



ANÁLISIS DE LA FUERZA MUSCULAR DE PRENSIÓN EN ADOLESCENTES

Para acceder al título de Máster Universitario

Máster Interuniversitario “Condicionantes Genéticos,
Nutricionales y Ambientales en el Crecimiento y el Desarrollo”.

Autor: Francisco Amo Setién

DIRECTORES:

- MARÍA JOSÉ NORIEGA BORGE
 - PEDRO DE RUFINO RIVAS

Índice General

Resumen.....	3
Abreviaturas	4
Introducción	5
Crecimiento y desarrollo.....	6
Adolescencia	7
Condición física	8
La fuerza muscular y su valoración	8
Estudios relacionados	10
Hipótesis.....	13
Objetivos	14
Materiales y métodos	15
Población y muestra	15
Trabajo de campo	15
Cuestionario	15
Materiales	16
Procedimiento de evaluación de la fuerza de prensión	17
Resultados.....	18
Consideraciones Previas	18
Resultados del estudio.....	18
Discusión	26
Diferencias en la fuerza muscular manual entre sexos	26
Diferencias en la fuerza muscular manual en relación a la edad.....	27
Diferencias en la fuerza muscular manual en relación a la lateralidad	28
Diferencias en la fuerza muscular manual en relación al peso.....	29
Conclusiones	31
Agradecimientos	33
Referencias.....	34
Anexos	37

Resumen

Los objetivos de este estudio son buscar la relación que existe entre el crecimiento y desarrollo y la fuerza muscular en adolescentes escolarizados, de ambos sexos, así como la evaluación de la fuerza muscular en función del sexo, edad, lateralidad y peso.

Se trata de un estudio transversal que se compuso de un total de 468 adolescentes escolarizados (255 hombres; 213 mujeres) entre los 12 y los 19 años ($14,82 \pm 1,72$ años) de Santander. Se utilizó un dinamómetro isométrico manual para medir la fuerza del tren superior.

Los varones han sido significativamente más fuertes que las mujeres para todas las edades salvo a los 12 años ($p < 0,05$ a los 13 años y $p < 0,001$ en el resto). La fuerza muscular aumentó significativamente a través de la edad en los hombres. Los zurdos fueron más fuertes que los diestros. La fuerza muscular siguió una tendencia de aumento a medida que se incrementaba de peso.

Los hombres poseyeron mayor fuerza muscular estática que las mujeres. Ésta aumentó significativamente a medida que lo hizo la edad. Los hombres zurdos son más fuertes que los diestros con la mano dominante y con la no dominante. La fuerza muscular estática aumentó a medida que lo hizo el peso.

Abreviaturas

DMD: Dinamometría Manual Derecha

DMI: Dinamometría Manual Izquierda

DINMAX: Dinamometría Manual Unilateral Máxima (independientemente de la mano utilizada)

SUMADM: Suma de las Dinamometrías Manuales

DD: Dinamometría de la mano Dominante

DND: Dinamometría de la mano No Dominante

IMC: Índice de Masa Corporal

M: Media

Md: Mediana

DE: Desviación Estándar

IQR: Rango Intercuartílico

S-W: Shapiro-Wilks

KgF: Kilogramos de Fuerza.

Introducción

En las últimas décadas, la condición física se ha establecido como uno de los referentes de salud del individuo y de la población. En cambio, la evidencia demuestra que ha habido una disminución global en el estado de forma física durante la infancia y adolescencia (1).

La aptitud muscular es uno de los componentes fundamentales que forman parte de la condición física (2), y se ha definido como un buen predictor de la salud actual y futura (3). En este sentido, la fuerza muscular es un parámetro que cada día está adquiriendo más importancia a través de la evidencia científica, por sus consecuencias sobre el funcionamiento del metabolismo tanto en adultos (obesidad, diabetes, enfermedades cardiovasculares...) (4), como en niños (5,6).

Los bajos niveles de fuerza muscular, causados en la mayoría de los casos por sedentarismo e inactividad física, se han relacionado con mayores niveles de mortalidad, presumiblemente como consecuencia de una baja masa muscular (sarcopenia) (7). Además, en los adultos, también se han relacionado con limitaciones funcionales y con niveles basales de insulina incrementados a largo plazo (8).

Se ha observado que los niveles de fuerza permanecen proporcionales desde la infancia hasta la madurez (9), por lo que los bajos niveles de fuerza encontrados en niños pueden ser un buen predictor de enfermedades y/o limitaciones funcionales futuras. Es decir, aunque la fuerza muscular es un parámetro que varía significativamente a lo largo de las etapas tempranas de la vida- etapas de crecimiento y desarrollo-, ésta guarda una correlación con la potencial fuerza futura del individuo.

Por tanto, desde la perspectiva de la salud pública, puede ser importante detectar a aquellos individuos que en la adolescencia presentan bajos niveles de fuerza muscular. Es necesario, por ende, establecer previamente los valores poblacionales normales en ambos sexos. En esta línea, existen pocos trabajos que hayan determinado la fuerza muscular en la población de adolescentes de España, por lo que el estudio presente suministrará datos que pueden ser relevantes por la escasez de los mismos.

Crecimiento y desarrollo

El término crecimiento tiene múltiples acepciones, dependiendo de la disciplina que lo defina, y todas son igual de válidas. Cuando se define desde la perspectiva de la Biología celular, se trata del aumento tanto del tamaño como del número de las células. Desde el punto de vista de la Pediatría se define como el aumento de tamaño del embrión desde la vida intrauterina hasta el final de la maduración que resulta en la etapa adulta. Por otro lado, cuando se habla de desarrollo, se hace referencia al proceso de maduración y diferenciación celular en los respectivos órganos y sistemas, que da lugar a tipos celulares específicos con funciones concretas (10).

Ambos procesos, crecimiento y desarrollo, están dirigidos por la información genética y modulados por factores ambientales o externos, entre los que la nutrición y el estado de salud desempeñan un papel importante (11-14). Ésto significa que los genes (genotipo), sometidos a un delicado sistema de regulación, inciden en el organismo en desarrollo para dictarle unas normas generales, pero es el medio ambiente el que condiciona el curso real y definitivo de la acción, el que da lugar a las características observables del individuo (fenotipo) (15). Dicha interacción entre la genética y el ambiente externo se inicia en la vida intrauterina y se mantiene a lo largo de toda la infancia y la adolescencia. La forma en que se interrelacionen estos factores define el patrón de crecimiento, que ha sufrido cambios importantes a lo largo de la evolución filogenética (16).

La infancia y la adolescencia son etapas en las que el organismo está en pleno desarrollo, y por tanto, se les considera críticas ya que el sistema es mucho más vulnerable a los condicionantes ambientales; de ahí la importancia de conocer las características de estos estadios del desarrollo y poder implantar los mejores y más adecuados planes de promoción y protección de la salud (17). El peso, la talla y el índice de masa corporal (IMC) son los parámetros antropométricos corrientemente utilizados para la valoración del crecimiento durante el desarrollo posnatal humano (18).

El crecimiento es, asimismo, un parámetro indicador del estado de salud no sólo del individuo sino también de la población en general (11-14). La mejoría de las condiciones de vida, la desaparición de muchas enfermedades infecciosas y la mayor disponibilidad de

nutrientes han dado lugar a una aceleración secular del crecimiento en las poblaciones pediátricas de los países desarrollados (19) junto con un aumento de las tasas de sobrepeso y obesidad (20).

El patrón de crecimiento humano, igual que el del resto de los primates, es un modelo bifásico con dos fases de crecimiento rápido: una etapa perinatal y otra en la pubertad, separadas por otra etapa de crecimiento más lento y estable, que se extiende desde el final del segundo año hasta el comienzo de la pubertad (16).

Adolescencia

La adolescencia es la última etapa del desarrollo humano en la que ocurre la transición entre la infancia y la edad adulta, completándose finalmente el desarrollo del organismo. Este periodo conlleva importantes modificaciones a nivel fisiológico, morfológico y psicológico, debidos a cambios en el sistema endocrino, generados principalmente por la activación del eje hipotálamo-hipofisario-gonadal. Como resultado de esos cambios, existe una variación en la condición física de los individuos (21).

Según la definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS) es la etapa que abarca toda la segunda década de la vida, de los 10 años a los 19 años, ambos incluidos. Por otro lado, el término pubertad hace más referencia a los procesos biológicos durante esta fase, mientras que el término adolescencia apunta más en dirección a los cambios socioculturales producto de los primeros.

La adolescencia se puede dividir en tres fases bien diferenciadas: a) adolescencia temprana, de los 10 a los 13 años de edad, en la que comienzan los cambios, b) adolescencia media, de los 14 a los 16 años, en la que culminan los cambios del desarrollo sexual, y c) adolescencia tardía, de los 17 a los 19 años en la que finaliza el desarrollo corporal y se logra la madurez de la persona (22).

Es comúnmente observado que, durante la infancia, el sistema musculoesquelético se encuentra en un constante periodo de crecimiento (23), y se considera que los incrementos en el tamaño del músculo reflejan la hipertrofia de las fibras musculares del mismo (24).

Asimismo, se infiere que la fuerza muscular y el tamaño del músculo se incrementan de forma paralela (25).

Condición física

Se entiende por condición o forma física (physical fitness) al conjunto de las aptitudes físicas del individuo, o lo que es lo mismo, a lo que es capaz de hacer. Esas aptitudes son de índole diversa y se reúnen bajo el término de forma física. Como ya se ha indicado, la fuerza muscular forma parte de esas aptitudes.

La condición física históricamente ha sido conceptualizada en tres componentes: la capacidad cardiorrespiratoria, la fuerza y la habilidad motriz (21). Con el tiempo, este concepto ha pasado de estar dirigido principalmente a los componentes de fuerza y habilidades motrices a centrarse en los componentes más directamente relacionados con la salud, definiéndose de forma específica el término “condición física relacionada con la salud” (health-related physical fitness). Ésta incluye la capacidad cardiorrespiratoria, la fuerza y la resistencia muscular, la flexibilidad y la composición corporal (especialmente la adiposidad), y en niños, también la velocidad y la agilidad (26).

Sumadamente, se encuentran la actividad y el ejercicio físico. La actividad física hace referencia a cualquier tipo de movimiento o esfuerzo realizado voluntaria o involuntariamente. En cambio, cuando ésta se desarrolla de acuerdo a un plan o programa concreto cuyo objetivo es adquirir, mantener o mejorar la forma física, se habla entonces de ejercicio físico (27).

Aunque gran parte de la variabilidad de la condición física está genéticamente determinada, los condicionantes ambientales, y especialmente el ejercicio físico, influyen en la condición física. En los niños y adolescentes la relación entre ejercicio y condición física es aún difusa, lo que podría deberse a la multitud de métodos que se han utilizado para medir tanto la condición física como la actividad física (26).

La fuerza muscular y su valoración

Uno de los múltiples atributos que condicionan la forma física es la fuerza muscular. Ésta es la capacidad del músculo esquelético para producir una tensión como resultado de la contracción muscular, que se transmite a través del tendón hasta el hueso, y que puede permitir o no la deformación o el movimiento de una carga que empuja en dirección opuesta. La fuerza es una variable que está parcialmente determinada por la dotación genética del individuo. La longitud de los segmentos óseos, el punto de inserción muscular y las dimensiones de los vientres musculares son todos atributos anatómicos hereditarios que se traducen en una potencialidad diferente de desarrollo de la fuerza. En cualquier caso, algunos hábitos de vida, como la alimentación o el entrenamiento, tienen una gran influencia sobre la fuerza. Por otro lado, la fuerza es específica del grupo muscular, el tipo de contracción muscular (estática o dinámica), la velocidad de la contracción muscular (lenta o rápida) y el ángulo de la articulación evaluada (contracción estática) (28).

Actualmente la fuerza muscular es considerada como un referente de salud y bienestar tanto en adultos como en jóvenes, estando además inversamente relacionada con índices de mortalidad y positivamente con la garantía de autonomía de una persona (29). Se necesitan niveles mínimos de fuerza muscular para realizar las actividades de la vida cotidiana, mantener la independencia funcional con los años, y participar en tareas recreativas activas sin tensión ni cansancio desmedidos (28).

El reconocimiento del papel de la fuerza muscular en la prevención de enfermedades ha aumentado considerablemente en los últimos años. Un buen nivel de fuerza muscular durante la infancia y la adolescencia va a estar asociado con un mejor perfil cardiovascular. Además, las mejoras en el nivel de fuerza muscular entre la infancia y la adolescencia provocan una disminución en los niveles de tensión arterial, mejoras en el perfil lipídico y cambios evidentes en la adiposidad total, y moderados en la adiposidad central (29). Además, cuando se mantienen buenos niveles de aptitud muscular, también se reducen las probabilidades de sufrir otras enfermedades más evidentes relacionadas con ésta como fracturas por osteoporosis, lesiones musculoesqueléticas y problemas lumbares (28).

Existen varios métodos que sirven para la valoración de la fuerza muscular. Aunque ésta se puede realizar con métodos manuales poco exactos, también existen métodos

instrumentales más objetivos, como las dinamometrías isométricas y las isocinéticas.

La dinamometría estática o isométrica consiste en medir la fuerza o tensión ejercida contra una resistencia mayor sin desplazarla. La potencia no puede medirse mediante este método ya que no se produce trabajo (no hay desplazamiento, luego el trabajo es igual a cero). Se utilizan dinamómetros de tipo mecánico diseñados para medir un solo grupo muscular -el ejemplo más utilizado es el dinamómetro usado para medir la fuerza de los músculos de los dedos de la mano-, o mecanismos piezoeléctricos o transductores de fuerza, interpuestos en un sistema de cables o cinchas ancladas en un soporte externo (mesa, sillón o jaula especial). Esta dinamometría facilitará datos fiables y útiles ya que proporciona un valor exacto que podremos cuantificar.

La dinamometría isocinética mide la fuerza muscular dinámica con un dispositivo (dinamómetro isocinético) que proporciona una resistencia controlada a una velocidad constante y recoge el momento de fuerza que hace el músculo. Básicamente la diferencia con relación a la dinamometría isométrica es que en ésta no hay movimiento de articulación, mientras que en la dinamometría isocinética la articulación sí está en movimiento. Actualmente, es el sistema más adecuado para evaluar de forma objetiva la fuerza muscular, en términos de parámetros físicos (momento de fuerza, trabajo y potencia).

Ambos tipos de fuerza se pueden valorar tanto en el sistema muscular del tren inferior como en el del tren superior.

Estudios relacionados

Existen pocos estudios, tanto a nivel nacional como internacional, que hayan tenido como eje central la valoración de la fuerza muscular en los adolescentes. En cambio, varios trabajos como el AVENA (Alimentación y Valoración del Estado Nutricional en Adolescentes) a nivel español (30), y el HELENA (Health Lifestyle in Europe by Nutrition Adolescence, Estilos de vida saludables en Europa a través de la nutrición en la adolescencia) a nivel europeo (31), han obtenido la fuerza muscular manual como parte de una gran batería de pruebas que se realizaron para evaluar el estado nutricional y la condición física. Por tanto, son datos útiles

al provenir de fuentes fiables, en unas poblaciones similares, y no ser datos aislados. Existe un estudio inglés realizado en el año 2009 en el que se evaluó la fuerza de presión en adolescentes de 10 a 16 años, para relacionarla con la edad y el género (32), cuya relevancia es mayor por la gran semejanza con el estudio que aquí se presenta. Nos referiremos a él como ING09.

Los resultados del estudio AVENA para la dinamometría manual (suma de las dinamometrías de ambas manos, medida en KgF) en chicos y chicas de 15,3 años, son de 70,1±15,9 KgF y de 50,9±8,6 KgF respectivamente, lo que indica que la fuerza muscular de los hombres es significativamente superior a la de las mujeres. En relación al peso, el estudio divide a los participantes según su IMC, mostrando los resultados que la fuerza muscular aumenta cuando se incrementa esta variable en todos los casos, salvo entre las categorías 3-4, sobrepeso-obesidad, de los hombres, tal como se puede observar en la tabla (ver Tabla 1).

Tabla 1. Resultados estudio AVENA

Table 3. Physical fitness and body composition by weight status groups

	n	Underweight (1)	Normal weight (2)	Overweight (3)	Obese (4)	P for trend	Post hoc pairwise comparisons						
							1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4	
Boys													
Handgrip (kg)	989	56.7 (2.0)	68.3 (0.5)	73.8 (0.9)	78.3 (1.6)	<0.001	<	<	<	<	<	<	NS
Girls													
Handgrip (kg)	1050	46.4 (1.1)	50.3 (0.3)	53.7 (0.6)	58.7 (1.4)	<0.001	<	<	<	<	<	<	<

Results expressed as adjusted mean (SEM). P for trend was calculated after adjustment for age and sexual maturation (ANCOVA). Example of pairwise comparison: the symbol < in the column 1-2 indicates a significant difference ($P < 0.05$) in the direction 1 < 2. NS: non-significant.

En el estudio HELENA también se evaluó la fuerza muscular de presión en hombres y mujeres de edades comprendidas entre los 12,5 y los 17,5 años, edades similares a las del presente estudio. Los resultados para la fuerza muscular de presión (de nuevo, sumando las puntuaciones máximas de cada mano) de los hombres y de las mujeres de la misma edad se encuentran en la Tabla 2 (ver Tabla 2). La diferencia de fuerzas entre hombres y mujeres es de 20,5 KgF de media, similar a la diferencia que se encuentra en el estudio AVENA para aproximadamente las mismas edades (19,2 KgF de media).

Tabla 2. Resultados estudio HELENA

Table 1 Descriptive characteristics of the study participants

	All (n = 1,053)	Males (n = 499)	Females (n = 554)	P value
Age (years)	14.9 ± 1.2	14.9 ± 1.3	14.9 ± 1.2	0.716
Weight (kg)	58.9 ± 12.4	62.1 ± 14.0	56.0 ± 10.2	<0.001
Height (m)	1.7 ± 0.1	1.7 ± 0.1	1.6 ± 0.1	<0.001
BMI (kg/m ²)	21.4 ± 3.6	21.4 ± 3.8	21.3 ± 3.4	0.972
Handgrip strength (kg) ^d	61.6 ± 18.1	72.7 ± 19.1	52.2 ± 9.9	<0.001
Handgrip/body weight	1.05 ± 0.24	1.18 ± 0.25	0.94 ± 0.18	<0.001

All values are mean ± standard deviation,

BMI body mass index

^d Sum of the scores of left and right hands

El estudio ING09 sobre la fuerza de presión en adolescentes de 10 a 16 años, a diferencia de los dos estudios ya mencionados, no utiliza como variable principal la suma de las puntuaciones de la fuerza de ambas manos, sino la fuerza máxima obtenida, independientemente de la mano que se hubiera utilizado. Así, los hombres de 15,4 años consiguieron alcanzar, de media, 39±7,9 KgF mientras que las mujeres de la misma edad obtuvieron una puntuación de 27,4±5,8 KgF (ver *Tabla 3*).

Tabla 3. Resultados estudio Inglaterra 2009

Table 1 Descriptive statistics for age, HG, mass and stature in 10- to 15.9-year-old English schoolchildren

	N	Mean age (years)	SD	HG (kg)	SD	Mass (kg)	SD	Stature (m)	SD
Boys									
10	282	10.5	0.29	16.6	3.9	37.8	8.6	1.42	7.1
11	690	11.6*	0.29	19.6*	4.7	42.7*	10.1	1.48*	7.4
12	684	12.5*	0.29	22.6*	5.7	47.1*	11.4	1.52*	8.7
13	797	13.5*	0.29	27.2*	6.6	53.4*	12.1	1.60*	9.2
14	608	14.5*	0.29	32.5*	7.6	58.3*	8.8	1.67*	12.4
15	365	15.4*	0.25	39.0*	7.9	65.5*	7.3	1.72*	12.0
Girls									
10	278	10.5	0.28	15.5 [†]	3.6	37.9	9.1	1.42	7.1
11	641	11.6*	0.29	18.7* [†]	4.3	43.9*	9.9	1.50*	7.4
12	918	12.5*	0.29	21.2* [†]	4.8	48.9*	11.3	1.54*	7.0
13	705	13.5*	0.29	23.5* [†]	5.0	52.7*	10.3	1.58*	7.0
14	495	14.4*	0.29	25.8* [†]	4.9	55.7*	10.4	1.60*	6.6
15	220	15.4*	0.26	27.4* [†]	5.8	56.4*	8.2	1.62*	6.8

*HG significantly different from previous age-group p < 0.001.

[†]HG significantly different between boys and girls within age p < 0.001.

Por otro lado, la comparación de la condición física de los adolescentes españoles con la de otros países presenta ciertas dificultades debido a la falta de homogeneidad de las metodologías utilizadas (22).

Hipótesis

Los hombres poseen mayor fuerza muscular que las mujeres, y ésta aumenta a medida que lo hace la edad, con valores equivalentes entre zurdos y diestros. El estado de mayor fuerza muscular se encuentra en el normopeso, siendo el bajo peso, el sobrepeso y la obesidad factores que provocan una disminución en la misma.

Objetivos

El objetivo principal de este estudio es buscar la relación que existe entre el crecimiento y desarrollo y la fuerza muscular en los adolescentes escolarizados, de ambos sexos, de la ciudad de Santander.

Por otro lado, como objetivos secundarios se encuentran:

- Describir el comportamiento de la fuerza muscular estática del tren superior en función de la edad.
- Describir el comportamiento de la fuerza muscular estática del tren superior en función del sexo.
- Describir el comportamiento de la fuerza muscular estática del tren superior en función de la lateralidad.
- Determinar la relación que existe entre la fuerza muscular estática del tren superior con el peso (en categorías de bajo peso, normopeso, sobrepeso y obesidad) tanto en hombres como en mujeres.
- Establecer la relación que existe entre la fuerza muscular estática de prensión en ambas manos en función de la mano usada, dominante y no dominante, en ambos sexos.

Materiales y métodos

Población y muestra

La población objeto del estudio la constituyeron los adolescentes escolarizados en la ciudad de Santander, con edades comprendidas entre los 12 y los 19 años. Se obtuvieron datos de 468 alumnos, de ambos sexos (255 hombres y 213 mujeres), de cursos situados entre 1º ESO y 1º de Bachillerato, ambos inclusive, hallándose las edades de aquellos entre los 12 y los 19 años (en el caso de alumnos repetidores). La muestra fue obtenida entre el alumnado perteneciente a tres Institutos de Educación Secundaria (IES): el IES Cantabria, el IES Peñacastillo y el IES Augusto González de Linares, en ese orden, situándose el primero en Santander y los dos restantes en Peñacastillo, núcleo urbano próximo a la capital de la provincia.

Trabajo de campo

La recogida de datos fue llevada a cabo por tres alumnos del Máster denominado "Condicionantes genéticos, nutricionales y ambientales en el crecimiento y el desarrollo" como parte de la asignatura de Prácticas Especializadas. Se desarrolló de lunes a viernes, durante el mes de abril, en las horas lectivas correspondientes a la asignatura de Educación Física. Además, el profesorado de esta asignatura facilitó las dependencias disponibles, situadas en el mismo pabellón en el que los alumnos realizan su clase, para colocar en ellas el aparataje. Las clases no se vieron interrumpidas ya que se llamó a los alumnos en parejas para que el resto pudieran continuar, por lo que las medidas se realizaron en mitad de sesiones de ejercicio físico.

Cuestionario

La recogida de datos consistió en:

- Fecha de nacimiento y la fecha de la toma de los datos (ambas con el formato día/mes/año), el sexo (hombre o mujer), la lateralidad (zurdo o diestro), el número de suspensos en la última evaluación, el curso en el que se encontraba el alumno y el nombre del instituto en el que se tomaban los datos.

- Toma de medidas antropométricas, peso (kg) y talla (cm) con un decimal en cada una, en dos tomas distintas y alternas para cada variable para así asegurar la correcta medida.
- Medida de la fuerza muscular (en KgF o kilogramos de fuerza, con un decimal) en las manos y en el tren inferior a través del uso de dos dinamómetros diferentes con tres tomas para cada una de las manos, y tres tomas en la dinamometría podal.
- Asimismo se realizó a cada alumno una cooximetría para recoger el valor de su monóxido de carbono (CO) en el aire espirado (en partes por millón o ppm).

Por último, se introdujeron los datos en una hoja de Excel. Para el posterior análisis estadístico, se exportaron los datos y se introdujeron en el programa IBM SPSS Statistics Version 19.0.0.

Materiales

Los materiales utilizados para la recogida de datos fueron:

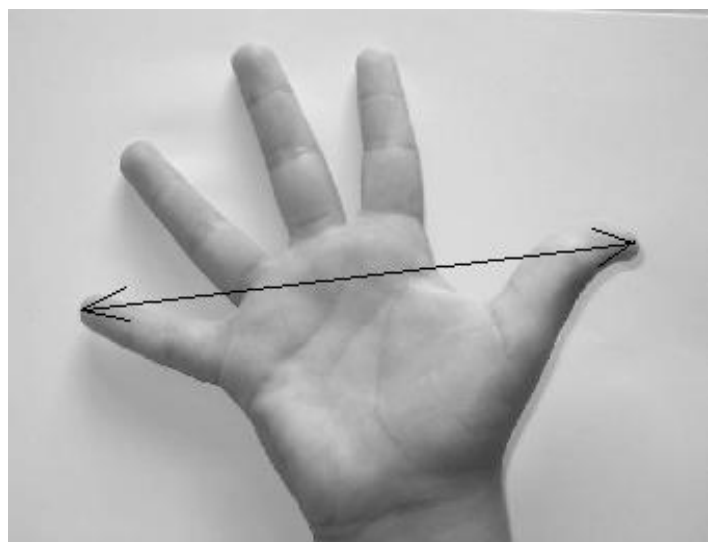
- Báscula electrónica para el peso (Modelo: SECA 869[1321004])
- Tallímetro portátil para la altura (Modelo: Leicester. SMSSE-0260)
- Cooxímetro para el CO (Modelo: PiCO Smokerlyzer)
- Dinamómetro isométrico manual digital para valorar la fuerza muscular en el tren superior (Modelo: TKK 5101 Grip D; Takey, Tokio Japan)
- Dinamómetro isométrico podal digital para valorar la fuerza muscular en el tren inferior (Modelo: TKK 5002; Takey, Tokio Japan)



Procedimiento de evaluación de la fuerza de prensión

El dinamómetro para medir la fuerza manual tiene una manija ajustable que se adapta al tamaño de la mano y mide la fuerza muscular entre 0 y 100kg en intervalos de 0,1kg. Por tanto, antes de usar el dinamómetro manual, se adaptó la distancia desde la manija hasta el extremo para que resultara una posición estandarizada y cómoda para cada sujeto. Para ello se midió previamente en cada individuo el tamaño de su mano con una plantilla milimetrada. La posición para la medida fue con el cuerpo erguido y con el brazo y el antebrazo colocados rectos, ligeramente abducidos y unidos al cuerpo, mientras se mide la fuerza de prensión de cada mano.

Se le indicó a cada adolescente que debía comprimir el dinamómetro con la máxima fuerza posible mediante una contracción máxima breve sin realizar ningún otro movimiento corporal adicional. Se realizaron tres pruebas alternas con cada mano, dando un tiempo de descanso de un minuto entre cada prueba en la misma mano. La mano escogida para la primera prueba se seleccionó aleatoriamente, aunque habitualmente los participantes utilizaban la mano derecha. Finalmente, se debe seleccionar como la fuerza básica del sujeto aquella medida más elevada para cada mano. Se utilizará además la suma de los dos valores más elevados en cada mano como variable para el análisis estadístico.



Resultados

Consideraciones Previas

Los resultados de las variables que sigan una distribución normal se expresarán como el valor de la Media \pm Desviación Estándar, es decir, $M \pm DE$. Los resultados de las variables que no sigan una distribución normal se expresarán como la Mediana \pm Rango Intercuartílico, es decir, $Md \pm IQR$. Se utilizó el test Shapiro-Wilk para la evaluación de la normalidad de todas las variables, independientemente del tamaño de los subgrupos analizados. Los valores de significación iguales o por encima de 0,05 aceptaban la hipótesis nula y, por tanto, confirmaban la distribución normal de la variable. Los valores por debajo de 0,05 negaban la hipótesis nula, lo que indicaban que la distribución de la variable no era normal.

Por otro lado, a no ser que se indique lo contrario, los resultados para la dinamometría manual se expresarán como la suma de las máximas puntuaciones obtenidas en cada mano (SUMADM), tanto en varones como en mujeres.

Por último, todos aquellos resultados que se refieran al grupo de alumnos con 17 años de edad, engloban también a 22 alumnos de ambos sexos de 18 y 19 años que se determinó que, por el bajo número de individuos en cada grupo, eran poco representativos para analizarlos en conjuntos independientes.

Resultados del estudio

Según el test Shapiro-Wilk, la edad de la población ($N=468$) no sigue una distribución normal, situándose en 15 ± 3 años. La fuerza manual de la misma tampoco seguía una distribución normal, obteniendo un valor de $27,1 \pm 10,6$ KgF para la DMD, $25,5 \pm 10,2$ KgF para la DMI y $52,45 \pm 20,38$ KgF para la SUMADM.

Cuando se analizó la normalidad de la edad al separar la población por sexos, los resultados mostraron que ni la edad de los hombres ($N=255$) ni la de las mujeres ($N=213$) seguía una distribución normal ($p < 0,001$). La edad de los hombres se situó en 14 ± 3 años y la de las mujeres en 15 ± 3 años. Según la prueba no paramétrica “U de Mann-Witney”, existían

diferencias significativas, obteniendo los hombres valores más altos de fuerza que las mujeres para las tres variables de fuerza manual ($p < 0,001$ en ambas tres); los valores de ellos fueron de: DMD=33,2±12,40 KgF, DMI=30,5±12,2 KgF, y SUMADM=64,10±25 KgF; los valores de ellas fueron de: DMD=25±5 KgF, DMI=23±25,15 KgF y SUMADM=48,40±9,5 KgF.

Se analizaron las diferencias de fuerza entre grupos de edad cuando no se tenía en cuenta el sexo de la población a través de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Los resultados del análisis demostraron que existían diferencias significativas entre los grupos de edad ($p < 0,001$ para DMD, DMI y SUMADM), pero se debe aclarar que con este tipo de contrastes no paramétricos no es posible realizar contrastes a posteriori para evaluar las diferencias específicas entre cada grupo.

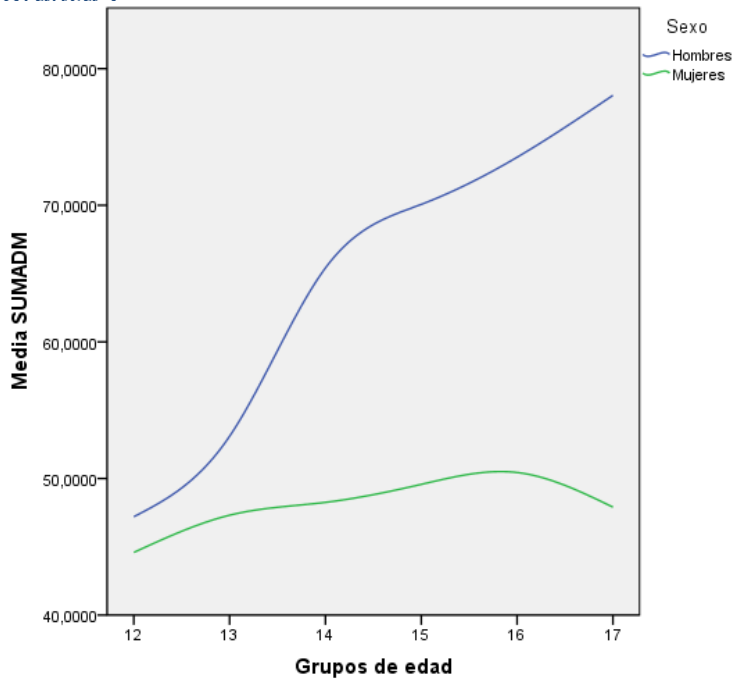
Tras analizar la normalidad de las variables estudiadas después de segregar a la población por sexo y edad, los resultados del test S-W revelaron que salvo el IMC, el resto de variables sí seguían una distribución normal. En la tabla 4 se pueden apreciar los resultados del IMC, la DMD, la DMI, la SUMADM, la DD y la DND para cada categoría de edades en ambos sexos. En el gráfico contiguo se puede observar como en el caso de los hombres, no así en el de las mujeres, la fuerza tiene una tendencia a incrementarse en todos los rangos de edad.

Tabla 4. Resultados presente estudio

	Frecuencia	IMC	DMD	DMI	SUMADM	DD	DND	
Hombres	12	37	18,94±3,81	24,22±6,62	22,98±4,28	47,2±8,70	24,27±4,62	22,93±4,26
	13	51	19,88±4,11	27,69±6,14	25,41±6,46	53,1±12,33	27,66±6,31	25,43±6,29
	14	43	21,12±4,81	33,4±7	32±7,46	65,41±14,17	33,71±7,38	31,7±7,01
	15	42	22,69±5,85	35,91±7,38	34,16±7,26	70,07±14,26	36±7,18	34,07±7,43
	16	51	21,30±3,78	38,04±6,85	35,48±6,16	73,52±12,51	38±6,87	35,51±6,15
	17	31	21,71±4,82	39,84±9,1	38,21±8,13	78,05±16,48	40,65±8,96	37,39±8,03
	Total	255	21,02±4,72	33,05±8,69	31,15±8,46	64,20±16,83	32,94±9,25	30,76±8,72
Mujeres	12	30	20,04±4,71	23,16±3,36	21,43±3,23	44,59±6,28	23,33±4,19	21,27±3,22
	13	41	20,63±3,70	24,52±4,22	22,79±4	47,31±8,05	24,39±4,21	22,93±4,07
	14	31	22,22±3,51	24,91±4,04	23,35±4,21	48,24±7,84	24,93±4,05	23,33±4,19
	15	37	20,89±5	25,68±3,85	23,9±3,03	49,57±6,37	25,7±3,66	23,87±3,23
	16	45	22,37±4,84	26,19±3,67	24,25±3,95	50,44±6,84	26,39±3,6	24,04±3,9
	17	29	21±3,19	24,77±3,39	22,97±3,99	47,73±6,95	24,86±3,37	23,04±4,08
	Total	213	21,04±4,35	24,97±3,87	23,2±3,83	48,18±7,26	24,92±4,18	23,06±4,17

Los resultados sombreados en verde están expresados como Md±IQR; Los no sombreados como M±DE

Gráfica 1



En la Gráfica nº 1 se puede observar el aumento de la fuerza estática en los hombres, cuya mayor pendiente, y por tanto, mayor incremento, se produce de los 13 a los 14 años. Las mujeres sufren un levísimo aumento progresivo desde los 12 a los 16 años. El descenso que se produce de los 16 a los 17 años puede ser debido al bajo número muestral que no es representativo.

Se analizaron las diferencias en la fuerza estática (SUMADM) entre hombres y mujeres a través del test ANOVA, arrojando los resultados que ya se pueden apreciar en la gráfica nº1. Salvo a la edad de 12 años ($p=0,173$), en el resto de las edades se encontraron diferencias significativas entre hombres y mujeres, con una $p<0,05$ a los 13 años y una $p<0,001$ a los 14, 15, 16 y 17 años.

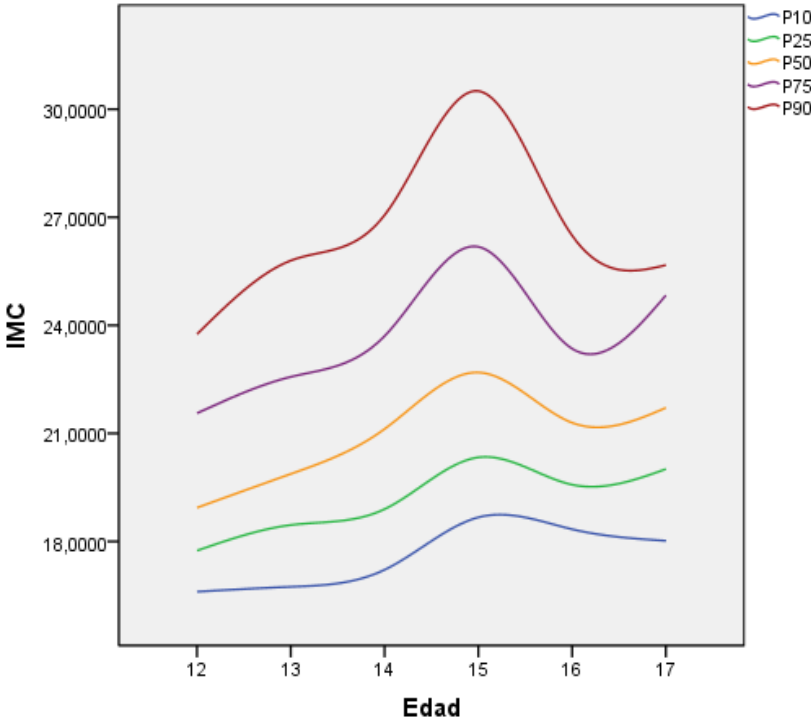
El peso de la población no siguió una distribución normal según el test S-W ($p<0,001$), pero sí la talla ($p=0,131$). Cuando se analizó a la población después de separarla por sexos, el test mostró que ninguna de las dos variables, ni peso ni talla, seguía una distribución normal ni en hombres ni en mujeres ($p<0,001$). Se calculó a partir de peso y talla el IMC, y se analizó la variable con el mismo test, que reveló que no seguía una distribución normal, ni antes ni después de separar a la población por sexos ($p<0,001$). El IMC de los hombres fue de $21,02\pm 4,72$ y el de las mujeres de $21,04\pm 4,35$. En las gráficas nº2 y nº3 se pueden observar la tendencia a través de la edad de los percentiles 10, 25, 50, 75, 90 de IMC.

Se dividió a la población en cuatro categorías en cuanto al IMC que poseían: Bajo Peso, Normopeso, Sobrepeso y Obesidad. Se tomaron como referencia las tablas realizadas por Cole y cols en el año 2000 (33) y en el año 2007 (34) que contienen los puntos de corte internacionales del IMC para el diagnóstico de bajo peso, sobrepeso y obesidad en niños y niñas desde los 2 a los 18 años. El grupo de Bajo Peso incluyó los grados 1, 2 y 3, por el bajo número de adolescentes en los grupos 2 y 3, y la consecuente falta de poder estadístico.

Gráfica 2

Percentiles de IMC

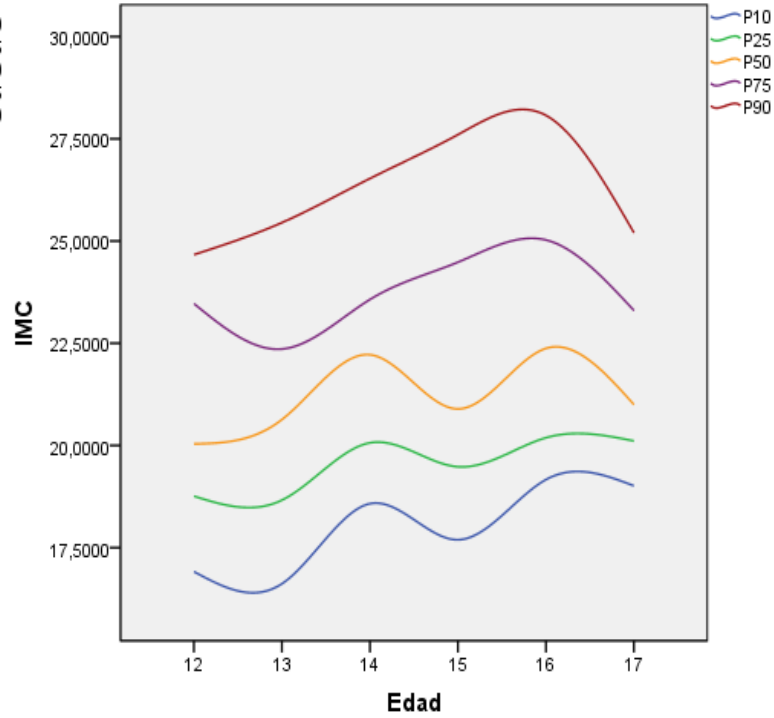
Sexo: Hombres



Gráfica 3

Percentiles de IMC

Sexo: Mujeres



En la siguientes tablas se pueden apreciar las frecuencias de cada categoría y las diferencias que se han encontrado en la fuerza muscular estática manual (SUMADM) en cada sexo entre cada categoría de peso. Se realizó el test S-W para el análisis de normalidad de la variable SUMADM para cada categoría de peso. El test reveló que SUMADM seguía una distribución normal en cada categoría tanto en hombres como en mujeres ($p > 0,05$ en los ocho casos). A continuación se realizó el test ANOVA y se comprobó que existían diferencias significativas entre los grupos, tanto en hombres como en mujeres, con el mismo nivel de significación ($p = 0,004$). El test Bonferroni reveló que existían diferencias significativas entre algunas de las categorías (ver Tabla 4).

Tabla 5

		Bajo Peso	Normopeso	Sobrepeso	Obesidad	POST-HOC (Bonferroni)					
Categorías		1	2	3	4	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
Hombres	N=255	20	165	57	13						
SUMADM		59,52±16,39	62,45±16,46	68,25±16,48	75,95±17,1	NS	NS	<	NS	<	NS
Mujeres	N=213	8	152	43	10						
SUMADM		40,95±6,41	48,33±7,17	47,79±6,21	53,31±9,51	<	NS	<	NS	NS	NS

NS: Diferencias No Significativas

Se examinó la normalidad de las variables DMD, DMI, SUMADM, DD y DND cuando se dividía a la población por lateralidad y sexo. Todas las categorías siguieron una distribución normal ($p>0,05$) según el test S-W. En la tabla siguiente pueden observarse las frecuencias y los valores obtenidos.

Tabla 6

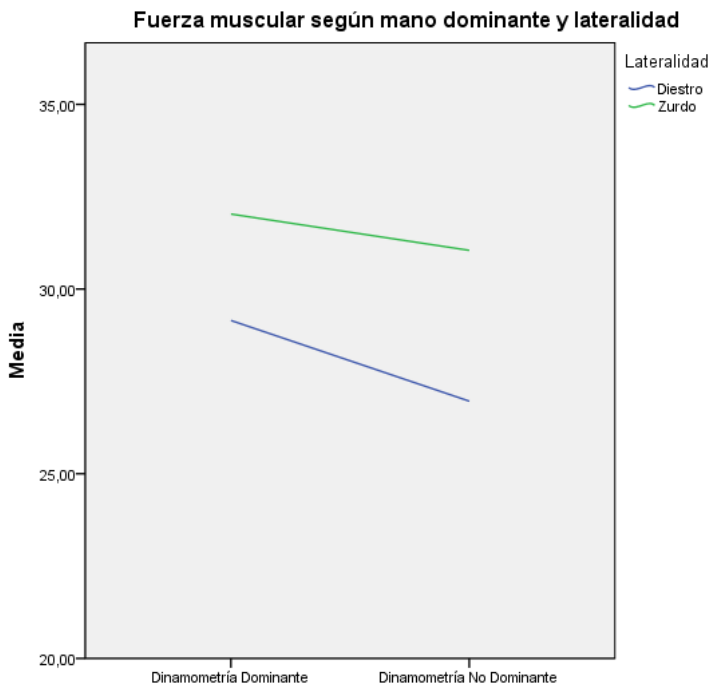
Hombres Diestros (14,39 ± 1,64 años)						Mujeres Diestras (14,50 ± 1,62 años)					
	DMD	DMI	SUMADM	DD	DND		DMD	DMI	SUMAMD	DD	DND
N	219	219	219	219	219	N	193	193	193	193	193
Media	32,78	30,43	63,21	32,78	30,43	Media	25,02	23,03	48,05	25,02	23,03
Desv. Típ.	8,79	8,23	16,77	8,79	8,23	Desv. Típ	3,86	3,82	7,29	3,86	3,82
Hombres Zurdos (14,78 ± 1,57 años)						Mujeres Zurdas (14,74 ± 1,88 años)					
N	34	34	34	34	34	N	19	19	19	19	19
Media	34,66	35,89	70,55	35,89	34,66	Media	24,58	25,13	49,71	25,13	24,58
Desv Típ.	7,97	8,59	16,17	8,59	7,97	Desv Típ	4,11	3,5	7,11	3,5	4,11

Tanto las mujeres como los hombres diestros fueron, según el test ANOVA, significativamente más débiles que las mujeres y los hombres zurdos. Los hombres zurdos fueron más fuertes que los diestros tanto con la mano izquierda ($p<0,001$) como con la suma de ambas manos ($p<0,05$). En la DMD de los hombres no se encontraron diferencias significativas. Las mujeres zurdas también fueron significativamente más fuertes que las diestras con la mano izquierda ($p<0,05$), pero no se encontraron diferencias significativas en la DMD y en la SUMADM entre mujeres zurdas y diestras. El resultado de ANOVA reveló que las diferencias entre ambos grupos, antes de separar por sexo, son significativas ($p=0,002$).

Tras separar a la muestra por sexo, lateralidad y edad, se encontraron dificultades para realizar el análisis, ya que la muestra no era lo suficientemente grande como para haber captado suficientes sujetos en grupos tan filtrados. Es decir, algunos grupos como las mujeres zurdas de 14 años constaban tan solo de 1 sujeto.

Se buscó también la relación que podía existir entre la lateralidad y la fuerza de prensión, es decir, si en términos generales, se es más fuerte con la mano dominante (DD) o con la no dominante (DND). Según el test S-W, las variables siguieron una distribución normal tanto en diestros como en zurdos en ambos sexos. En la tabla 5 pueden observarse las frecuencias y valores obtenidos por cada grupo. El test ANOVA reveló que los zurdos fueron

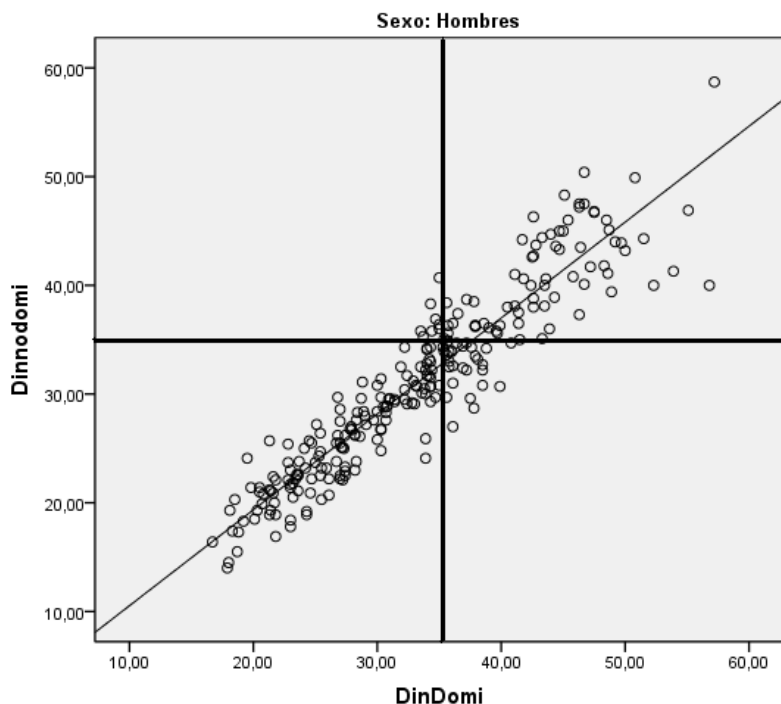
Gráfica 4



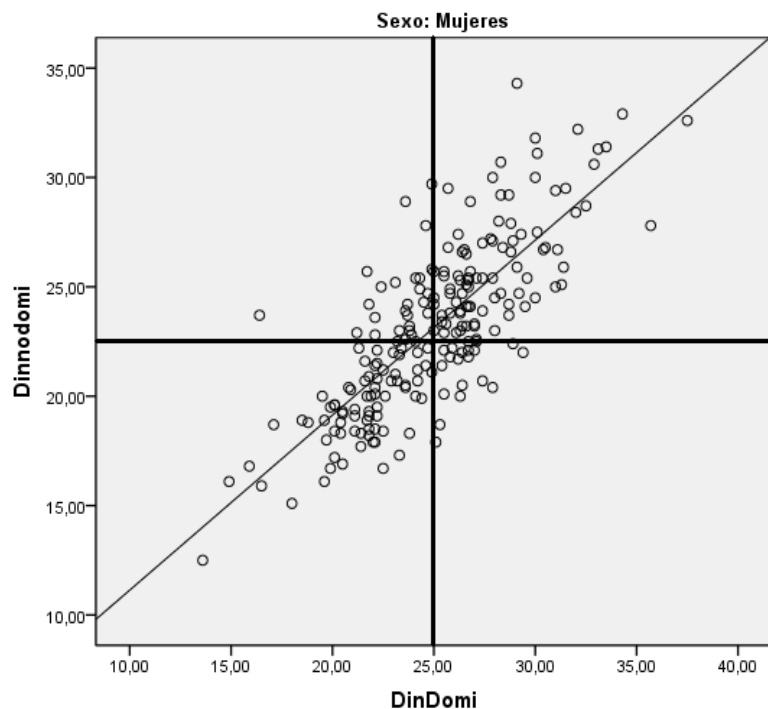
significativamente más fuertes que los diestros con su mano no dominante ($p < 0,05$), y que las diferencias entre hombres diestros y zurdos con su mano dominante fueron cercanas a la significación ($p = 0,056$). No se encontraron diferencias significativas entre los grupos de mujeres diestras y zurdas. En la gráfica se puede observar el comportamiento de la fuerza muscular en función de la lateralidad.

Se buscó la asociación o independencia que existía entre las variables DD y DND, para lo cual se realizaron pruebas de correlación y regresión. El test de correlación de Pearson reveló que existía asociación entre DD y DND tanto en hombres (Coef. de Pearson = 0,936) como en mujeres (Coef. de Pearson = 0,791) en la población de la que proviene la muestra, y que dicha asociación, dados los resultados, muestra una elevada correlación directa, tal como se puede observar en los diagramas de dispersión nº5 y nº6.

Gráfica 5



Gráfica 6



simple. Los resultados obtenidos dieron lugar a la construcción de la recta. En los hombres, la constante “a” o valor de la ordenada en el origen fue de 2,409, y el coeficiente de regresión “b” o pendiente de la recta fue de 0,993. Esto significa que por cada 1 KgF que aumenta la DD, la DND aumentará de promedio 0,993 KgF. En las mujeres, la constante “a” fue de 6,927, y el coeficiente de regresión “b” o pendiente de la recta fue de 0,782. De nuevo, esto significa que por cada 1 KgF que aumente la DD, la DND aumentará 0,782 KgF.

Por último, antes de terminar con el apartado “Resultados”, utilizando como referencia la máxima fuerza alcanzada independientemente de si se trata de la dinamometría manual izquierda o derecha (DINMAX), se analizaron las diferencias que existían entre hombres y mujeres, después del ajuste por edades. Se realiza este análisis con la intención expresa de poder realizar comparaciones con el estudio ING09.

Se analizó la normalidad de la variable después de separar a la población por sexo y por edad. Todos los subgrupos siguieron una distribución normal ($p > 0,05$) según el test S-W. En la tabla nº7 se pueden observar los valores obtenidos por ambos sexos en las diferentes categorías de edad. Un primer análisis con el test ANOVA reveló que existían diferencias significativas entre los grupos de edad en ambos sexos ($p < 0,001$ en los hombres y $p < 0,05$ en las mujeres). Además, el mismo test mostró que existían diferencias significativas entre hombres y mujeres en todas las edades salvo a los 12 años, tal como ocurría con SUMADM. Por tanto, los hombres fueron significativamente más fuertes que las mujeres a los 13 años ($p < 0,05$) y a los 14, 15, 16 y 17 años ($p < 0,001$).

Tabla 7

DINMAX						
Grupos de edad	N	Media	Desv. típ.	N	Media	Desv. típ.
12	37	24,5405	4,61257	30	23,4100	3,31302
13	51	27,9784	6,15351	41	24,6488	4,11996
14	43	34,1163	7,39916	31	25,3097	3,96815
15	42	36,3143	7,28040	37	25,9946	3,71049
16	51	38,3843	6,89351	45	26,8756	3,46044
17	31	41,0419	8,95804	29	25,1828	3,51335
Total	255	33,5569	8,82201	213	25,3474	3,81891

Rojo: Resultados Hombres; Azul: Resultados Mujeres

El test a posteriori Bonferroni para establecer las diferencias entre cada grupo mostró

diferencias significativas entre varios grupos de edad, de los cuales cabe mencionar aquellos grupos con diferencias significativas que además son consecutivos. Se trata de los hombres de 13 y 14 años, con valores de significación de $p < 0,001$.

Discusión

Diferencias en la fuerza muscular manual entre sexos

En el presente estudio, no habiendo diferencias significativas en la edad media entre hombres y mujeres ($14,44 \pm 1,63$ y $14,53 \pm 1,65$ años respectivamente), los varones obtuvieron una puntuación, en la suma de dinamometrías derecha e izquierda, de $64,20 \pm 16,83$ KgF, mientras que las chicas alcanzaron los $48,18 \pm 7,26$ KgF. Son 16,02 KgF a favor de los chicos. Los resultados para la dinamometría unilateral máxima (de una sola dinamometría, aquella en la que obtuvieran más puntuación) fueron de $33,56 \pm 8,82$ KgF para los chicos y de $25,35 \pm 3,82$ KgF, una diferencia de 8,21 KgF. Se confirma la hipótesis de que los hombres son significativamente más fuertes que las mujeres.

En el estudio AVENA, con una edad media ligeramente más elevada que en nuestro estudio en ambos sexos (15,3 años), ellos consiguieron de media $70,1 \pm 15,9$ KgF y las chicas $50,9 \pm 8,9$ KgF. La diferencia de fuerzas es de 19,2kg de nuevo a favor de los chicos. Las diferencias fueron estadísticamente significativas. Los resultados son ligeramente más elevados en las mujeres y sustancialmente más altos en los hombres cuando se comparan con los de nuestro estudio. Esto podría explicarse con las diferencias en la edad de los participantes, que en el estudio AVENA eran más altas. Pequeñas diferencias en la edad en una etapa crítica del desarrollo en la que el crecimiento es muy acelerado pueden traducirse en una diferencia de fuerza reseñable como la que aquí se describe.

En los participantes del estudio HELENA tenían una edad media, en ambos sexos, de $14,9 \pm 1,3$ años. Los hombres presentaron una fuerza muscular máxima de prensión de $72,7 \pm 19,1$ KgF y las mujeres de $52,2 \pm 9,9$ KgF, siendo la diferencia de 20,5 KgF, resultado similar al del estudio AVENA. Las diferencias fueron estadísticamente significativas. Si tenemos en cuenta que las diferencias entre hombres y mujeres se hacen más notables cuanto más edad tienen, hasta que alcanzan la madurez ambos sexos, es normal que los valores obtenidos en el estudio HELENA sean más elevados que los obtenidos en el presente estudio.

En cuanto al estudio ING09, con una edad media de ambos sexos de 15,4 años, los chicos

presentaron una fuerza máxima unilateral de $39\pm 7,9$ KgF, mientras que las chicas consiguieron $27,4\pm 5,8$ KgF, una diferencia de 11,6 KgF. Teniendo en cuenta que la edad media de los participantes de este estudio es, otra vez, aproximadamente un año más alta, no es extraño que la fuerza máxima de prensión unilateral sea más elevada que en el estudio que nos ocupa. Esta hipótesis es confirmada cuando en la muestra del presente estudio se selecciona una submuestra con una edad media de 15,4 años y se analiza la fuerza unilateral máxima, tanto en hombres como en mujeres. Las diferencias entre hombres y mujeres es la misma en los dos estudios, de aproximadamente 11 KgF en ambos.

Por tanto, no se encontraron diferencias patentes en la fuerza de hombres y mujeres entre este estudio y los ya comentados, siendo análogos los resultados. Los hombres obtuvieron en todos los casos valores significativamente más altos de fuerza estática de prensión que las mujeres.

Cabe mencionar que todas las veces se instó tanto a hombres como a mujeres a que realizaran el mayor esfuerzo posible durante las dinamometrías y se les estimuló mientras las desarrollaban. Sin embargo, ya sea por la condición de competición que le atribuyeron los varones a las pruebas, dio la sensación a los investigadores, de que éstos realizaban las dinamometrías con más entusiasmo e intensidad que las mujeres, lo que podría explicar en algunos casos las diferencias tan marcadas entre sexos, y los bajos valores obtenidos por algunas de las mujeres. A pesar de ello, no se puede dejar de afirmar que a partir de los 12 años existe un dimorfismo sexual significativo, corroborándose el impacto del género sobre la fuerza muscular estática de la mano.

Diferencias en la fuerza muscular manual en relación a la edad

Tal como se ha podido observar en el apartado “Resultados”, los varones no solo han sido significativamente más fuertes que las mujeres cuando no se tiene en cuenta la edad, sino que también lo fueron cuando se buscaron las diferencias en cada grupo de edad (salvo en los 12 años). De la misma manera, también en el estudio ING09 los chicos fueron significativamente más fuertes que las chicas en cada edad. Estos resultados corroboran que las diferencias en la fuerza estática de prensión entre hombres y mujeres comienzan ya en la adolescencia, se acrecientan durante la misma y se mantienen hasta la madurez.

También se encontraron diferencias significativas entre las distintas edades en los varones ($p < 0,001$), pero no así en las mujeres, cuyo análisis dio como resultado $p = 0,056$, valores muy próximo a la significación estadística. Por lo tanto, se puede afirmar que los hombres mantienen diferencias marcadas en la fuerza muscular en relación con los años cumplidos. En las mujeres, en cambio, no se observaron diferencias significativas entre los grupos de edad, lo que indica que el comportamiento de la fuerza, en ellas, es más irregular y aleatorio. Corroboramos, en consecuencia, la hipótesis de que la fuerza muscular aumenta con los años, de una manera más patente en los hombres que en las mujeres por los niveles de significación observados.

Las diferencias entre grupos de edad más interesantes son aquellas que se dan entre grupos de edad contiguos. Como ya se vio en el apartado anterior, los hombres de 14 años, obtuvieron valores de fuerza muscular significativamente más altos que los hombres del grupo de edad previo, es decir, que los hombres de 13 años. Estos resultados parecen sugerir que el mayor incremento en la fuerza muscular en ellos se da desde los 13 a los 14 años, correspondiéndose con la edad de inicio de la adolescencia media. Es precisamente en esa fase en la cual siempre se ha situado la mayor tasa de crecimiento en los varones, que se produce más tarde en el tiempo que en las mujeres, pero con tasas más elevadas de crecimiento. Esta misma tendencia de desarrollo se puede observar en el estudio HELENA, en el que el mayor crecimiento se da también de los 13 a los 15 años.

Diferencias en la fuerza muscular manual en relación a la lateralidad

En cuanto a las diferencias entre diestros y zurdos, estos últimos demostraron ser más fuertes que los diestros, siendo la asociación estadísticamente significativa. Sin embargo, al separar la muestra por sexos, fueron tan solo los hombres zurdos los que obtuvieron diferencias estadísticamente significativas con los diestros, y no las mujeres, que no alcanzaron valores de significación. Puede ser debido a la baja representatividad de la muestra de mujeres zurdas por su reducido número de sujetos ($N=19$).

En un principio cabría aceptar la hipótesis de que tanto diestros como zurdos son más fuertes con su mano dominante. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en

la dinamometría manual derecha entre diestros y zurdos, ni en hombres ($p=0,242$) ni en mujeres ($p=0,634$); es decir, diestros y zurdos eran igual de fuertes con la mano derecha a pesar de la dominancia que debería de prevalecer sobre la no dominancia.

En cambio, en la dinamometría manual izquierda los resultados mostraron una fuerza muscular estática mayor entre los zurdos, tanto en hombres ($p<0,001$) como en mujeres ($p<0,05$). Estos resultados parecen indicar, por tanto, que los zurdos sí son más fuertes que los diestros con su mano dominante, la izquierda. No se han encontrado otros estudios que busquen la asociación entre la lateralidad y la fuerza muscular manual estática de las manos dominante y no dominante, por lo que los resultados no se pueden contrastar.

Además, se ha demostrado que existe una fuerte correlación lineal directa entre la fuerza muscular de la mano dominante y la de la no dominante. Esto significa que las fuerzas de la mano dominante y de la no dominante crecen de forma paralela, a razón de casi 1 KgF por cada 1 KgF en cada mano en los hombres, y de 0,743 KgF en la mano no dominante por cada 1 KgF en la mano dominante en las mujeres.

Por último, cabe mencionar que las diferencias entre la mano dominante y la mano no dominante en los zurdos son menores a las de los diestros, con una diferencia de 0,98 KgF de media en los zurdos, y de 2,19 KgF de media en los diestros. Aunque no se sabe a nivel fisiológico el porqué de este hecho, una explicación podría basarse en que el entorno está preparado para las personas diestras, por lo que los zurdos indefectiblemente tienen que ejercitar su mano derecha, y en cambio, los diestros solo ejercitan la derecha, en detrimento de su mano no dominante. Quedaría sin explicar por qué de los diestros poseen menos fuerza muscular estática de prensión en la mano derecha.

Diferencias en la fuerza muscular manual en relación al peso

El análisis de la muestra reveló que, tanto en hombres como en mujeres, existían diferencias significativas entre las categorías de peso según el test ANOVA ($p=0,004$). De hecho, el test a posteriori Bonferroni mostró que entre algunas de las categorías contiguas se dieron diferencias significativas, lo cual le da a los resultados aún más importancia.

La tendencia de la fuerza fue a aumentar a medida que aumentaba el IMC (salvo en las mujeres con sobrepeso), por lo que los resultados parecen sugerir que existe una asociación positiva entre el tamaño corporal y la fuerza muscular manual, si bien las diferencias no fueron en todos los casos significativas.

En cualquier caso, según estos resultados, no quedaría confirmada la hipótesis de partida que postulaba que la fuerza muscular decrece en cualquiera de los estados de peso alterado (bajo peso, sobrepeso y obesidad).

Si los comparamos con los resultados del estudio AVENA (en el que también se utilizaron los puntos de corte de Cole y cols para establecer las categorías de peso y cuya edad media, debe recordarse, que es ligeramente superior tanto en hombres como en mujeres) son patentes las similitudes al observar la fuerza muscular de los individuos de cada categoría. Las diferencias entre ellas, sin embargo, fueron similares en 5 de las 12 comparaciones.

El bajo número muestral de algunas de las categorías de peso (N=8 y N=10 las mujeres con bajo peso y obesidad respectivamente) produce dificultades para compararlas. Por ello, de haber obtenido una muestra mayor, pudieran haberse establecido más diferencias significativas entre las categorías, ya que cabe pensar que los valores mantendrían la misma tendencia de fuerza.

Otros estudios determinaron que no tanto el IMC o el tamaño corporal, como el peso magro, el porcentaje de grasa corporal o el área muscular del brazo, son unos indicadores que se correlacionan más fuertemente con la fuerza estática de la mano.

Conclusiones

Existieron diferencias significativas en la fuerza muscular manual entre hombres y mujeres para todas las categorías de edad, salvo a los 12 años. Los resultados de fuerza muscular se corresponden con los del resto de los estudios aunque son ligeramente más bajos, quizás como consecuencia de la diferencia de edad media. Por tanto, se suscribe la hipótesis de que **los hombres son más fuertes que las mujeres.**

En los hombres, la fuerza muscular siguió una tendencia creciente desde los 12 a los 17 años. El mayor incremento en la fuerza muscular se produjo entre los 13 y los 15 años, sugiriendo que es en esas edades donde se sitúa el periodo de mayor crecimiento y desarrollo muscular. Por consiguiente, **en los hombres la fuerza muscular aumenta a medida que lo hace la edad.**

En las mujeres ha sido más complicado extraer conclusiones ya que la fuerza no ha seguido una tendencia marcada de aumento a través de la edad. Estas irregularidades pueden estar debidas a la ausencia de motivación en la mayoría de las mujeres que participaron en el estudio, obteniendo valores que no se corresponden con su fuerza máxima manual real.

Después de separar por sexos, **los hombres zurdos demostraron ser significativamente más fuertes que los diestros** cuando se utilizaba para la comparación la fuerza muscular manual sumada de ambas manos. No así las mujeres que no mostraron diferencias significativas, aunque puede ser debido al bajo número de mujeres zurdas, que no es representativo.

Los resultados aislados para la dinamometría manual derecha no mostraron diferencias significativas según lateralidad ni en hombres ni en mujeres. En cambio, **tanto hombres como mujeres zurdos demostraron ser más fuertes que los diestros cuando se analizaron los resultados de la dinamometría manual izquierda.** Además, **los hombres zurdos fueron más fuertes que los diestros con la mano dominante y con la no dominante,** pero no las mujeres.

Por último, **la fuerza muscular estática de las manos parece aumentar significativamente a medida que aumenta el IMC en ambos sexos.** Las diferencias son notables y se pueden

apreciar entre varias de las categorías independientes. En cambio, la revisión de la bibliografía parece sugerir que existen otros indicadores como la masa magra que se corresponden mejor con la fuerza muscular que el tamaño corporal.

Agradecimientos

A María José Noriega, que me sigue la pista desde el primer curso de Enfermería, por su permanente respaldo, por su calidad y calidez humana, y por haberme enseñado mucho más que fisiología.

A Pedro de Rufino, por sus consejos siempre atinados y por orientarme en este trabajo.

A Elena Martínez, mi compañera de fatigas, por su apoyo y empatía, especialmente en los momentos más difíciles.

A Carlos Redondo, por compartir sus conocimientos (aparentemente ilimitados) de estadística.

A Teresa Amigo, por su gran disposición para ayudarme siempre que lo he necesitado.

Referencias

1. Tomkinson GR, Olds TS, Kang SJ, Kim DY. Secular trends in the aerobic fitness test performance and body mass index of Korean children and adolescents (1968-2000). *Int J Sports Med* 2007; 28: 314–20.
2. Castro-Pinero J, Artero EG, España-Romero V, Ortega FB, Sjostrom M, Suni J, et al. Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. *Br J Sports Med* 2009.
3. Inskip HM, Godfrey KM, Martin HJ, Simmonds SJ, Cooper C, Sayer AA. Size at birth and its relation to muscle strength in young adult women. *J Intern Med* 2007; 262: 368–74.
4. Sayer AA, Syddall HE, Dennison EM, Martin HJ, Phillips DI, Cooper C, et al. Grip strength and the metabolic syndrome: findings from the Hertfordshire Cohort Study. *QJM* 2007; 100: 707–13.
5. Benson AC, Torode ME, Singh MA. Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in children and adolescents. *Int J Pediatr Obes* 2006; 14: 222–31.
6. Ruiz JR, Ortega FB, Warnberg J, Moreno LA, Carrero JJ, Gonzalez-Gross M, et al. Inflammatory proteins and muscle strength in adolescents: the Avena study. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2008; 162: 462–8.
7. Metter EJ, Talbot LA, Schragger M, Conwit R. Skeletal muscle strength as a predictor of all-cause mortality in healthy men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002; 57(10):B359-65.
8. Rantanen T, Guralnik JM, Foley D, Masaki K, Leveille S, Curb JD, et al. Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *JAMA* 1999; 281: 558–60.
9. Trudeau F, Shephard RJ, Arsenault F, Laurencelle L. Tracking of physical fitness from childhood to adulthood. *Can J Appl Physiol* 2003; 28: 257–71.
10. Nussbaum RL, McInnes RR, Willard HF. *Genética en Medicina* (Thompson & Thompson). 7ª ed. Barcelona: Masson; 2004.
11. Hernández M. El patrón de crecimiento humano: factores que regulan el crecimiento. En: Argente J, Carrascosa A, Gracia R, Rodríguez-Hierro F, editores. *Tratado de endocrinología pediátrica y de la adolescencia*. Barcelona: Doyma; 2000. p. 63-81.
12. Carrascosa A, Ballabriga A. Crecimiento y nutrición. Retraso de crecimiento de origen nutricional. En: Ballabriga A, Carrascosa A, editores. *Nutrición en la infancia y*

- adolescencia. 2.ª ed. Madrid: Ergón; 2006. p. 891-918.
13. Thomis MA, Towne B. Genetic determinants of prepubertal and pubertal growth and development. *Food Nutr Bull* 2006; 27: S257-78.
 14. Ulijaszek SJ. The international growth standard for children and adolescent project: Environmental influences on preadolescent and adolescent growth in weight and height. *Food Nutr Bull* 2007; 27: S279-94.
 15. Jorde LB, Carey JC, Bamshad MJ, editores. *Genética médica*. 4ª ed. Madrid: Elsevier España, S.A; 2005. p. 26-59.
 16. Hernández M. Fisiología y valoración del crecimiento y la pubertad. *Pediatr Integral* 2007; 11(6): 471-84.
 17. Sahler OJZ, Wood BL. Teoría y conceptos del desarrollo en relación con la práctica pediátrica. En: Hoekelman RA, Adam HM, Nelson NM, Weitzman ML, Wilson MH, editores. *Atención Primaria en Pediatría*. 4ª ed. Madrid: Harcourt; 2002. p. 701-720.
 18. Carrascosa A, Fernández JM, Fernández C, Ferrandez A, López JP, Sánchez E, et al. Estudio transversal español de crecimiento 2008. Parte II: Valores de talla, peso e Índice de Masa Corporal desde el nacimiento a la talla adulta. *Anales de Pediatría* 2008; 68(6): 552-69.
 19. Casado de Frías E. Tendencia secular del crecimiento. *Anales de la Real Academia Nacional de Medicina* 1999; 56: 83-96.
 20. Carrascosa A. Obesidad durante la infancia y adolescencia. Una pandemia que reclama nuestra atención. *Med Clin (Barc)* 2006; 126: 693-4.
 21. Redondo C, Galdó G, García M, editores. *Atención al Adolescente*. Santander: PUBliCan, Universidad de Cantabria; 2008. p.153-64.
 22. Castellano G, Hidalgo MI, Redondo AM, editores. *Medicina de la Adolescencia. Atención integral*. 1ª Ed. Madrid: Ergón; 2004.
 23. Malina R. *Growth and development: the first twenty years in man*. Minneapolis: Burgess Publishing Company; 1975.
 24. De Ste Croix M. Muscle strength. En: Armstrong N, editor. *Pediatric exercise physiology*. United Kingdom: Elsevier; 2007. p 47-69.
 25. Pitcher CA, Elliott CM, Williams SA, Licari MK, Kuenzel A, Shipman PJ, et al. Childhood muscle morphology and strength: Alterations over six months of growth. *Muscle Nerve* 2012; 46: 360-6.
 26. Martínez-Vizcaíno V, Sánchez-López M. Relación entre actividad física y condición física

- en niños y adolescentes. *Rev Esp Cardiol* 2008; 61(2): 108-11.
27. Martín A, Ortega R. Actividad física y salud. En: Guillén M, Linares D, editores. *Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano*. Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2002. p. 401-410
 28. Heyward V. Evaluación de la aptitud muscular. En: Heyward V, editora. *Evaluación de la aptitud física y Prescripción del ejercicio*. 5ª Ed. Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2008. p. 117-139.
 29. Padilla C. Condición física, salud positiva psicosocial, conductas de riesgo y alteraciones psicósomáticas en niños de 6 a 17 años [Tesis Doctoral]. Cádiz: Universidad de Cádiz; 2010.
 30. Artero EG, España-Romero V, Ortega FB, Jiménez-Pavón D, Ruiz JR, Vicente-Rodriguez G, et al. Health-related fitness in adolescents: underweight, and not only overweight, as an influencing factor; the AVENA study. *Scand J Med Sci Sports* 2010; 20(3): 418-27.
 31. Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, Vicente-Rodriguez G, Bergman P, Vriendt TD, et al. Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The HELENA study 2008. *Int J Obes* 2008; 32: S49-S57.
 32. Cohen DD, Voss C, Taylor MJD, Stasinopoulos DM, Delextrat A, Sandercock GRH. Handgrip strength in English schoolchildren. *Acta Pædiatrica* 2010; 99: 1065-72.
 33. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* 2000; 320(7244): 1240-3.
 34. Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson AA. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ* 2007; 335(7612): 194-201.

Anexos

-Anexo 1: Percentiles 10, 25, 50, 75 y 90 de la fuerza muscular SUMADM en hombres y mujeres por grupos de edad

<i>Grupo de Edad</i>	<i>P10</i>	<i>P25</i>	<i>P50</i>	<i>P75</i>	<i>P90</i>
H-12	37,22	40,75	46,2	52,05	60,86
H-13	39,08	44,7	50,5	59	72,86
H-14	46,04	55,6	65,7	76,2	87,88
H-15	49,31	59,77	69	78,77	93,57
H-16	59,92	64,1	71,9	79,9	94,04
H-17	56,86	68,2	82,1	89,7	94,92
TOTAL	42,5	50,1	64,1	75,1	89,22
M-12	38,77	39,97	43,5	49,3	52,49
M-13	37,36	41,75	46,8	53	56,44
M-14	39,36	43	48,8	52,4	57,52
M-15	40,66	45,3	49,2	52,05	57,66
M-16	40,58	46,55	49,5	55	60,64
M-17	39,5	41,8	46,3	51,5	59
TOTAL	39,5	43	48,4	52,5	57,42

-Anexo 2: Frecuencias y porcentajes en las diferentes categorías de peso en grupos de edad y sexo

<i>Grupo de Edad</i>	<i>BAJO PESO</i>	<i>NORMOPESO</i>	<i>SOBREPESO</i>	<i>OBESIDAD</i>
H-12	3(8,1)	26(70,3)	7(18,9)	1(2,7)
H-13	1(2)	35(68,6)	13(25,5)	2(3,9)
H-14	1(2,3)	29(67,4)	10(23,3)	3(7)
H-15	1(2,4)	24(57,1)	11(26,2)	6(14,3)
H-16	3(5,9)	37(72,5)	10(19,6)	1(2)
H-17	11(35,5)	14(45,2)	6(19,4)	0(0)
TOTAL	20(7,8)	165(64,7)	57(22,4)	13(5,1)
M-12	0(0)	21(70)	7(23,3)	2(6,7)
M-13	3(7,3)	30(73,2)	7(17,1)	1(2,4)
M-14	1(3,2)	22(71)	6(19,4)	2(6,5)
M-15	3(8,1)	24(64,9)	8(21,6)	2(5,4)
M-16	0(0)	30(66,7)	12(26,7)	3(6,7)
M-17	1(3,4)	25(86,2)	3(10,3)	0(0)
TOTAL	8(3,8)	152(71,4)	43(20,2)	10(4,7)