres del grupo de 9 años fueron similares a las de 10; las

Cuadro 1
Matriz de diferencias de las medias de la fuerza (en kg) de la mano izquierda en hombres,
mujeres y entre ambos, por grupo de edad

	Hombres									Mujeres							
	Edad	10	11	12	13	14	15	16	17	9	10	11	12	13	14	15	16
9	1.3	2.7*	5.4*	8.0*	13.5*	20.3*	21.0*	22.8*	-1.6	-0.3	1.8*	4.6*	5.7*	7.1*	7.2*	8.5*	10.3*
10		1.4	4.1*	6.7*	12.2*	19.0*	19.7*	21.6*	-2.8*	-1.6	0.6	3.3*	4.4*	5.8*	5.9*	7.2*	9.0*
11			2.7*	5.3*	10.8*	17.6*	18.3*	20.2*	-4.3*	-3.0*	-0.9	1.9*	3.0*	4.4*	4.5*	5.8*	7.6*
12				2.6*	8.1*	14.9*	15.6*	17.5*	-6.9*	-5.7*	-3.5*	-0.8	0.3	1.7*	1.8	3.2*	4.9*
13					5.5*	12.3*	13.0*	14.9*	-9.5*	-8.3*	-6.1*	-3.4*	-2.3*	-0.9	-0.8	0.5	2.3*
14						6.8*	7.5*	9.4*	-15.0*	-13.8*	-11.6*	-8.9*	-7.8*	-6.4*	-6.3*	-5.0*	-3.2*
15							0.7	2.6*	-21.8*	-20.6*	-18.4*	-15.7*	-14.6*	-13.2*	-13.1*	-11.7*	-10.0*
16								1.8	-22.6*	-21.3*	-19.2*	-16.5*	-15.4*	-13.9*	-13.8*	-12.5*	-10.7*
17									-24.4*	-23.2*	-21.0*	-18.3*	-17.2*	-15.8*	-15.6*	-14.3*	-12.5*
9										1.3	3.4*	6.1*	7.2*	8.6*	8.8*	10.1*	11.4*
10											2.2*	4.9*	6.0*	7.4*	7.5*	8.8*	10.5*
11												2.7*	3.8*	5.2*	5.4*	6.7*	8.5*
12													1.1	2.5*	2.6*	4.0*	5.7*
13														1.4	1.5	2.9*	4.6*
14															0.1	1.5	3.2*
15																1.3	3.1*
16																	1.8

*Diferencias significativas de $p < .05$.

de 12 a las de 13; las de 13 a las de 14 y 15; las de 14 a las de 15 y 16, y las de 16 a las de 15 y 17 años de edad.

La fuerza de la mano izquierda no indicó diferencias estadísticamente significativas por sexo en los grupos de edad de 9, 10, 11 y 12 años, pero a partir del grupo de los 13 años de edad sí las hubo ($p < .01$), lo que señala el inicio del dimorfismo sexual de la fuerza (figura 1). Ellos presentaron el mayor incremento de fuerza de los 13 a los 15 años de edad, mientras que ellas lo manifestaron de los 11 a los 12 (figura 2). De manera general, la FMI de los hombres fue mayor que la de las mujeres ($t = 7.95$, $p < .001$).

Los cuadros 2 y 3 ofrecen las estadísticas descriptivas de las seis características somáticas estudiadas. Tanto en hombres como en mujeres la dinámica de crecimiento de FMI indica una tendencia similar a AMBI, MM, P y T (figuras 3 y 4), pero no a IMC.

En ambos sexos, FMI se correlacionó de manera positiva y significativa ($p < .01$) con las cinco características somáticas estudiadas; en los hombres, MM fue el de mayor valor, seguido por T, AMBI, P y finalmente IMC. En

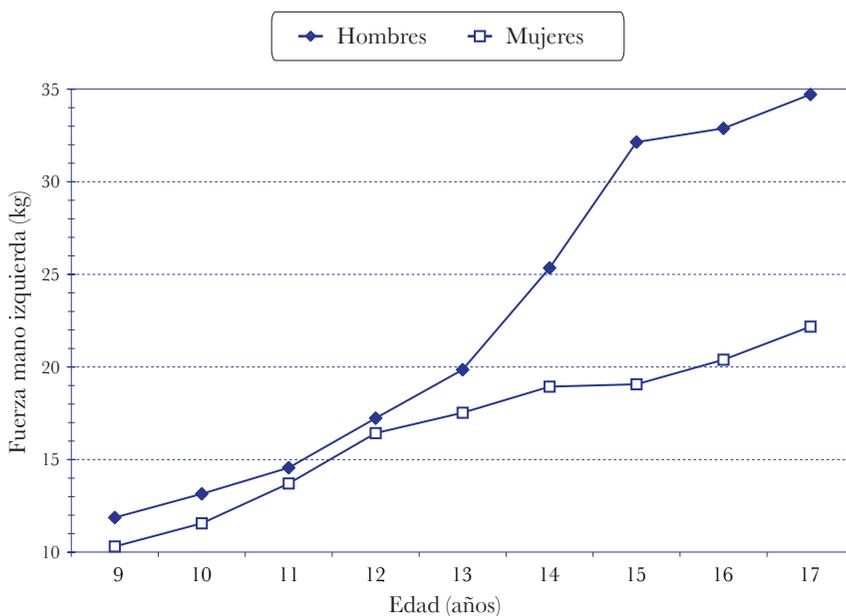


Figura 1. Evolución con la edad y dimorfismo sexual de la fuerza de la mano izquierda.

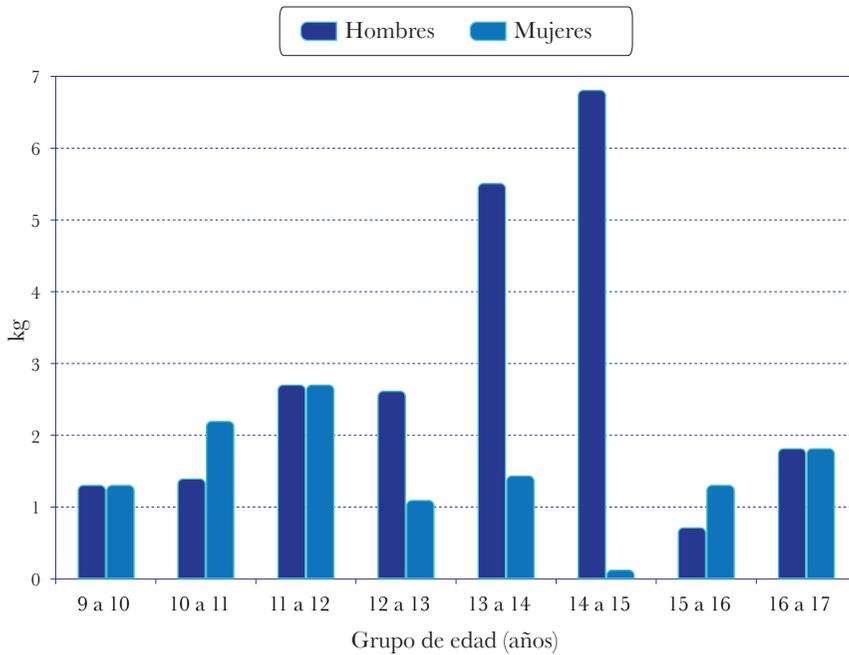


Figura 2. Ganancia de la fuerza de la mano izquierda con la edad, por sexo.

las mujeres también fue MM el de mayor valor, seguido por P, T, AMBI y, por último, IMC. Llama la atención que los valores de correlación hayan sido diferentes (excepto IMC); en este caso ellos presentaron valores más grandes que ellas (cuadro 4).

DISCUSIÓN

Este estudio transversal ofrece resultados que dan una idea del estado biológico de la muestra. En términos generales, los hombres presentaron mayor fuerza que las mujeres, esto coincide con otros autores (Clerke *et al.* 2005; Henneberg *et al.* 2001; Newman *et al.* 1984; Sartorio *et al.* 2002). El dimorfismo sexual de FMI se presentó a los 13 años de edad y fue incrementándose hasta el último grupo de edad estudiado (17 años), coincidiendo con Henneberg *et al.* (2001) y Faulhaber (1989) quien comenta, con base en datos del área muscular del brazo, que la diferenciación sexual existe

Cuadro 2
Estadística descriptiva de seis características somáticas estudiadas en hombres

Edad	n	FMI (kg)		MM (kg)		Talla (cm)		AMBI (cm ²)		Peso (kg)		IMC (kg/m ²)	
		Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E.
9	29	11.9	3.0	23.0	4.4	132.7	7.1	23.7	5.4	34.2	8.3	19.3	3.6
10	48	13.2	3.3	25.4	4.4	135.8	5.9	24.3	5.4	36.6	8.7	19.7	3.7
11	52	14.6	3.3	29.2	6.3	139.6	7.5	25.9	6.1	40.8	12.1	20.6	4.5
12	57	17.2	4.0	32.7	6.0	145.7	7.3	28.8	5.6	44.7	9.8	21.0	3.8
13	44	19.9	5.3	36.4	7.3	151.2	9.9	31.8	6.9	48.3	11.7	20.9	3.5
14	41	25.3	4.4	43.0	6.9	159.9	9.7	37.2	6.2	55.3	9.5	21.6	2.8
15	24	32.1	5.2	46.5	5.7	165.5	6.6	41.7	7.2	60.0	10.9	21.8	3.2
16	25	32.9	7.5	47.6	7.0	166.9	7.1	44.1	8.6	61.4	10.5	21.9	2.5
17	37	34.7	5.8	50.1	5.8	170.9	6.0	45.7	7.6	65.5	9.3	22.4	2.8

FMI: fuerza de mano izquierda, AMBI: área muscular del brazo izquierdo e IMC: índice de masa corporal.

Cuadro 3
Estadística descriptiva de seis características somáticas estudiadas en mujeres

Edad	n	FMI (kg)		MM (kg)		Talla (cm)		AMBI (cm ²)		Peso (kg)		IMC (kg/m ²)	
		Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E
9	20	10.3	3.1	20.5	4.8	132.8	6.9	21.5	6.0	33.0	10.6	18.3	4.3
10	45	11.6	3.4	25.0	6.4	136.7	6.8	23.3	6.1	37.0	10.7	19.5	4.1
11	59	13.7	3.3	28.2	4.6	140.3	6.2	24.4	4.2	39.7	9.1	20.0	3.9
12	62	16.4	3.6	32.0	4.4	147.1	6.2	27.3	5.3	46.0	7.8	21.2	3.1
13	58	17.5	3.3	32.6	4.2	149.6	6.1	27.8	5.0	46.3	7.8	20.7	3.2
14	41	18.9	3.2	33.8	3.6	152.7	6.6	28.3	5.6	48.7	6.6	20.9	2.7
15	25	19.1	3.8	35.3	4.4	155.6	4.8	30.4	5.6	51.0	7.8	21.0	2.8
16	45	20.4	3.8	36.1	3.9	156.2	5.8	32.7	7.5	53.9	7.7	22.1	3.4
17	33	22.2	4.6	39.0	5.7	157.1	6.3	35.6	6.5	58.4	8.4	23.6	3.0

FMI: fuerza de mano izquierda, AMBI: área muscular del brazo izquierdo e IMC: índice de masa corporal.

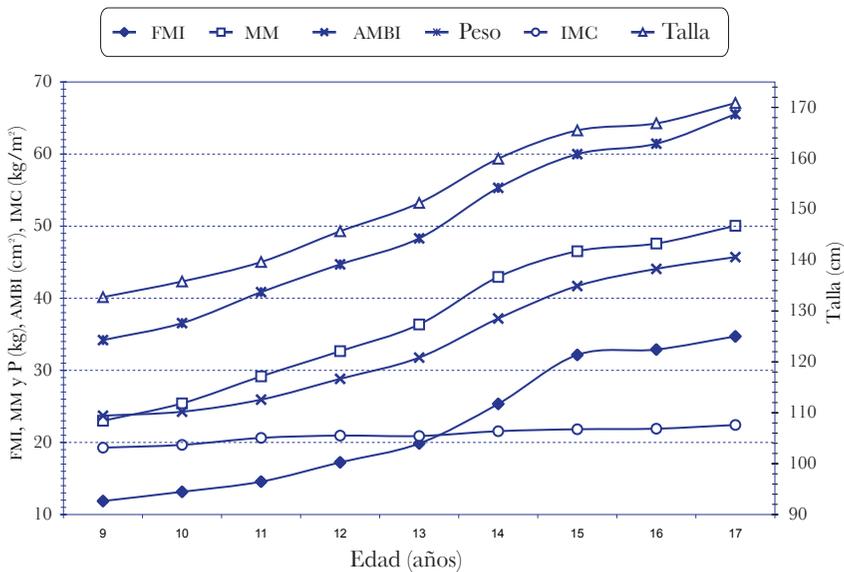


Figura 3. Crecimiento de seis características somáticas en hombres.

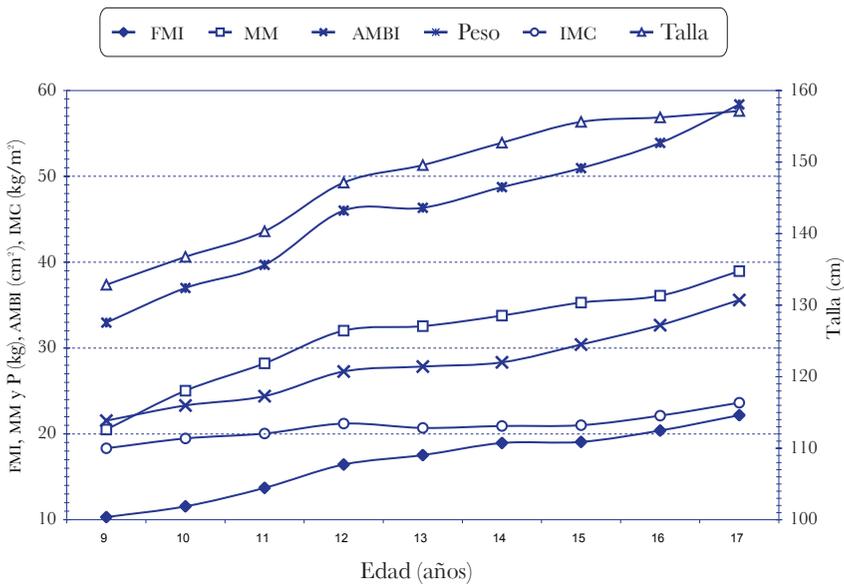


Figura 4. Crecimiento de seis características somáticas en mujeres.

Cuadro 4
Correlación lineal de la fuerza de la mano izquierda
y cinco características somáticas

Característica	Hombres		Mujeres	
	Valor	Tipo	Valor	Tipo
Masa Magra	.860*	Muy fuerte	.802*	Muy fuerte
Talla	.843*	Muy fuerte	.724*	Fuerte
AMBI	.828*	Muy fuerte	.710*	Fuerte
Peso	.755*	Fuerte	.663*	Fuerte
IMC	.347*	Débil	.493*	Débil

* $p \leq .01$. De 0 a .2: muy débil; de .2 a .4: débil; de .4 a .6: moderada; de .6 a .8: fuerte; y de .8 a 1: muy fuerte, según N. Salkind (1998).

en todas las edades de la adolescencia, pero se magnifica a partir de los 13 años. Otros autores han reportado que este dimorfismo se mantiene en la etapa adulta (Mateo *et al.* 2008; Luna-Heredia *et al.* en Jurinäme *et al.* 2009; Koley *et al.* 2008). En los humanos, al igual que en la mayoría de las especies, el dimorfismo sexual es producto de un proceso evolutivo en el cual la actividad física ha contribuido a que, en términos generales, los hombres sean más altos, robustos, musculosos y rápidos que las mujeres. La mayor diferencia en estas características es más evidente en la etapa adulta, diferencia que tiene su inicio durante la pubertad (Malina y Little 2008; Frayer y Wolpoff 1985). Los hombres tienen mayores tasas fisiológicas (Mace 1992), lo que biológicamente les proporciona mayor capacidad para realizar actividades que implican el uso de una mayor fuerza física en comparación con la mujer. Malina y Little (2008) comentan que la variación en las medidas del poder aeróbico asociada con la edad y el sexo es similar a la de la fuerza muscular. Las diferencias sexuales son menos importantes antes de la adolescencia y se magnifican con el disparo o 'arrancón' de crecimiento; estos autores comentan, de acuerdo con un estudio de Gauthier *et al.* (1983) realizado en canadienses, que al hacer la comparación de la capacidad para el trabajo físico entre los 7 y 17 años en ambos sexos, en los hombres esta capacidad se triplica mientras que en las mujeres el aumento corresponde a poco más del doble. La representación gráfica de sus resultados es muy semejante a la que reportamos en la figura 1 (edad y dimorfismo sexual de la fuerza de la mano izquierda).

El dimorfismo sexual de FMI de los individuos que nosotros estudiamos se presentó tres años después de lo reportado por Häger-Ross y Rösblad

(2002) en una muestra sueca. Koley *et al.* (2008) señalan, para una muestra india, diferencias significativas por sexo en individuos a los 6 y 11 años, y altamente significativas a los 12 y de los 14 hasta los 25 años de edad; pero curiosamente a los 13 años, edad a la que nosotros registramos el inicio del dimorfismo, la diferencia no fue estadísticamente significativa. A su vez, Marrodán *et al.* (2009) registraron este dimorfismo significativo a partir de los 12 años de edad. En el cuadro 5 se comparan las ganancias y pérdidas de fuerza de este estudio contra uno de la India y otro de España; lo primero que llama la atención es la importante ganancia entre los 13 y 15 años de edad en todos los hombres. El que los indios hayan presentado el dimorfismo a los 11, los españoles a los 12 y los nuestros a los 13 hace pensar que la pubertad en nuestros sujetos está retrasada, aunque al parecer se debe a los hombres porque a los 12 y a los 13 años las mujeres tienen incrementos de fuerza similares; el ritmo de crecimiento de las características somáticas apoyan esto porque su dinámica es muy parecida al de la fuerza de la mano, como lo muestra la figura 3; es decir, si los hombres no tuvieron una ganancia significativa a los 12 años o antes que provocara el dimorfismo, fue porque su estado biológico no se los permitió.

La posible explicación del dimorfismo sexual de la fuerza en esta muestra puede estar relacionada con sucesos propios de la adolescencia, asociados con el aumento de hormonas sexuales (Bahamonde *et al.* 2008). Las diferencias en la edad del dimorfismo sexual de la fuerza en nuestro estudio con respecto a otros pueden deberse, entre otros factores, a diferencias socioeconómicas, como lo demostraron Henneberg *et al.* (2001) en su estudio realizado con niños y jóvenes de entre 6 y 18 años de edad en Cape Coloured, Sudáfrica, en el cual los individuos de nivel socioeconómico alto fueron más fuertes que su contraparte.

Zverev y Gondwe (2001) no encontraron diferencias significativas en la mayoría de los grupos de 6 a 17 años de edad entre hombres y mujeres de bajo nivel socioeconómico de Malawi; estos autores reportan que los valores relativos de la fuerza de las mujeres se incrementaron con la edad, mientras que los de los hombres disminuyeron. Señalan que ellas tuvieron mayor acceso a alimentos que ellos por su participación en actividades domésticas, principalmente las de la cocina, y se involucraron más en actividades físicas domésticas, lo que las condujo a una hipertrofia muscular, razón por la cual pudieron ser más fuertes.

Cuadro 5

Comparación de dinamometría de presión manual izquierda entre hombres y mujeres

Grupo de edad	Este estudio		India		España	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
9 a 10	1.3	1.3	1.37	1.79	2.3	2.7
10 a 11	1.4	2.1	2.59	0.40	3.3	3.1
11 a 12	2.6	2.7	2.79	0.47 *	3.0	2.3
12 a 13	2.7	1.1	-0.58	3.14 *	3.1	2.1 *
13 a 14	5.4	1.4 *	7.32	0.93	6.6	1.0 *
14 a 15	6.8	0.2 *	5.81	0.06 *	3.4	1.5 *
15 a 16	0.8	1.3 *	3.88	1.26 *	3.0	-0.3 *
16 a 17	1.8	1.8 *	1.50	0.98 *	1.7	1.0 *

* Indica dimorfismo sexual de la fuerza en cada grupo de edad, por cada muestra.

En los individuos evaluados, conforme se incrementó la edad cronológica también se incrementó FMI, resultado similar a los reportados por Marrodán *et al.* (2009) y Häger-Ross y Rösblad (2002); Katzmarzyk *et al.* (1997) comentan que la maduración esquelética generalmente se expresa en forma de una edad esquelética que está relacionada con una fuerza. En este contexto es importante mencionar que se ha reportado un efecto benéfico de la actividad física sobre la salud esquelética, reflejado en el contenido y densidad mineral del tejido óseo (Strong *et al.* 2005).

Los hombres de nuestro estudio presentaron su máxima ganancia de fuerza entre los 13 y 15 años de edad, similar a lo que refieren Marrodán *et al.* (2009) en una muestra española, mencionando que la principal ganancia fue entre los 13 y 14 años. En relación con estos resultados, Serrano y López (2009) comentan que a partir de los 13 años los hombres experimentan ganancias de fuerza atribuibles a los cambios biológicos que acontecen con el comienzo de la pubertad, mientras que en las mujeres estas ganancias disminuyen, y lo atribuyen a los cambios biológicos que ocurren al final de la misma. Marrodán *et al.* (2009) registraron la mayor ganancia de los 9 a los 11 años en mujeres, relacionándola con el pico de máxima aceleración prepuberal. En nuestro caso, las ganancias de las mujeres fluctúan con la edad; sin embargo, hay una ganancia significativa entre los 10 y 11 y entre

los 11 y 12 años, edades que coinciden con el inicio de su pubertad (figura 2). Behamonde *et al.* (2008), en un estudio realizado con escolares de ambos sexos de entre 10 y 16 años de edad de un colegio particular (sin mencionar la comunidad), encontraron diferencias significativas entre las niñas de 12 y 13 años de edad, atribuyendo el aumento de la fuerza en los estadios más altos del desarrollo puberal al aumento de hormonas sexuales propias de esa etapa y al desarrollo muscular de brazos y manos.

En ambos sexos, la correlación más fuerte entre FMI y las variables estudiadas fue la establecida con MM y la más débil fue con IMC (cuadro 4); estos resultados son similares a los reportados por Marrodán *et al.* (2009). Katzmarzyk *et al.* (1997) mencionan que el predictor más fuerte de la fuerza es el peso corporal y que el músculo es su mayor contribuyente, esto explica en parte por qué MM en nuestro estudio fue la característica que se correlacionó más fuertemente con FMI. Malina y Bouchard (2004) comentan que los cambios en el consumo máximo de oxígeno durante el crecimiento tiende a estar más estrechamente relacionado con MM que a la masa total del cuerpo, y que la variación del poder aeróbico es similar a la variación de la fuerza muscular, como se mencionó anteriormente.

De manera general, observamos que en ambos sexos FMI estuvo relacionada con el sexo y con la edad, como lo muestran claramente las figuras 1 y 2. Esto coincide con lo reportado por Sartorio *et al.* (2002), quienes además comentan que las diferencias entre sexos están fuertemente relacionadas con los cambios de MM. Nuestros resultados también apoyan esto último, ya que encontramos una fuerte correlación de MM con FMI.

En nuestra muestra, los hombres realizaron más tiempo de actividad física que las mujeres, 494 y 384 minutos/semana, respectivamente, entre actividades intensas y moderadas en escuela, casa y otros lugares ($t = 5.875$, $p < .001$); seguramente por eso los valores de correlación de FMI con MM y AMBI fueron mayores que los de las mujeres, como se observa en los cuadros 2 y 3. Narici *et al.* (en Henneberg *et al.* 2001) y Strong *et al.* (2005) han reportado que el entrenamiento puede incrementar la fuerza; sin embargo, Serrano y López (2009) comentan que su efecto en el periodo prepuberal es discutido y que la ganancia de fuerza está relacionada con peso y estatura, además de otros factores, como: la contracción muscular, la función muscular intrínseca (ciclo excitación-contracción) y la coordinación intermuscular.

En este estudio, la robustez, representada por el IMC, es la variable menos relacionada con la fuerza de apretón, ya que fue la que menor fuerza de correlación presentó. Häger-Ross y Rösblad (2002) y Newman *et al.* (1984), en sus estudios con hombres y mujeres de 4 a 16 y de 5 a 18 años de edad, respectivamente, reportaron una correlación positiva de F con peso y talla. Al comparar los resultados de F de nuestros niños con F de la mano derecha de niños sauditas de 6 a 14 años de edad (Hazzaa 1990), observamos que los nuestros fueron más fuertes, pero también más pesados y altos. Katzmarzyk *et al.* (1997), en su análisis de regresión con niños de 7 a 12 años de edad, reportaron que el peso corporal fue el mayor predictor para la fuerza muscular; sin embargo, Behamonde *et al.* (2008) comentan que el peso corporal es muy inestable en esta etapa de desarrollo.

En ambos sexos, FMI tuvo una importante correlación con MM (figuras 5 y 6) P, T y AMBI, mientras que la menor fue con IMC, como se muestra en las figuras 7 y 8. En los hombres, los valores de las correlaciones fueron más grandes que los de las mujeres (cuadro 4). Es importante mencionar que conforme IMC fue mayor, más grande fue FMI; sin embargo, esto se debe tomar con cuidado porque el IMC sólo indica la forma corporal. La pendiente de la línea de regresión de MM muestra la gran influencia sobre FMI. Se debe tomar en cuenta que nuestro estudio incluyó a individuos que ya habían alcanzado la adolescencia, etapa caracterizada por el desarrollo de la masa muscular, aumento de peso y talla (Casanueva *et al.* 2001). La talla está directamente correlacionada con la fuerza, posiblemente porque este factor está más estrechamente relacionado con MM del cuerpo (Luna-Heredia *et al.* citado en Jurinãme *et al.* 2009).

CONCLUSIONES

El dimorfismo sexual de la fuerza de la mano izquierda se presentó a los 13 años de edad. De manera general, la fuerza de la mano izquierda de los hombres fue mayor que la de las mujeres, lo cual permite aceptar nuestra hipótesis. La fuerza de la mano izquierda masculina se correlacionó, en orden descendente, con las siguientes variables: masa magra, talla, área muscular del brazo izquierdo, peso e índice de masa corporal. En las mujeres, tal orden fue el siguiente: masa magra, peso, talla, área muscular del

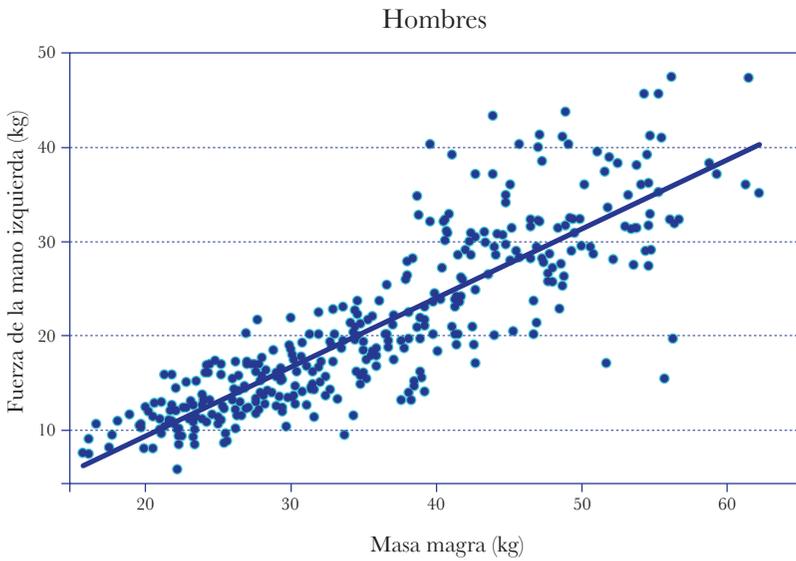


Figura 5. Dispersión de puntos y valores ajustados de la fuerza de la mano izquierda (kg) y masa magra (kg) obtenidos por bioimpedancia en hombres de 9 a 17 años de edad.

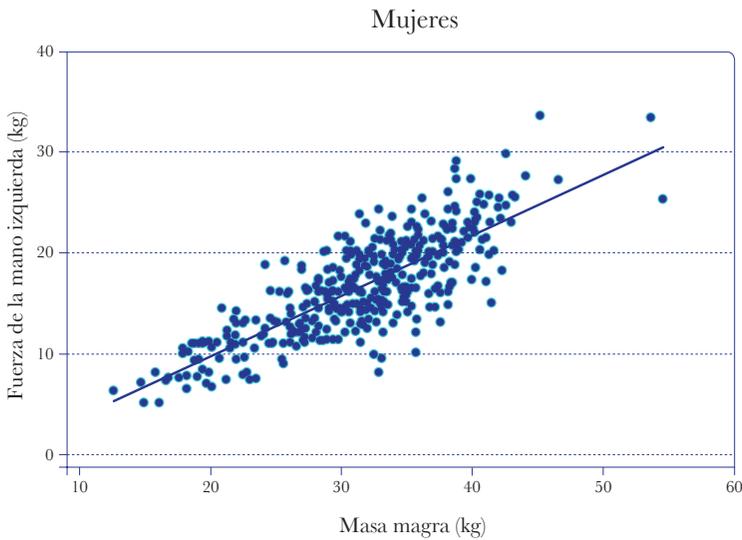


Figura 6. Dispersión de puntos y valores ajustados de la fuerza de la mano izquierda (kg) y masa magra (kg) obtenidos por bioimpedancia en mujeres de 9 a 17 años de edad.

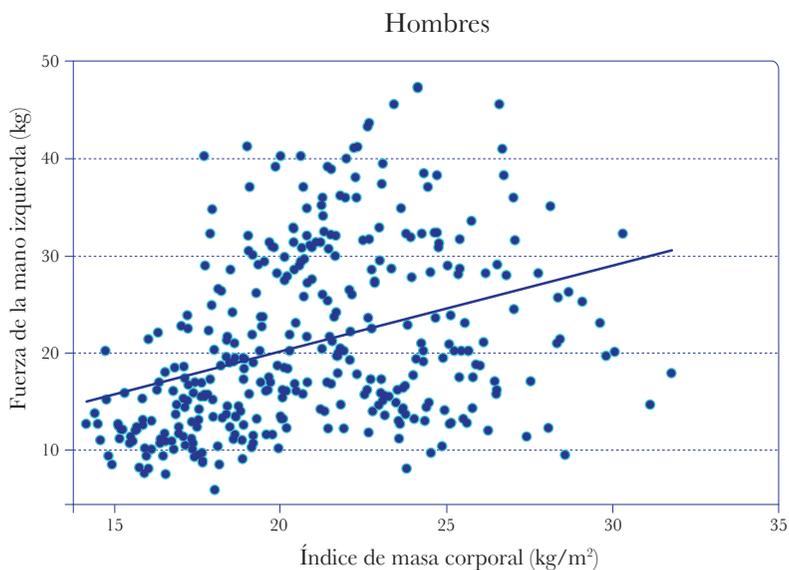


Figura 7. Dispersión de puntos y valores ajustados de la fuerza de la mano izquierda (kg) e índice de masa corporal (kg/m^2) en hombres de 9 a 17 años de edad.

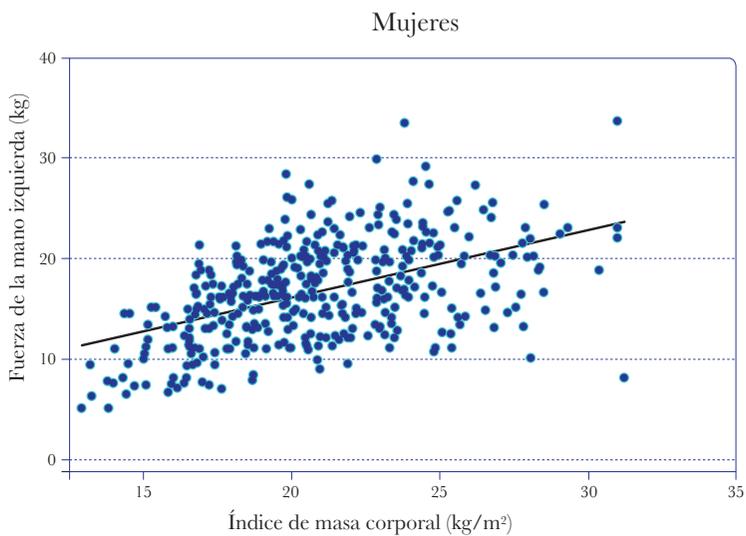


Figura 8. Dispersión de puntos y valores ajustados de la fuerza de la mano izquierda (kg) e índice de masa corporal (kg/m^2) en mujeres de 9 a 17 años de edad.

brazo izquierdo y la más débil, al igual que en los hombres, la del índice de masa corporal. La masa magra fue la variable más relacionada con la fuerza y no el área muscular del brazo, como se planteó en la hipótesis. Tanto en hombres como en mujeres el incremento o ganancia de fuerza de la mano izquierda fue mayor conforme aumentó el grupo de edad. El incremento de la fuerza de la mano izquierda con la edad fue similar al de peso, talla, masa magra, área muscular del brazo izquierdo e índice de masa corporal, motivo por el cual la dinamometría debería incluirse como prueba de apoyo en la valoración nutricional y del estado biológico humano.

Agradecimientos

Agradecemos a Federico Dickinson su colaboración en el trabajo de campo y sus comentarios. A Enna Basulto, Ana Andrade, Adriana Vázquez, Rocío Higuera, Hugo Azcorra y Patricia Quiroz por su participación en el trabajo de campo. A Ina López Falfán por la captura de la información. Este documento es producto del proyecto de investigación Ecología humana de la migración en Yucatán, financiado por el Conacyt (59994-H), a cargo del doctor Federico Dickinson.

REFERENCIAS

- AGUAYO, G., A. MAÍZ Y M. CAMPANO
1994 Validación de la dinamometría como instrumento de evaluación nutricional, *Revista de nutrición clínica*, 3: 61-69.
- BAHAMONDE, CECILIA, JAIME HUBERMAN, ORIELE LAGOS Y PIERRE DIDIER
2008 Fuerza prensil y desarrollo puberal, *Educación Física*, 15: 19-28.
- BARRIONUEVO, JOSÉ M., DANIEL FRUCTUOSO, ELENA HERNÁNDEZ
E IGNACIO MARTÍNEZ
2007 Fuerza máxima y resistencia muscular de agarre manual en regatistas de vela ligera de clase Tornado, *Apunts. Medicina de l'Esport*, 42: 161-168.
- CASANUEVA, ESTHER, MARTHA KAUFER-HORWITZ, ANA PÉREZ-LIZAURO
Y PEDRO ARROYO (EDS.)
2001 *Nutriología médica*, Editorial Médica Panamericana, México.

CLERKE, A. M., J. P. CLERKE Y R. D. ADAMS

- 2005 Effects of hand shape on maximal isometric grip strength and its reliability in teenagers, *Journal of Hand Therapy*, 18: 19-29.

FAULHABER, JOHANNA

- 1989 *Crecimiento: somatometría de la adolescencia*, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

FRAYER, DAVID W. Y MILFORD H. WOLPOFF

- 1985 Sexual dimorphism, *Annual Review of Anthropology*, 14: 429-73.

FRISANCHO, A. ROBERTO

- 2008 *Anthropometric standards: An interactive nutritional reference of body size and body composition for children and adults*, The University of Michigan Press, Ann Arbor.

HÄGER-ROSS, CHARLOTTE Y BIRGIT RÖSBLAD

- 2002 Norms for grip strength in children aged 14-16 years, *Acta Paediatrica*, 91: 617-625.

AL-HAZZAA, HAZZAA M.

- 1990 Anthropometric measurements of Saudi boys aged 6-14 years, *Annals of Human Biology*, 17: 33-40.

HENNEBERG, MACIEJ, GERRY BRUSH Y GEOFFREY A. HARRISON

- 2001 Growth of specific muscle strength between 8 and 18 years in contrasting socioeconomic conditions, *American Journal of Physical Anthropology*, 115: 62-70.

MACE, GEORGINA

- 1992 Differences between the sexes, en S. Jones, R. Martin y D. Pilbeam (eds.), *The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution*, Cambridge University Press, Cambridge: 52-55.

JÜRIMÄE, TOIVO, TANYA HURBO Y JAAK JÜRIMÄE

- 2009 Relationship of handgrip strength with anthropometric and body composition variables in prepubertal children, *HOMO-Journal of Comparative Human Biology*, 60: 225-238.

KATZMARZYK, PETER T., ROBERT M. MALINA Y G. P. BEUNEN

1997 The contribution of biological maturation to the strength and motor fitness of children, *Annals of Human Biology*, 24: 493-505.

KLIDJIAN, A. M., K. L. FOSTER, R. M. KAMMERLING, A. COOPER Y S. J. KARRAN

1980 Relation of anthropometric and dynamometric variables to serious postoperative complications, *British Medical Journal*, 4: 899-901.

KOLEY, SHYAMAL, MEENAL GANDHI Y ARVINDER PAL SINGH

2008 [en línea] An association of hand grip strength with height, weight and BMI in boys and girls aged 6-25 years of Amritsar, Punjab, India, *The Internet Journal of Biological Anthropology*, 2 (1), disponible en <http://www.ispub.com/journal/the_internet_journal_of_biological_anthropology/volume_4_number_2_61/article/an_association_of_hand_grip_strength_with_height_weight_and_bmi_in_boys_and_girls_aged_6_25_years_of_amritsar_punjab_india.html> [consulta 26 junio 2009].

MALINA, ROBERT M. Y BERTIS B. LITTLE

2008 Physical activity: The present in the context of the past, *American Journal of Human Biology*, 20: 373-391.

MALINA, ROBERT M. Y CLAUDE BOUCHARD

2004 *Growth, maturation and physical activity*, Human Kinetics, Champaign.

MARRODÁN, MARÍA D., JUAN F. ROMERO, SUSANA MORENO, M. S. MESA, MARÍA D. CABAÑAS, J. L. PACHECO Y MARISA GONZÁLEZ-MONTERO

2009 Dinamometría en niños y jóvenes de entre 6 y 8 años: valores de referencia, asociación con tamaño y composición corporal, *Anales de Pediatría*, 70: 340-348.

MATEO, MARÍA LUZ, MARÍA ÁNGELES PENACHO, FRANCISCA BERISAY AMPARO PLAZA

2008 Nuevas tablas de fuerza de la mano para población adulta de Teruel, *Nutrición Hospitalaria*, 23: 35-40.

NEWMAN, D. G., J. PEARN, A. BARNES, C. M. YOUNG, M. KEHOE Y J. NEWMAN

1984 Norms for hand grip strength, *Archives of Disease in Childhood*, 59: 453-459.

NORUSIS, MARIJA J.

2006 [CD-ROM] *SPSS estadística avanzada*, v 15.0, SPSS, Chicago.

SARTORIO, A., C. LAFORTUNA, S. POGLIAGHI Y L. TRECATE

- 2002 The impact of gender, body dimension and body composition on hand-grip strength in healthy children, *Journal Endocrinology Investment*, 25: 431-435.

SERRANO, JOSÉ Y JOSÉ LÓPEZ

- 2009 [en línea] El entrenamiento de fuerza en la iniciación deportiva, *Plaza de Deportes*, disponible en <<http://www.plazadedeportes.com/imgnoticias/7220.pdf>> [consulta 16 de marzo 2009].

STRONG, WILLIAM B., ROBERT M. MALINA, CAMERON J. BLIMKIE, STEPHEN R. DANIELS, RODNEY K. DISHMAN, BERNARD GUTIN, ALBERT C. HERGENROEDER, AVIVA MUST, PATRICIA A. NIXON, JAMES M. PIVARNIK, THOMAS ROWLAND, STEWART TROST Y FRANÇOIS TRUDEAU

- 2005 Evidence based physical activity for school-age youth, *The Journal of Pediatrics*, 146: 732-737.

VAZ, M., S. THANGAM, A. PRABHU Y P. S. SHETTY

- 1996 Maximal voluntary contraction as a functional indicator of adult chronic undernutrition, *British Journal of Nutrition*, 76: 9-15.

WEINER, JOSEPH Y JOHN LOURIE

- 1981 *Practical human biology*, Academic Press, Londres.

ZVEREV, Y. Y M. GONDWE

- 2001 Growth of urban school children in Malawi, *Annals of Human Biology*, 28: 384-394.

