

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Fèliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

0103-28760

0103-28760

- MADURACIÓN PUBERAL -

*Crecimiento,
composición corporal y
maduración psicomotora en la
condición física*

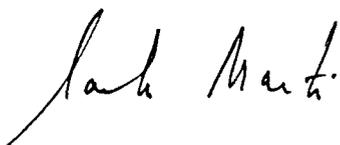
UNIVERSIDAD ROVIRA I VIRGILI

FACULTAD DE MEDICINA. REUS

Dr. Carles Martí Henneberg, profesor titular de Pediatría de la Facultad de Medicina de Reus. Universidad Rovira i Virgili.

CERTIFICA:

Que Albert Feliu Rovira, licenciado en Medicina y Cirugía, ha trabajado bajo mi dirección la Tesis Doctoral sobre el tema: MADURACIÓN PUBERAL: Crecimiento, composición corporal y maduración psicomotora en la condición física.



Reus, 5 de septiembre de 1993

Dr. Carles Martí Henneberg

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

A la Fàtima i a la nostra filla Maria

AGRAIMENTS

- ***Al Dr. Carles Martí que ha dirigit aquesta tesi, pel seu impuls constant al llarg de tot aquest treball i pel gran aport teòric i pràctic.***

- ***A la Dra. Moreno i a la Dra. Mentuy pel seu aport en el treball de camp i la seva gran disposició i col·laboració.***

- ***A la Dra. Clivillé i a la Dra. Canals per l'ajut en el treball de camp i l'aport dels resultats de les seves investigacions.***

- ***Al Dr. Joan Fernàndez per les seves orientacions en l'àmbit epidemiològic i estadístic.***

- ***Al Dr. Jordi Salas per la seva col·laboració en la realització dels tests físics.***

- ***A la Fàtima que m'ha donat suport al llarg de tot aquest treball i que m'ha ajudat en les tasques de confecció final.***

- ***Als meus pares, familiars i amics per el seu suport moral constant.***

- ***A tots els nens i nenes, que any darrera any han participat en aquest estudi i sense els quals aquest no hauria estat possible.***

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.-	<u>Desarrollo, maduración y capacidad física durante la pubertad</u>	2
1.1.1.-	Objetivos generales	2
1.1.2.-	Determinantes de las capacidades físicas	4
1.1.3.-	Estudios longitudinales multidisciplinares durante la pubertad	10
1.1.3.1.-	Base metodológica para el estudio del período puberal: estudios longitudinales	10
1.1.3.2.-	Marco bibliográfico	12
1.2.-	<u>Fisiología de la actividad física</u>	22
1.2.1.-	Fisiología cardio-circulatoria	22
1.2.2.-	Fisiología respiratoria	26
1.2.3.-	Metabolismo anaerobio alactático	29
1.2.4.-	Metabolismo anaerobio lactático	30
1.2.5.-	Metabolismo aerobio	33
1.3.-	<u>Valoración de la condición física</u>	37
1.3.1.-	Medición de la capacidad anaerobia alactática	37
1.3.2.-	Medición de la capacidad anaerobia lactática	38
1.3.2.1.-	Umbral anaerobio	42
1.3.3.-	Medición de la capacidad aerobia de producción de energía	43
1.3.3.1.-	Métodos directos	45
1.3.3.2.-	Métodos indirectos	47
1.3.4.-	Fuerza muscular	56
1.3.5.-	Flexibilidad	57
1.3.6.-	Coordinación motora	58

1.4.-	<u>Crecimiento y maduración puberal</u>	60
1.4.1.-	Factores que influyen sobre el crecimiento y el desarrollo puberal	60
1.4.2.-	Características del crecimiento durante la pubertad	63
1.4.2.1.-	Crecimiento en talla y peso durante la pubertad	63
1.4.3.-	Concepto de maduración puberal	65
1.4.3.1.-	Valoración de la maduración puberal	67
1.4.3.1.1.-	Maduración ósea	69
1.4.3.1.2.-	Adquisición de los caracteres sexuales secundarios	70
1.4.3.2.-	Secuencia madurativa puberal	75
1.4.4.-	Desarrollo físico y motor durante la pubertad.	78
1.5.-	<u>Composición corporal y maduración puberal</u>	80
1.5.1.-	Factores que influyen sobre la composición corporal	81
1.5.2.-	Métodos de valoración de la composición corporal	84
1.5.2.1.-	Antropometría	86
1.5.3.-	Evolución de la composición corporal a lo largo de la pubertad	92
1.5.4.-	Ejercicio físico y composición corporal	95
1.6.-	<u>Aspectos cognitivos y sociales de la pubertad y la adolescencia</u>	97
1.7.-	<u>Estudios de la condición física en escolares</u>	103

2.- OBJETIVOS DE ESTE ESTUDIO

2.1.-	<u>Justificación</u>	111
-------	----------------------	-----

2.2.-	<u>Objetivos específicos</u>	112
<u>3.- MATERIAL Y MÉTODOS</u>		
3.1.-	<u>Descripción de los individuos incluidos en el estudio.</u>	116
3.1.1.-	Procedencia	116
3.1.2.-	Edades y nivel madurativo	118
3.1.3.-	Número de individuos y seguimiento	120
3.1.4.-	Práctica deportiva	122
3.1.5.-	Características familiares	124
3.1.5.1.-	Lugar de procedencia de los padres	124
3.1.5.2.-	Nivel de instrucción de los padres	125
3.1.5.3.-	Profesión de los padres	127
3.2.-	<u>Pruebas y tests realizados</u>	129
3.2.1.-	PRUEBAS FÍSICAS	131
3.2.1.1.-	Tiempo de suspensión de brazos en barra	131
3.2.1.2.-	Salto vertical	132
3.2.1.3.-	Flexión del tronco sobre las piernas	133
3.2.1.4.-	Tapar 50 veces 2 platos	134
3.2.1.5.-	Carrera de 10 X 5 metros	135
3.2.1.6.-	P W C 170	136
3.2.2.-	ANTROPOMETRÍA	138
3.2.3.-	VALORACIÓN DE LA MADURACIÓN PUBERAL	143
3.2.4.-	VALORACIÓN PSICOLÓGICA	144
3.2.4.1.-	Test de Raven	144
3.2.4.2.-	Test de aptitudes escolares (TEA)	145
3.2.4.3.-	Test de atención (caras)	145

3.2.5.-	VALORACIÓN DE LOS RITMOS MADURATIVOS	147
---------	--------------------------------------	-----

3.2.6.-	VALORACIÓN DEL NIVEL SOCIOECONÓMICO	148
---------	-------------------------------------	-----

4.- RESULTADOS ANTROPOMETRÍA

4.1.-	<u>Resultados antropometría</u>	152
-------	---------------------------------	-----

5.- ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS FÍSICAS

APARTADO 1 - PWC 170

1.-	<u>RESULTADOS</u>	
1.1.-	Resultados de la prueba de PWC 170. Distribuciones por edad, sexo y nivel madurativo.	170
1.2.-	Relación con las variables antropométricas y de composición corporal.	176
1.3.-	Relación con las variables psicológicas.	180
1.4.-	Análisis de regresión múltiple.	180
1.5.-	Evolución de la prueba en los distintos grupos de ritmos madurativos.	184
1.6.-	Relación de la PWC 170 con los niveles socioeconómicos.	190
2.-	<u>DISCUSIÓN</u>	
2.1.-	Metodología y significado de la prueba.	194
2.2.-	Valoración de la prueba por edades y estadios madurativos.	198
2.3.-	Relación de la prueba con las variables antropométricas, de composición corporal y psicológicas.	201

2.4.-	Relación de la prueba con los ritmos madurativos.	204
2.5.-	Relación de la prueba con el nivel socioeconómico.	206
3.-	<u>CONCLUSIONES</u>	208

APARTADO 2 - SUSPENSIÓN EN BARRA

1.-	<u>RESULTADOS</u>	
1.1.-	Resultados de la prueba de suspensión en barra. Distribuciones por edad, sexo y nivel madurativo.	214
1.2.-	Relación con las variables antropométricas y de composición corporal.	222
1.3.-	Relación con las variables psicológicas.	226
1.4.-	Análisis de regresión múltiple.	229
1.5.-	Evolución de la prueba en los distintos grupos de ritmos madurativos.	232
1.6.-	Relación de la prueba en los distintos grupos de nivel socioeconómico.	238
2.-	<u>DISCUSIÓN</u>	
2.1.-	Metodología y significado de la prueba.	242
2.2.-	Valores de la prueba por edades y estadios madurativos.	244
2.3.-	Relación de la prueba con las variables antropométricas, de composición corporal y psicológicas.	251
2.4.-	Relación de la prueba con los ritmos madurativos.	254

2.5.-	Relación de la prueba con el nivel socioeconómico.	255
-------	--	-----

3.-	<u>CONCLUSIONES</u>	257
-----	---------------------	-----

APARTADO 3 - SALTO VERTICAL

1.-	<u>RESULTADOS</u>	
1.1.-	Resultados de la prueba del salto vertical. Distribuciones por edad, sexo y nivel madurativo.	262
1.2.-	Relación con las variables antropométricas y de composición corporal.	270
1.3.-	Relación de la prueba con las variables psicológicas.	275
1.4.-	Análisis de regresión múltiple.	278
1.5.-	Evolución de la prueba en los distintos grupos de ritmos madurativos.	282
1.6.-	Relación del salto vertical con el nivel socioeconómico.	288
2.-	<u>DISCUSIÓN</u>	
2.1.-	Metodología y significado de la prueba.	295
2.2.-	Valoración de la prueba por edades y estadios madurativos.	297
2.3.-	Relación de la prueba con las variables antropométricas, de composición corporal y psicológicas.	299
2.4.-	Relación de la prueba con los ritmos madurativos.	304
2.5.-	Relación de la prueba con el nivel socioeconómico.	305

3.-	<u>CONCLUSIONES</u>	308
 <u>APARTADO 4 - CARRERA 5 X 10 m</u>		
1.-	<u>RESULTADOS</u>	
1.1.-	Resultados de la prueba de la carrera de 5 X 10 m. Distribuciones por edad, sexo y nivel madurativo.	314
1.2.-	Relación con las variables antropométricas y de composición corporal.	322
1.3.-	Relación de la prueba con las variables psicológicas.	323
1.4.-	Análisis de regresión múltiple.	326
1.5.-	Evolución de la prueba en los distintos grupos de ritmos madurativos.	327
1.6.-	Evolución de la prueba en los distintos grupos de nivel socioeconómico.	332
2.-	<u>DISCUSIÓN</u>	
2.1.-	Metodología y significado de la prueba.	336
2.2.-	Valores de la prueba por edades y estadios madurativos.	339
2.3.-	Relación de la prueba con las variables antropométricas, de composición corporal y psicológicas.	343
2.4.-	Relación de la prueba con los ritmos madurativos.	345
2.5.-	Relación de la prueba con el nivel socioeconómico.	345
3.-	<u>CONCLUSIONES</u>	348

APARTADO 5 - TAPAR PLATOS

1.-	<u>RESULTADOS</u>	
1.1.-	Resultados de la prueba de tapar platos. Distribuciones por edad, sexo y nivel madurativo.	352
1.2.-	Relación con las variables antropométricas y de composición corporal.	360
1.3.-	Relación de la prueba con las variables psicológicas.	360
1.4.-	Análisis de regresión múltiple.	364
1.5.-	Evolución de la prueba en los distintos grupos de ritmos madurativos.	366
1.6.-	Evolución de la prueba en los distintos grupos de nivel socioeconómico.	372
2.-	<u>DISCUSIÓN</u>	
2.1.-	Metodología y significado de la prueba.	376
2.2.-	Valoración de la prueba por edades y estadios madurativos.	379
2.3.-	Relación de la prueba con las variables antropométricas, de composición corporal y psicológicas.	383
2.4.-	Relación de la prueba con los ritmos madurativos.	385
2.5.-	Relación de la prueba con el nivel socioeconómico.	386
3.-	<u>CONCLUSIONES</u>	388

APARTADO 6 - FLEXIÓN DEL TRONCO

1.-	<u>RESULTADOS</u>	
------------	--------------------------	--

1.1.-	Resultados de la prueba de flexión del tronco. Distribución por edad, sexo y nivel madurativo.	392
1.2.-	Relación con las variables antropométricas y de composición corporal.	400
1.3.-	Relación de la prueba con las variables psicológicas.	400
1.4.-	Análisis de regresión múltiple.	401
1.5.-	Evolución de la prueba en los distintos grupos de ritmos madurativos.	401
1.6.-	Evolución de la prueba en los distintos grupos de nivel socioeconómico.	406
2.-	<u>DISCUSIÓN</u>	
2.1.-	Metodología y significado de la prueba.	410
2.2.-	Valoración de la prueba por edades y estadios madurativos.	412
2.3.-	Relación de la prueba con las variables antropométricas, de composición corporal y psicológicas.	414
2.4.-	Relación de la prueba con los ritmos madurativos.	416
2.5.-	Relación de la prueba con el nivel socioeconómico.	418
3.-	<u>CONCLUSIONES</u>	420
	<u>6.- CONCLUSIONES GENERALES</u>	424
	<u>7.- BIBLIOGRAFÍA</u>	430

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

1.- INTRODUCCIÓN

Introducción

1.1.- DESARROLLO, MADURACIÓN Y CAPACIDAD FÍSICA DURANTE LA PUBERTAD.

1.1.1.- OBJETIVOS GENERALES

El estudio científico de la relación entre rendimiento físico y el desarrollo puberal empezó en el primer tercio de este siglo (Baldwin B.T. 1921); desde entonces hasta ahora, numerosos trabajos han estudiado la etapa de la pubertad y la adolescencia y su relación con el desarrollo de las capacidades físicas. El motivo de la proliferación de tantos estudios ha sido la complejidad de fenómenos y cambios que se producen durante la pubertad, y las complejas relaciones que se establecen entre cada uno de ellos. En la etapa puberal se producen una serie de acontecimientos fisiológicos que, como resultado más aparente, acaban de expresar las diferencias fenotípicas entre ambos sexos. No obstante, los cambios que se producen abarcan aspectos muy más amplios; varía el tamaño y proporciones del cuerpo, la composición de los tejidos y existen además cambios de tipo funcional, psicológico y conductual (Tanner J.M. 1962). Todos estos cambios se ven influenciados a su vez por un gran número de variables que darán lugar al individuo adulto.

.....*Introducción*

Uno de los aspectos que sufre mayores cambios durante la pubertad son las capacidades físicas. El intento de mejorar el rendimiento físico hizo que muchos trabajos se orientasen a conocer los factores que lo determinan y su evolución durante la etapa puberal.

Los estudios que se han desarrollado en este campo han tenido una doble orientación: en primer lugar, una serie de trabajos de carácter médico-deportivos centrados en conocer los factores que pueden modificar el rendimiento físico, para poder actuar sobre ellos y conseguir así mejores resultados deportivos (Mero A. 1988)(Krahenbuhl G.S. y cols. 1989)(Mészáros J. y cols 1989)(Levarlet-Joye H. 1990) (Feliu A. y cols. 1991)(Klusiewicz A. y cols. 1992)(Delgado A. y cols. 1993), y un segundo grupo mucho más sugerente, que se concentrarían en poder conocer cuales son los aspectos que influyen en la adquisición de las capacidades físicas y qué peso ejerce cada uno de ellos sobre los distintos aspectos del rendimiento físico (Katch V.L. 1983) (Kemper H.C.G. 1986)(Pérusse L. y cols. 1987)(Rutenfrantz J. y cols. 1990)(Lynn L. y cols 1991)(Schöner G. y cols. 1992). Existen muchos aspectos además del código genético que influyen sobre cada capacidad física: el proceso madurativo, la composición corporal, el desarrollo psicológico, la edad, el nivel socioeconómico, el sexo, etc. Establecer las

Introducción

relaciones de estas variables entre si y con las capacidades físicas nos puede ayudar a comprender mejor la complejidad del proceso de adquisición de estas capacidades. En este sentido, se han realizado numerosos estudios, que intentan relacionar la composición corporal, la antropometría, los somatotipos, la histología muscular etc. con la adquisición de distintas capacidades físicas. Estos trabajos serán presentados brevemente en el siguiente apartado (1.1.2.-). Por último, tenemos una serie de trabajos que se desarrollan dentro una óptica puramente puberal y que tienen un carácter multidisciplinario. Estos trabajos serán analizados ampliamente en el apartado 1.1.3.- (Estudios multidisciplinarios durante la pubertad).

1.1.2.- DETERMINANTES DE LAS CAPACIDADES FÍSICAS

La comprensión global de los factores que juegan algún papel en el rendimiento físico y del peso específico de cada uno de ellos, nos permitirá no sólo tener unos criterios objetivos para la selección de deportistas, sino también crear un marco favorable para la práctica deportiva.

Son muchos los factores que determinan las capacidades físicas y funcionales de un individuo. El código genético es

.....*Introducción*

responsable de una parte de dichas capacidades (Pérusse L. y cols. 1987), aunque una gran parte está ligada al entrenamiento, que produce una clara mejoría de las distintas capacidades físicas, dependiendo del tipo de ejercicio realizado, de la intensidad y del tiempo de realización (McArdle W.D. y cols. 1986).

Otro factor que influye en la capacidad física es la composición corporal (Rutenfranz J. y cols. 1981), la cual se halla ligada tanto a la herencia, como a la edad, estatura, factores hormonales, nutrición y al propio entrenamiento.

La edad es uno de los parámetros que modifican más intensamente todas las capacidades deportivas; existe un elevado incremento de la VO_2 máxima al aumentar la edad (Kemper H.C.G. y cols. 1987, Mercier J. y cols. 1986). La edad influye también en la posibilidad de mejorar esta VO_2 máxima mediante el entrenamiento, el cual empieza a ser determinante a partir de los 11 años (Borms J. 1986).

La capacidad anaerobia láctica es menor en el niño que en el adulto (Eriksson B.O. y cols. 1974) y presenta un importante aumento con la edad hasta los 20 a 22 años en el varón (Crielaard J.M. y cols. 1986).

La pubertad induce cambios que transforman la apariencia y función del organismo y modifican la composición y

Introducción

fisiología corporal. Estos fenómenos, si bien están ligados a la edad cronológica, muestran sin embargo una gran variabilidad interindividual tanto en el tiempo de aparición como en el ritmo y velocidad con que se producen (Martí-Henneberg C. 1987).

Estas diferencias individuales pueden condicionar la capacidad física de los deportistas, que según su edad cronológica se encuentren en una misma categoría deportiva y sin embargo, posean características madurativas muy diferentes. Por este motivo, diversos estudios ponen en relación aspectos de la capacidad física con el pico máximo de crecimiento (Kemper H.C.G. y cols. 1985(a), Vander Eynde B. y cols. 1988), con la maduración ósea (Vander Eynde B. y cols. 1988) o con los estadios madurativos de Tanner (Boulton J. 1981, Douglas B. y cols. 1986).

Otros factores que pueden influir sobre el rendimiento físico hacen referencia a aspectos como el social o el psicológico, que han sido menos estudiados (Salmela J.H. 1984) (Lindgren G.W. 1988) (Font Ceros J. 1991).

Son muchas y variadas las motivaciones que impulsan al adolescente a practicar un determinado deporte y no siempre tienen relación directa con el propio deporte. Según Masland R. (1983), los motivos por los cuales un adolescente

.....*Introducción*

practica un determinado deporte pueden resumirse en 4 tipos generales que tienen distintos pesos según el individuo:

- Alcanzar confianza en uno mismo y mejorar la propia imagen.
- Forma de combatir el aburrimiento.
- Socializar o establecer amistades y determinadas relaciones sociales.
- Forma de alcanzar determinadas metas en la vida.

Además de estas motivaciones, existen también algunos condicionantes económicos que no podemos olvidar y que limitan en muchos casos la práctica de determinados deportes:

- Existen unos deportes que no son accesibles a niveles económicos bajos dado que el material que se requiere es caro o bien necesitan de determinados medios de transporte para practicarlo.
- La necesidad de trabajar que tienen algunos adolescentes, impide en ciertos casos que un deporte iniciado en la infancia pueda continuarse durante la adolescencia.
- La inseguridad psicológica que afecta al "pobre" puede convertirse en un factor limitante (Kidd B. 1978).
- Las diferencias entre las escuelas públicas y privadas, a veces pueden comportar unas diferencias en cuanto a

Introducción

medios para practicar un deporte.

Todo este conjunto de factores obligan a que se desarrolle un marco psicológico y social dentro del cual pueda desarrollarse el deportista, que consistiría según Hughson R. (1986) en: mantener un ambiente de competencia en el cual el niño se sienta capaz de controlar sus acciones produciéndole además un sentimiento de gratificación, intentando incluir al niño dentro de programas de competición en los que aprenda a resolver situaciones difíciles mediante posturas constructivas. Debería existir además, una buena coordinación entre los distintos organismos deportivos intentando promocionar el deporte sin ningún tipo de distinciones.

La práctica de un deporte durante la adolescencia es un fenómeno que suele comenzar en la época infantil y que sigue 3 etapas bien definidas desde que el niño se inclina por un determinado deporte, hasta que éste pasa a practicarlo de forma competitiva: en una primera fase, el niño empieza a practicar el deporte como un juego que le proporciona determinadas satisfacciones y que no interfiere demasiado en el resto de actividades diarias, más bien al contrario, las complementa y potencia. En una segunda fase, se transforma en una actividad diaria, como el comer o el dormir. Es la fase donde se inicia en las actividades competitivas. La

.....**Introducción**

última fase, que suele coincidir con la adolescencia y prolongarse incluso después de ella, se caracteriza porque el deporte termina siendo un régimen de vida que marca y condiciona todas las demás actividades de la vida cotidiana. Cabe señalar que esta última fase es alcanzada tan solo por reducidos y escogidos grupos de deportistas.

Introducción

**1.1.3.- ESTUDIOS LONGITUDINALES MULTIDISCIPLINARIOS
DURANTE LA PUBERTAD**

**1.1.3.1.- BASE METODOLÓGICA PARA EL ESTUDIO DEL PERÍODO
PUBERAL: ESTUDIOS LONGITUDINALES**

Los cambios individuales que se producen durante el crecimiento en relación a la capacidad física, la composición corporal, la antropometría o bien la maduración psicológica, pueden analizarse mediante estudios de tipo transversal, longitudinal o mixto. De todos ellos, los estudios que tienen una mayor consistencia son los que analizan los mismos individuos repetidamente a lo largo de un período de tiempo (estudios longitudinales).

En este apartado haremos una especial referencia a la metodología, ventajas y inconvenientes de los estudios longitudinales para después, en el siguiente apartado, hacer una descripción de los principales estudios multidisciplinares de la pubertad haciendo, especial referencia a los que han utilizado una metodología longitudinal.

Dentro de los estudios longitudinales podemos distinguir dos grandes grupos: un primer grupo en el que se sigue y mide un grupo de individuos sin realizar ningún tipo de intervención

.....*Introducción*

sobre ellos y un segundo grupo que, por el contrario, el investigador introduce de forma activa algún cambio en todo o parte del grupo a seguir. En este caso estaremos frente a un estudio de tipo experimental.

Son muchas las razones por las cuales la presencia de estudios longitudinales no es muy abundante en la literatura; quizás la más importante sea el elevado costo tanto económico como humano que un estudio longitudinal representa. Son estudios que además suelen ser muy largos, dado que deberemos seguir a un grupo de individuos durante varios años con una mínima pérdida de individuos, lo que pone a prueba la capacidad de muchos centros de investigación puesto que los resultados finales del estudio tienen una demora importante en el tiempo.

Las ventajas de este tipo de estudios son muy importantes: por una parte permiten obtener una imagen real e individual de los fenómenos que se estudian, permiten además despejar la duda que siempre existe en los estudios transversales de si las diferencias observadas en dos grupos de individuos de distintas edades son debidas a la evolución propia de la edad o bien se trata de un fenómeno debido a que estamos comparando grupos de individuos distintos. Por último, una de las mayores ventajas que tienen los estudios con un planteamiento longitudinal, es la posibilidad de trabajar

Introducción

con incrementos o ritmos; por ejemplo: en un estudio transversal podemos estudiar la relación de la talla con una prueba física, mientras que con un estudio de tipo longitudinal podremos además valorar la relación entre el incremento de talla con el incremento de una prueba física en un período de tiempo determinado. Esta nueva dimensión del estudio longitudinal lo convierte en un estudio idóneo en un período de tiempo como la pubertad, en el cual existe una multitud de variaciones interindividuales que en otro tipo de estudio podrían quedar ocultas.

1.1.3.2.- MARCO BIBLIOGRÁFICO

En este apartado nos centraremos básicamente en analizar los estudios realizados con una metodología longitudinal y con una perspectiva multidisciplinaria en el análisis del período puberal. Como hemos señalado en el apartado anterior, no existe una gran abundancia de este tipo de estudios en la bibliografía; pese a ello, analizaremos sólo los principales estudios longitudinales o semi-longitudinales realizados durante el período puberal, dejando para posteriores apartados otro tipo de trabajos que, utilizando una distinta metodología, suelen investigar

.....*Introducción*

este período con una perspectiva mucho menos global, sin que ello signifique que no aporten importantes conocimientos sobre aspectos concretos.

Bajo esta perspectiva longitudinal, el primer trabajo aparecido fue el iniciado por Baldwin en 1921 en Iowa (U.S.A) (Baldwin B.T. 1921), en el que se realizan esencialmente medidas antropométricas (peso, talla, circunferencias corporales), pero también otro tipo de medidas como la capacidad respiratoria o la fuerza. Posteriormente este estudio fue retomado por Meredith incorporándose nuevas medidas como las de la composición corporal con la medición de los pliegues cutáneos de grasa (Meredith H.V. 1935). Estos estudios, pese a plantear algunas deficiencias de tipo metodológico, han tenido una gran importancia histórica no sólo por ser los primeros, sino porque en ellos se desarrollaron por primera vez técnicas de medición como la de la estatura utilizando un medidor de pared o el de los pliegues cutáneos mediante un plicómetro. El siguiente estudio longitudinal es el conocido por Harvard Growth Study iniciado por Dearborn en 1922 y que abarca un período de 12 años y unas edades desde los 5 a los 16 años. Este estudio se inició con aproximadamente 3600 individuos procedentes de escuelas públicas estadounidenses de Medford, Revere y Beverly. De estos individuos, se

Introducción

mantenían alrededor de 1000 al cabo de los 12 años que duró el estudio. En este amplio estudio se analizaron variables antropométricas y madurativas (maduración ósea), así como psicológicas y sociales. Las medidas realizadas fueron publicadas por Dearborn (Dearborn W.F. y cols. 1938) y se elaboraron posteriores análisis de aspectos psicológicos realizados por Shuttleworth (Shuttleworth F.K. 1940 (a,b)).

En 1928 se inicia en la Universidad de California el que fue llamado Berkeley Growth Study (Bayley N. 1940), en el se siguieron desde el nacimiento 31 niños y 30 niñas hasta la edad de 18 años. En este estudio se realizaron medidas del desarrollo físico, madurativo y psicológico. Al cabo de estos 18 años se pudo seguir correctamente a 47 individuos, alrededor del 70% de los individuos que iniciaron el estudio.

En la misma Universidad de California, se inicia el año 1932 un segundo estudio centrado en la etapa de la adolescencia llamado Adolescent Growth Study. En este trabajo, que tuvo una duración de 7 años, se siguieron un grupo de 120 niños y 120 niñas desde los 11 hasta los 18 años lográndose una permanencia en el estudio del 50% de ambos grupos. En este estudio, se introducen por primera vez medidas de carácter fisiológico y de capacidad física. Las principales pruebas realizadas en este estudio fueron la medición de la presión

.....**Introducción**

arterial, la frecuencia cardíaca, el consumo basal de oxígeno, un test de fuerza muscular, así como la valoración de la maduración puberal mediante la valoración de la maduración ósea que fue realizada a intervalos de 6 meses (Jones H.E. 1949). Podemos decir que el "Adolescent Growth Study" fue el primer trabajo que introdujo la medición de las capacidades físicas durante la pubertad en un grupo de individuos al que se sometió a un seguimiento longitudinal. Este hecho demostró por primera vez que durante el período de la pubertad no se produce ninguna etapa en la cual la fuerza o las capacidades motoras sufran ningún retroceso, hecho que con modelos de tipo transversal no se había podido demostrar (Espenschade A. 1947).

Las distintas experiencias y resultados de estos primeros estudios sirvieron para que Tanner iniciase el llamado Harpenden Growth Study. Este estudio se desarrolló en una ciudad pequeña de Inglaterra y en él se utilizó una metodología semi-longitudinal, estudiándose edades comprendidas entre los 3-5 años hasta los 13-18 años. La duración del estudio fue desde el año 1948 en el que había 360 niños y 450 niñas, hasta el año 1971 en el que quedaban 48 niños y 85 niñas incluidas en el estudio. Este estudio ofreció un seguimiento con una periodicidad de 3 meses y se concentró básicamente en el estudio antropométrico y

Introducción

madurativo del adolescente (Tanner J.M. y cols. 1976).

El "Harpenner Growth Study" sirvió para establecer algunas de las técnicas de medición que serían usadas en posteriores estudios que se fueron desarrollando en Europa bajo la coordinación del International Childrens Centre (I.C.C.) y que se llevaron a cabo bajo un punto de vista mucho más multidisciplinario, incorporando a las medidas antropométricas, otras de carácter sociológico, fisiológico, dietético o psicológico. La coordinación de estos estudios la realizó F. Falkner y N.P. Mase y fue recogida por el primero en un trabajo titulado: 25 Años de Investigaciones Internacionales Coordinadas: estudios longitudinales en crecimiento y desarrollo. (Falkner F. 1980).

El primero de los estudios que se realizaron de forma coordinada con el International Childrens Centre (I.C.C.) fue el llamado London Study que empezó en 1949 con 222 niños, que fueron seguidos de forma longitudinal desde los 0 a los 18 años; en este trabajo, además de las variables antropométricas y madurativas, se incluían valoraciones de tipo psicológico y sociológico (Moore T. y cols. 1954).

En 1953 empezó el segundo estudio coordinado por la I.C.C. y que se desarrollo en París. Este trabajo, como el anterior, abarcaría también desde los 0 a los 18 años y se realizaría con 237 niños y 260 niñas (Roy-Pernot M.P. y

.....**Introducción**

cols. 1976).

Otros estudios realizados coordinadamente con el I.C.C. fueron el Brussels Study, iniciado el año 1953 en Bélgica (Graffar M. y cols. 1966), el Stockolm/Göteborg Study, iniciado el año 1955 y que se desarrollo en Suecia (Karlberg P. y cols. 1976 , Taranger J. 1976) y el Zürich Study, iniciado en 1956 en Suiza (Largo R.H. y cols. 1978, 1983(a) 1983(b)).

Todos los estudios realizados dentro de la I.C.C siguieron unas pautas similares de medición; por una parte, durante el primer año, se realizaban mediciones trimestrales y durante el segundo y sucesivos, semestrales. En el caso del Zürich Study se reanudaban los períodos semestrales durante la etapa puberal.

Las coincidencias sobre el tipo de medidas que realizaban los distintos estudios de la I.C.C. eran básicamente en el en el campo de la antropometría y la maduración ósea.

Pese a algunas diferencias entre cada uno de los estudios del I.C.C., éstos marcaron una línea científica que fue seguida por otros grupos de investigación y colaboraron a consolidar las primeras experiencias claramente multidisciplinarias.

Tras casi dos décadas sin que en Estados Unidos se publicase apenas ningún estudio longitudinal sobre el crecimiento,

Introducción

comienza en 1956 el Melgord Boys' Growth Study, realizado por Clarke (Clarke H.H. 1978) en la Universidad de Oregón. Se trataba de un estudio semi-longitudinal que duró 12 años y que contó con una participación inicial de 109 niños que fueron seguidos anualmente desde los 7, 9, 12 y 15 años, hasta los 18, incorporándose nuevos individuos durante el año 1960. Este estudio tenía como objetivo principal el investigar los efectos del entrenamiento que se realizaba para las distintas prácticas deportivas escolares, sobre el desarrollo físico y psicológico. Una de las características principales que distinguía a este estudio fue que en él se analizaban variables de tipo motor y de condición física como punto central del estudio, poniéndose las otras variables de crecimiento en relación con éstas.

Los dos primeros estudios que obtuvieron resultados sobre el consumo máximo de oxígeno (capacidad aerobia) en el mismo grupo de individuos seguidos de forma longitudinal durante un período relativamente largo de tiempo, fueron "The Prague Growth Study" (Parizkova J. 1974, Sprynarova S. 1974) y "The Saskatchewan Growth and Development Study" (Bailey D.A. 1968, Carron and Bailey 1974, Mirwald R.L. 1980). El primero de ellos empezó el año 1961 y se realizó a partir de 143 varones con una edad media de 10.5 años, siguiéndose durante 7 años; este estudio se centró principalmente en la

.....*Introducción*

descripción de la actividad física.

"The Saskatchewan Growth and Development Study" empezó en el año 1964 con un grupo de niños de 7 años y en 1965 con un grupo de niñas de 7 años. Pese a que el estudio debía de tener una duración de 15 años, el seguimiento se realizó sólo hasta el año 1974, lo que representa 10 años de seguimiento en los niños y 9 en las niñas.

A partir de los dos estudios anteriormente citados, los estudios longitudinales empiezan a orientarse más sobre las capacidades físicas y empiezan a aparecer estudios centrados en poblaciones de niños deportistas. Este es el caso del estudio de Cunningham (Cunningham D.A. y cols. 1977 , 1981), el cual se centra en un grupo de deportistas de hockey que son seguidos anualmente desde los 10 a los 15 años, valorándose principalmente su capacidad aerobia y su nivel madurativo.

Los estudios más recientes tienen unos objetivos mucho más variados que los primeros estudios; se inician estudios que intentan buscar la influencia de diferentes modelos de educación física en los parámetros que miden diferentes capacidades físicas; este es el caso de una serie de estudios que compararon diferentes capacidades físicas de una serie de niños seguidos de los 8 a los 16 años pertenecientes a dos países distintos (Noruega y República

Introducción

Federal Alemana). En esta serie de estudios que fueron coordinados por Lange Andersen, Seliger y Rutenfranz, se compararon diversas variables como el consumo máximo de oxígeno (Lange Andersen y cols. 1974) y se intentó determinar la influencia de los programas de educación física sobre dichos parámetros (Lange Andersen y cols. 1976).

Ampliando la misma idea de relacionar la actividad física con las capacidades físicas, en otro estudio se parte de distintos grupos de niños de edades comprendidas entre los 12 y 15 que practican distintos deportes y se intenta observar su influencia sobre las distintas capacidades físicas, pero también sobre las fisiológicas, el estado de salud y sobre el desarrollo (Placheta Z. 1980).

Por último, existen una serie de trabajos cuyos objetivos son la descripción longitudinal y multidisciplinaria de la evolución de distintas capacidades físicas a lo largo del período puberal. Uno de estos estudios fue "The Leuven Growth Study of Belgian", que a diferencia de los demás estudios longitudinales en los que se analizaba a los individuos en el momento de su aniversario, medía a todos los individuos en el mismo período de tiempo en las escuelas (Ostyn M. y cols. 1980). En este estudio se produjo una gran pérdida de individuos que situó al cabo de 6 años al grupo

.....*Introducción*

en 587 individuos frente a los 4278 del grupo inicial.

Uno de los trabajos más recientes y que encuentra más similitudes con el nuestro, es el realizado en Holanda por Kemper (Kemper H.C.G. y cols. 1985 (c)). En este estudio, a parte de la descripción de la evolución de las capacidades físicas y del análisis psico-social, se quisieron investigar los cambios de dichos factores como determinantes del estado de salud de esta población.

Introducción

1.2.- FISIOLOGÍA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA

1.2.1.- FISIOLOGÍA CARDIO-CIRCULATORIA

Cuando se realiza un ejercicio físico, existen una serie de modificaciones en la fisiología normal del organismo que tienden a adaptarlo a un consumo extra de energía por parte de la musculatura. Existen dos aparatos cuya función se ve alterada notablemente de cara a cubrir las necesidades de oxígeno: aparato respiratorio y cardio-circulatorio.

El ejercicio incrementa el flujo sanguíneo a nivel muscular por un mecanismo de vasodilatación, que produce a su vez, una notable disminución de las resistencias periféricas pese al incremento del flujo sanguíneo. En reposo, sin embargo, hay vasoconstricción debido a un tono intrínseco de la musculatura lisa de los vasos (Dowell R.T. 1987).

Existen numerosos factores que determinan la vasodilatación a nivel muscular, como son el sistema nervioso autónomo, una baja tensión de oxígeno, una elevada concentración de CO₂ o el aumento del ácido láctico, entre otros.

Una gran vasodilatación a nivel de musculatura esquelética, exige una vasoconstricción que la compense a partir de los órganos viscerales y piel. A nivel venoso se producen también algunas adaptaciones inducidas por el sistema

.....*Introducción*

nervioso simpático, que tienden a reducir el volumen venoso total. Ello se ve potenciado por sistemas de bombeo mecánicos (musculatura, movimientos respiratorios) que aumentan el retorno venoso.

En la regulación del funcionalismo cardíaco se implican varios factores como los receptores aórticos y carotídeos, las catecolaminas o el sistema nervioso vegetativo, que determinan la frecuencia e intensidad de la contracción. Así mismo el riñón, el sistema renina-angiotensina y la extracción tisular de oxígeno tienen también un papel regulador en el funcionalismo cardíaco (Ardura J. 1989).

En ejercicio, la proporción del gasto cardíaco y volemia real están por debajo de los niveles de reposo en los órganos viscerales, a excepción del corazón en el que predominaban unos metabolitos vasodilatadores por encima de los efectos vasoconstrictores de la vasopresina (Symons J.D. y cols. 1993). Todo ello contribuye a un mayor abastecimiento de la musculatura, que puede llegar a aumentar hasta un 90 o un 100%.

El gasto cardíaco aumenta dependiendo de la intensidad de trabajo, lo que favorece además un incremento del aporte de sangre pulmonar para la respiración. Dicho aumento viene determinado por un incremento de la frecuencia cardíaca con mantenimiento del volumen sistólico, alcanzándose valores de

Introducción

15 litros/minuto en el desarrollo de un ejercicio físico moderado, frente a los aproximadamente 5 litros/minuto del reposo (Astrand P.O. 1977).

El volumen sistólico se mantiene pese a que el tiempo de llenado diastólico se ve notablemente reducido. Ello se consigue gracias a un aumento de la contractilidad ventricular que evita un incremento del volumen sistólico residual.

Existe una relación lineal entre la frecuencia cardíaca y la intensidad del trabajo físico, encontrándose valores muy similares en la frecuencia cardíaca para un determinado trabajo dentro de un mismo grupo de edad (Astrand P.O. y cols. 1961).

La presión arterial se ve también influenciada por el ejercicio físico: la tensión sistólica aumenta de forma considerable en ejercicios severos, sin que exceda de los 180 mm de Hg (Dowell R.T. 1987), dicha tensión se ha encontrado que vuelve a la normalidad en menos de un minuto en un 40% de varones y en un 21% de hembras jóvenes sometidos a un ejercicio intenso (Dirner O. y cols. 1990).

La tensión diastólica, en cambio, aumenta poco y sólo se manifiesta con un leve incremento de la tensión arterial media (Dowell R.T. 1987).

Los efectos cardio-circulatorios que se manifiestan en un

..... **Introducción**

ejercicio físico, no se producen sólo durante el desarrollo de dicho ejercicio sino que pueden prolongarse más allá de él, en personas entrenadas. Los cambios principales que se producen en este caso son: disminución de la frecuencia cardíaca de reposo, un aumento del volumen sistólico residual y una disminución del volumen sistólico, probablemente debido a una hipertrofia cardíaca secundaria al ejercicio. Recientes trabajos han observado también que un entrenamiento aerobio prolongado puede inducir a aumentos en la capacidad de transporte vascular coronario (Laughlin M.H. y cols. 1992).

Introducción

1.2.2.- FISIOLOGÍA RESPIRATORIA

Durante el ejercicio se producen unos mecanismos de compensación ventilatorios que tienden a proporcionar un mayor aporte de oxígeno así como una mayor eliminación de CO₂. Estos mecanismos se encuentran regulados por los centros respiratorios y se ha demostrado la existencia de una diferente sensibilidad a los niveles de CO₂ entre los niños y los adultos que produce en los niños una mayor respuesta ventilatoria durante el ejercicio (Gratas-Demarche A. y cols. 1993).

Un aumento gradual del trabajo en un ejercicio progresivo producirá un incremento en las necesidades de oxígeno y una elevación de la ventilación por minuto. Dicho aumento puede llegar a ser insuficiente para cargas de trabajo muy elevadas, activándose las vías anaerobias de producción de energía (umbral anaerobio). Esta activación va ligada a la producción de ácido láctico, lo que disminuye el PH sanguíneo y activa los mecanismos séricos y respiratorios de compensación. Se producirá por tanto, un incremento de la ventilación que eliminará el exceso de CO₂ sin que ello represente un aumento paralelo en el consumo de oxígeno. Este fenómeno queda reflejado por un parámetro llamado Equivalente Respiratorio (Vol.Ventilatorio/Consumo de Oxígeno),

..... *Introducción*

el cual aumenta linealmente con el ejercicio físico haciendo una inflexión positiva en el umbral anaerobio. Esto suele ocurrir alrededor del 60% del máximo consumo de oxígeno (Dupond D.C. y cols. 1987).

Cuando se inicia un ejercicio se produce un rápido aumento del consumo de oxígeno. Los aparatos cardio-circulatorios, respiratorios, junto con los mecanismos de producción de energía aerobia, requieren de un tiempo para adaptarse al nuevo estado. Durante este tiempo se produce un consumo de las reservas musculares y hay una producción anaerobia de energía. Se produce por tanto, un déficit de oxígeno.

Cuando el ejercicio cesa, el aparato respiratorio sigue funcionando por encima de los niveles de reposo durante un cierto tiempo. Ello es debido a la necesidad de recuperar la deuda de O₂ contraída en la primera fase del ejercicio, o lo que es lo mismo, se deben volver a llenar las reservas energéticas. Además, ello sirve para eliminar el CO₂ que queda en exceso.

Si el ejercicio se prolonga más allá de 10 ó 15 minutos, la captación máxima de oxígeno será un factor limitante. Es lo que se conoce como la capacidad aerobia máxima (VO₂ max), la cual no depende tan solo de la captación de oxígeno por parte de los pulmones, sino que depende en gran medida de los sistemas de transporte (cardio-circulatorios) y de la

Introducción

utilización a nivel muscular.

Cuando hay un incremento de trabajo se produce un aumento de la frecuencia respiratoria y el volumen corriente queda estabilizado a nivel de la mitad de la capacidad vital (Astrand P.O. 1977). En reposo, la fase inspiratoria es menor que la espiratoria; al aumentar la frecuencia respiratoria durante un ejercicio, la fase espiratoria disminuye a favor de la inspiratoria llegando casi a igualarla.

El pulmón sufre otras alteraciones durante el ejercicio que afectan a la tensión alveolar, aumento de la difusión alvéolo-capilar y una equiparación entre la ventilación y la perfusión.

La difusión de oxígeno se ve incrementada por un aumento en el gradiente de la presión parcial de oxígeno entre el alveolo y el capilar. Además, existe un aumento de la superficie alveolar efectiva dado que aumenta el número de alveolos ventilados, así como el lecho capilar (Dupond D.C. y cols. 1987).

.....*Introducción*

1.2.3.- METABOLISMO ANAEROBIO ALACTÁTICO

Este tipo de vía metabólica proporciona energía inmediata en el mismo momento de iniciarse un ejercicio. Es característica de las pruebas cortas e intensas.

Durante el desarrollo de un ejercicio físico se produce en su primera fase un consumo de ATP que procede de acúmulos musculares, de la formación de ATP y AMP a partir de 2 ADP y principalmente de la formación de ATP a partir de creatín fosfato (Saltin B. 1973).

La mayoría de fosfágeno utilizado, es a expensas de la fosfocreatina (FC) que produce una fosforilación del ADP en ATP. Las reservas de ATP muscular son utilizadas en menor medida hasta que otras vías de producción de energía aporten los ATP necesarios para desarrollar el ejercicio.

Mediante técnicas de biopsia muscular se han llegado a medir los depósitos de fosfágenos musculares en reposo. Estos depósitos son, por cada Kg de músculo, alrededor de 5 milimoles de ATP y 15 de CP (Hultman E. 1967).

Utilizando las mismas técnicas de biopsia muscular en el músculo cuádriceps, se han podido detectar los descensos que se producen en las reservas de fosfágenos tras un ejercicio físico corto. Se ha observado que dichas reservas, tras dos minutos de ejercicio, se han reducido a un valor constante

Introducción

respecto al reposo y que este valor es proporcional al trabajo físico realizado.

La recuperación de los depósitos de fosfágeno no se producirá en lo que dure el ejercicio, sino después del ejercicio.

La duración de la energía procedente de ATP y de CP, depende de la intensidad del ejercicio: andando = 1 minuto, corriendo = de 20 a 30 seg. y esprintando, alrededor de los 6 seg. (McArdle W.D. y cols. 1987 (a)).

Se dice que es necesario un esfuerzo máximo de 4 a 6 seg. para la evaluación de la potencia anaerobia inmediata de un grupo muscular (Di Prampero P.E. 1970), si bien ello dependerá del contenido de metabolitos como la fosfocreatina, que se ha podido comprobar dependen de la tipología muscular del individuo (esprinters, corredores de fondo o sedentarios) (Bernus G. y cols. 1993).

1.2.4.- METABOLISMO ANAEROBIO LACTÁTICO

Es un mecanismo de producción de energía a corto término durante ejercicios intensos. Si se prolonga el ejercicio máximo, se requerirá un suplemento de energía para la resíntesis de ATP.

.....*Introducción*

La energía de la fosforilación del ADP procede de la glucosa sanguínea y del glucógeno muscular, que se degradan mediante una glucólisis anaerobia, en donde el subproducto final es el ácido láctico. Por esta vía se obtendrán, por cada mol de ácido láctico, dos moles de ATP. Es una vía más lenta que la anterior, pero permite mantener ejercicios muy intensos durante un tiempo más prolongado.

Esta vía aporta el ATP necesario cuando el aporte de oxígeno es insuficiente. Esto ocurre al iniciarse un ejercicio hasta aproximadamente 1.5 minutos (McArdle W.D. y cols. 1987(a)), proporcionando al atleta una energía extra hasta que se producen algunos cambios funcionales (cardio-respiratorios) que permiten la adaptación a un ejercicio aerobio; la concentración de ácido láctico aumenta con mayor rapidez de los 10 a 180 seg. de un ejercicio intenso, y con la disminución del esfuerzo, hay una disminución de la cantidad total de ácido láctico (Karlsson J. 1971).

Cuando los requerimientos energéticos sobrepasan la capacidad aerobia de generación de ATP (umbral anaerobio), dicha vía vuelve a tener un papel importante en la producción de energía.

Todo ello no quiere decir que la vía del lactato se utilice tan solo en estas dos circunstancias (al principio del ejercicio y tras el umbral anaerobio). Hoy en día se cree

Introducción

que la producción de lactato se da a todos los niveles del ejercicio, existiendo un intercambio metabólico de lactato incluso en reposo en donde son detectadas concentraciones de lactato superiores a cero que se producen principalmente por los leucocitos, hematíes, cerebro pero también por el músculo (Mole P.A. 1987).

El nivel de lactato en un músculo en reposo es aproximadamente de 1 mmol/Kg, aumentando considerablemente en el ejercicio hasta llegar a concentraciones de 25 a 30 mmols/Kg. Este aumento espectacular, representa un desequilibrio entre la producción y liberación que se produce cuando el trabajo físico aumenta aproximadamente hasta niveles del 50 a 55% de la VO₂ máxima en individuos no entrenados (Karlsson J. y cols. 1972).

Cuando se habla de umbral de producción de lactato, debe entenderse como el punto de desequilibrio entre su producción y eliminación que repercute en un aumento en la tasa sanguínea. Ello se produce aproximadamente a un nivel de trabajo del 55 a 60% de la VO₂ máxima y no quiere decir que a niveles más bajos de trabajo la producción glicolítica anaerobia de energía sea nula (Mole P.A. 1987). Se han observado cambios en la producción de lactato dependiendo de la edad, sexo (Bovens A.M.P.M. y cols 1993) y el nivel de entrenamiento (Henrisson J. 1993).

.....*Introducción*

1.2.5.- METABOLISMO AEROBIO

Es un mecanismo de producción de energía que utiliza la vía oxidativa produciendo gran cantidad de energía en forma de ATP. Por cada glucosa se producirán 36 ATP mientras que por cada ácido graso de 18 carbonos se producirán 147 ATP tras la Beta oxidación y el ciclo de Krebs.

Esta vía se va instaurando lentamente alcanzando una importancia casi exclusiva a partir de los 3 minutos de ejercicio submáximo (McArdle W.D. y cols. 1987(e)).

La vía oxidativa de producción de energía requiere de substratos energéticos que en última instancia proceden de los nutrientes básicos (grasas, proteínas e hidratos de carbono). De forma más específica, los combustibles utilizados en mayor medida durante el ejercicio físico son: los ácidos grasos de cadena larga obtenidos por lipólisis a partir de los triglicéridos de los adipocitos, la glucosa sanguínea, el glucógeno muscular y en menor medida los aminoácidos y cetonas.

La técnica más empleada para la evaluación de los substratos empleados en el metabolismo energético es la calorimetría indirecta con el análisis del consumo de oxígeno, la excreción de CO₂ y la excreción de Nitrógeno urinario (urea). En esta técnica se presupone que el gasto energético

Introducción

se produce únicamente por la vía oxidativa, lo cual se puede considerar válido en reposo, pero puede conducir a errores importantes cuando se trata de ejercicios intensos (Mole P.A. 1987).

La contribución específica de cada uno de los combustibles en el metabolismo oxidativo puede estar influenciada por muchos factores, entre los cuales cabe destacar: la ingestión parcial de cada uno de los nutrientes, la intensidad y duración del ejercicio físico y el nivel de entrenamiento.

Cuando el metabolismo oxidativo se realiza a partir de las grasas, el cociente entre la expulsión de CO₂ y el consumo de O₂ (VCO₂/VO₂) es de 0.707, mientras que cuando se realiza a expensas de los hidratos de carbono, dicho cociente alcanza el valor de la unidad. Por tanto, cuanto más rica sea la dieta en hidratos de carbono, mayor será el cociente entre VCO₂ y VO₂ (Krogh A. y cols. 1920).

Cuando observamos la influencia de la intensidad y duración del ejercicio físico, se aprecia que para un ejercicio poco intenso las variaciones del cociente VCO₂/VO₂ son muy pequeñas; en primer lugar aparece un leve descenso tras el cual se mantiene a unos niveles iguales al reposo. Esto no ocurre cuando se trata de ejercicios más intensos, en donde, tras el descenso inicial se produce un aumento de la

..... *Introducción*

VCO₂/VO₂ hasta valores superiores a la unidad.

En un principio se creía que ello se debía a que, para ejercicios intensos, el consumo energético era a expensas de los hidratos de carbono. Tal afirmación se pone en duda y tiende a atribuirse, en parte, al papel que juegan otras vías energéticas de tipo anaerobio.

El estado de entrenamiento contribuye a mejorar las capacidades de rendimiento aerobio de producción de energía, disminuyendo el pico del cociente VCO₂/VO₂ en esfuerzos submáximos. A la vez aumenta el nivel de intensidad de ejercicio respecto al umbral de lactato, en que aparece un aumento de la VCO₂/VO₂. Este fenómeno se atribuye a la participación mayor de las grasas en el metabolismo oxidativo de las personas entrenadas (Hermansen L.H. y cols. 1967) (Henriksson J. 1992), así como a aumentos en los niveles de la proteína transportadora de glucosa Glut-4 (Etgen G.J.Jr. y cols. 1993). Este fenómeno, a su vez, podría explicarse por una mayor utilización del metabolismo aerobio en decremento del lactático, lo que disminuiría el cociente VCO₂/VO₂ a través de tres mecanismos: por un lado, el rendimiento de los hidratos de carbono por la vía oxidativa es mayor, por lo que se utilizarían menos depósitos para un mismo ejercicio físico, y por otro lado, la disminución del lactato reduciría considerablemente la

Introducción

producción de CO₂ (Mole P.A. 1987).

Existen también algunos trabajos recientes que realcionan los valores iniciales altos de glucógeno muscular con un incremento de la resistencia, posponiendo la deplección muscular de glucógeno (Bosch A.N. y cols. 1993).

.....*Introducción*

1.3.- VALORACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA

1.3.1.- MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD ANAEROBIA ALACTÁTICA

Esta vía metabólica se caracteriza por la utilización de las reservas de ATP y CP musculares.

Los tipos de ejercicios que utiliza esta vía metabólica son los denominados ejercicios de potencia. Para su medición se han utilizado diferentes tests físicos encaminados a medir dicha potencia por la fórmula clásica de trabajo partido por tiempo; el trabajo es la fuerza por la distancia en la que se aplica.

Uno de los tests más utilizados es el test de Margaria (McArdle W.D. y cols. 1987(b)), en el cual el individuo debe subir seis escalones de tres en tres en el mínimo tiempo posible. La potencia viene determinada por la fuerza (peso del individuo en Newtons), la distancia (altura entre el primer y último escalón) y el tiempo que se tarda en realizar la prueba.

Existen otros tests que ayudan a la medición de este parámetro, como son el salto vertical (Shephard R.J. 1982) o la carrera de 40 metros lisos. Todos ellos exigen un esfuerzo máximo en un intervalo de tiempo muy corto. Se aprecian elevados índices de correlación entre todos estos métodos,

Introducción

aunque hay un margen de variabilidad probablemente debido a los distintos tiempos de realización y a diferencias entre la coordinación motora de cada individuo (Beckenholdt S. y cols. 1983)(Mero A. y cols. 1988).

En ejercicios de muy corta duración (de 2 a 3 seg.), el gasto energético recae principalmente sobre el ATP muscular; esto ocurre en pruebas como la dinamometría o el salto.

Cuando la duración es un poco más elevada (de 6 a 7 seg.), interviene además del ATP, la CP como fuente de energía; tal fenómeno ocurre en carreras de velocidad como los 100 metros lisos.

Los intentos de correlacionar la potencia anaerobia alactática (test del salto vertical) con parámetros de composición corporal como el tanto por ciento de masa magra (Watson A.W.S. 1984), no han resultado tan altos como podía pensarse y se cree que existen influencias de tipo genético que determinan diferencias en la constitución de las fibras musculares y en las actividades enzimáticas (Melichna J. y cols. 1990).

1.3.2.- MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD ANAEROBIA LACTÁTICA

La generación de energía a corto plazo se produce por la vía

.....*Introducción*

de la glicolisis anaerobia con producción final de lactato. Dicho fenómeno tiene lugar en las primeras fases de un ejercicio intenso, cuando las reservas de ATP y CP son insuficientes y el fenómeno aerobio de producción de energía se encuentra todavía a niveles muy bajos. Esto alcanza su máxima intensidad entre los 6 y 90 seg. de un ejercicio físico, aunque algunos autores consideran que su duración puede llegar a los tres minutos (Karlsson J. 1971).

Los ejercicios físicos que cumplen estas características se denominan ejercicios de resistencia anaerobia, en los que se incluyen las carreras de 200 a 400 metros lisos (McArdle W.D. y cols. 1987(a)).

A diferencia de los tests de consumo máximo de oxígeno, no existen criterios específicos que nos ayuden a determinar la capacidad anaerobia máxima. Hay, sin embargo, algunos parámetros bioquímicos cuyo valor refleja de forma bastante clara dicho fenómeno:

Las reservas de glucógeno muscular son la fuente principal de energía anaerobia láctica. Dichas reservas se irán agotando en relación directa a la intensidad del esfuerzo físico y a la duración del mismo; así, por ejemplo, un ejercicio que represente tan solo el 30 % de la VO₂ max, podrá mantenerse durante 3 horas sin que ello represente un consumo superior al 60% de las reservas de glucógeno

Introducción

muscular; en cambio, un ejercicio de una intensidad del 150 % de la VO₂ max, agotará prácticamente las reservas de glucógeno muscular en menos de 10 minutos (Gollnick P.D. 1973).

Los niveles plasmáticos de ácido láctico aumentan proporcionalmente a la duración y a la cantidad de trabajo realizado. Después de 3 minutos de esfuerzo máximo con una bicicleta ergométrica, los niveles de ácido láctico en sangre pueden llegar hasta 140 mg/100ml de sangre (McArdle W.D. y cols. 1987(b)). Este parámetro es uno de los más utilizados para evaluar el potencial anaerobio, si bien tiene limitaciones de tipo técnico que lo hacen poco accesible en estudios muy amplios de población.

El potencial anaerobio se ve influenciado por muy distintos parámetros; de todos ellos, quizás, los que tienen una mayor importancia son: nivel de entrenamiento, factores constitutivos propios de cada individuo (herencia), edad y la motivación. Este último parámetro hace que el individuo sea capaz de tolerar un grado mayor de esfuerzo y tiene una relación muy directa con el entrenamiento.

La resistencia anaerobia se ve influenciada claramente por un nivel de entrenamiento; después de un ejercicio máximo corto en una bicicleta ergométrica, los sujetos entrenados presentan tasas plasmáticas y musculares de lactato más

.....*Introducción*

elevadas que grupos de individuos no entrenados. Asimismo, las reservas de glucógeno muscular son claramente superiores (Karlsson J. y cols. 1970).

El entrenamiento produce una adaptación en las vías energéticas que se manifiesta por un incremento de un 30 a un 40% en los enzimas anaerobios, casi de un 50% del ATP muscular, de un 30 a un 40% de la CP y de casi un 100% de la capacidad glucolítica muscular (McArdle W.D. y cols. 1987(e)).

En el curso de un ejercicio intenso de corta duración, los individuos que tienen una mejor condición física son los que poseen tasas mayores en sangre de ácido láctico (Karlsson J. 1981).

Existen diferencias entre el potencial anaerobio de individuos entrenados debidas al tipo de entrenamiento a que se les somete; así, por ejemplo, estudios realizados sobre atletas de 10 a 15 años muestran que en corredores de velocidad, el potencial anaerobio es mayor que en corredores de fondo. Esto, sin embargo, sólo es significativo cuando se pone en relación con el peso corporal total, o bien, con la masa magra y sólo en varones (Tharp G.D. y cols. 1984).

Se piensa que entrenamientos que constan de esfuerzos máximos de corta duración, mejoran la capacidad anaerobia de producción de energía.

Introducción

En los niños, existe una menor capacidad de resistencia anaerobia lactática ligada a un pobre desarrollo de los enzimas glicolíticos anaerobios. Según Ericksson, este bajo rendimiento anaerobio lactático es debido a una baja actividad de la enzima fosfofructokinasa muscular (Ericksson B.O. y cols. 1974).

Este parámetro va aumentando con la edad, alcanzando su máximo de los 15 a los 17 años en mujeres y de los 20 a los 22 años en varones (Klimt F. 1986).

La limitación del rendimiento anaerobio lactático en el niño hace que éste pueda soportar mejor actividades intensas de corta duración (30 metros lisos), que carreras de velocidad más prolongadas (Klimt F. 1986). Los intervalos entre actividades físicas son suficientes para abastecer los depósitos de ATP y CP.

1.3.2.1.- UMBRAL ANAEROBIO

En ejercicios prolongados submáximos con consumo de energía procedente del metabolismo aerobio, si existe un aumento de las necesidades energéticas por encima de las capacidades aerobias de producción de energía, las vías anaerobias suplirán dicha carencia. Este punto es el que se denomina

.....**Introducción**

umbral anaerobio, siendo un parámetro que refleja el inicio del agotamiento.

El umbral anaerobio se manifiesta por un incremento en las concentraciones de lactato y por un aumento en la expulsión de CO₂, sin que exista un aumento tan importante en el consumo de oxígeno.

El umbral anaerobio está claramente influenciado por el entrenamiento.

Se ha encontrado asimismo, relación entre el consumo absoluto de oxígeno en el umbral anaerobio ventilatorio y la superficie corporal, de tal forma que, para una mayor superficie corporal existe un mayor consumo de oxígeno en el umbral anaerobio (Washington R.L. y cols. 1988).

1.3.3.- MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD AEROBIA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

Cuando el ejercicio físico se prolonga más allá de 3 minutos a niveles submáximos, la vía aerobia corre a cargo de casi la totalidad de la producción de energía. Esto ocurre en carreras a partir de 800 metros lisos y en todos aquellos deportes de larga distancia independientemente de los grupos musculares empleados, ya sea nadando, esquiando, pedaleando

Introducción

o corriendo (Astrand P.O. y cols. 1961).

Si los esfuerzos se producen a intervalos cortos de hasta un minuto de duración, se requerirán un mínimo de 3 minutos para la recuperación de la vía anaerobia; si estos descansos no se producen, la producción de energía se vehicularizará a través de vías aerobias. Este fenómeno se produce en la mayoría de deportes de equipo y es especialmente importante en el fútbol.

Los individuos que practican deportes de resistencia aerobia, poseen casi el doble de la captación máxima de oxígeno que un grupo de no deportistas, si bien la capacidad de trabajo aerobio (Resistencia aerobia) no depende sólo de la captación máxima de oxígeno (VO₂ max.) y existen muchos otros factores, tanto de tipo enzimático como a nivel del número de capilares o en la propia estructura muscular, que ejercen una gran influencia (Holloszy J.O. y cols. 1984).

Los corredores con una VO₂ max. menor, presentan capacidades de resistencia menores que otros grupos, cuya VO₂ max. era superior (Costill D.L. y cols. 1973), si bien más recientemente, esta afirmación se está poniendo en duda puesto que se ha observado que un largo entrenamiento puede no producir incrementos en la VO₂max. (Kemper H.C.G. 1986) (Krahenbuhl G.L. y cols. 1989).

Pese a sus limitaciones, la VO₂ max. nos ofrece una muy

.....**Introducción**

buena información acerca de la capacidad de producción de energía a largo plazo, así como del estado y coordinación de los sistemas neuromuscular, cardiovascular y respiratorio (McArdle W.D y cols. 1987(b)).

1.3.3.1.- MÉTODOS DIRECTOS

El método utilizado para la medición de la capacidad aerobia, es la medición de la captación máxima de oxígeno durante un esfuerzo físico (VO₂ max.), si bien existen otros métodos directos basados en la realización de esfuerzos submáximos (Tuxworth W.B.A. y cols 1988).

El ejercicio físico que se realiza durante esta prueba debe contener importantes grupos musculares y debe además tener una intensidad y duración suficientes para que se produzca un máximo en la utilización de las vías aerobias de producción de energía.

Los ejercicios más utilizados son la carrera sobre una cinta continua y la bicicleta ergométrica, aunque existen otros muchos destinados a realizar los movimientos más específicos de cada deporte (remo, piscinas ergométricas etc.).

La duración de la prueba es variable y depende normalmente del protocolo que se siga. Estos protocolos marcan los

Introducción

incrementos de trabajo físico que se irán imponiendo al sujeto a medida que avance la prueba. Dicha prueba finalizará cuando no se pueda mantener la intensidad de trabajo. La VO₂ max. será el valor más alto de consumo de oxígeno alcanzado a lo largo de toda la prueba (Mellerowicz H. 1984 (b)).

Los métodos de evaluación directa de la VO₂ max. se dividen en dos grandes grupos dependiendo del tipo de ejercicio que se realice: bicicleta y cinta continua. Dentro de estos grupos se pueden realizar dos tipos de tests, dependiendo de si el trabajo físico se realiza de forma sostenida (tests continuos), o bien hay paradas después de cada incremento de trabajo (tests intermitentes).

Existen además variaciones en el modo de incrementar un trabajo. Así, por ejemplo, en la prueba de la cinta continua, se puede modificar la velocidad (Taylor H. y cols. 1955) o bien aumentar la inclinación manteniendo la velocidad constante (Balke B. y cols. 1959), e incluso modificar tanto la velocidad como el movimiento.

Según el tipo de test utilizado pueden existir variaciones: los tests intermitentes ofrecen valores mayores que los tests continuos y requieren el doble de tiempo para su realización (Froese E.A. y cols. 1987). Cuando se comparan los resultados obtenidos mediante bicicleta y cinta

.....**Introducción**

continua, algunos autores no encuentran diferencias entre ambos métodos en grupos amplios de individuos entrenados (Vogelaere P. y cols. 1982). Otros estudios más recientes, sin embargo, aprecian diferencias significativas entre ambos métodos por lo que actualmente se realizan pruebas específicas según el deporte que practica el individuo (Potiron-Josse M. 1983).

Existen algunos intentos de medir la capacidad aerobia de resistencia utilizando el consumo de oxígeno relacionado con determinados parámetros bioquímicos; en algunos trabajos se toma como referencia el consumo de oxígeno en el nivel del umbral de lactato (Korol V.M. y col. 1983), o a determinadas concentraciones de lactato en sangre (Barlow K. y cols. 1985). En este último se concluye que los parámetros utilizados tienen igual o mayor importancia, a la hora de evaluar la resistencia aerobia, que la propia VO₂ max., alcanzándose unos coeficientes de correlación con las pruebas de resistencia que varían entre $r = 0.60$ y $r = 0.90$.

1.3.3.2.- MÉTODOS INDIRECTOS

Dado que la medición de la VO₂ max. requiere la utilización

Introducción

de un utillaje bastante sofisticado y es una prueba relativamente larga que dificulta su aplicación a grupos muy grandes de individuos, se han intentado buscar pruebas más sencillas que permitan su cálculo indirecto. la mayoría de estas pruebas consisten en tests físicos a los que en algunos casos se les une la medición de parámetros fisiológicos sencillos, como puede ser la frecuencia cardíaca.

En 1968, Cooper propuso la carrera durante 12 minutos como método Carrera 12 minutos de cálculo de la VO2 max. En ella observó un coeficiente de correlación de hasta $r = 0.9$ en un grupo de 47 hombres de edades comprendidas entre los 17 y 54 años y pesos que oscilaban entre los 52 y 153 Kg (Cooper K.J. 1968).

Al aplicar este mismo test, en otro trabajo realizado también por Cooper, sobre niños y adolescentes de 9 a 17 años, los índices de correlación variaban de 0.63 a 0.90. En otro estudio se halló que en niños de 12 a 14 años de edad, el coeficiente de correlación era tan solo de $r = 0.65$ (Maksud M.G. y cols. 1971).

En un estudio posterior, estima que para niños de 10 A 12 años, la prueba física que ofrece unos índices de correlación mayores con la VO2 max. es la carrera de los 1600 metros lisos (Gutin B. y cols. 1976).

.....*Introducción*

En un reciente trabajo realizado por Massicotte, se pone de manifiesto la relación de la VO₂ max. con parámetros de tipo antropométrico y dos tipos de pruebas físicas dependiendo de la edad: para individuos cuyas edades oscilan entre los 10 y 12 años se mide la velocidad en una carrera de 1600 metros lisos y de 2400 metros lisos para los individuos cuyas edades oscilan entre los 13 y 17 años. En dicho estudio se estableció un índice de correlación de $r = 0.62$ a $r = 0.84$ con la velocidad de la carrera, y de $r = 0.41$ con la masa corporal, mientras que con la edad era mucho menor ($r = 0.17$). Mediante regresión múltiple se relacionaron el peso y la velocidad de la carrera con la VO₂ max., alcanzándose un coeficiente de regresión de 0.804 (Massicotte D.R. y cols. 1985).

Otra prueba física utilizada para la medición indirecta de la VO₂ max. es el Course Navete, que consiste en correr una distancia estipulada repetidas veces en un tiempo cada vez menor, hasta que sea imposible para el sujeto cubrir dicha distancia en el tiempo que se le concede. En esta prueba la relación con la edad era mucho más buena que con el peso, dando unas predicciones respectivas del 13.8% y 5.4%.

Existe una relación lineal entre la frecuencia cardíaca y el trabajo físico dentro de frecuencias que van entre las 100 y 170 pulsaciones por minuto. Se ha descrito además una

Introducción

relación lineal entre la frecuencia cardíaca y el consumo de Oxígeno durante un esfuerzo físico (Mellerowicz H. 1984 (a)). Todo ello hace que la frecuencia cardíaca sea uno de los parámetros más utilizados de cara a predecir el consumo máximo de oxígeno.

A finales de los años 40, Wahlund estableció un test indirecto para medir la VO₂ max. que se denominó PWC 170 (Wahlund H. 1948). Este test, cuyas siglas significan Trabajo Físico 170, consiste en la medición del trabajo físico que está realizando un individuo cuando la frecuencia cardíaca es igual a 170 pulsaciones por minuto (aproximadamente el 85% de la frecuencia cardíaca máxima). Este sistema es considerado por algunos autores mejor que la VO₂ máxima cuando se quiere medir la verdadera capacidad de resistencia aerobia, la cual podría aumentar sin que existiera un aumento paralelo del consumo de oxígeno en individuos entrenados (Tuxworth W. 1988). Tal afirmación se ve ilustrada por algunos trabajos que miden tanto la VO₂ max. como la PWC170 y su evolución con la edad. Se aprecia en estos trabajos un aumento considerable de la PWC170 desde los 12 a los 20 años de edad (23%), mientras que existe un descenso de un 11% de la VO₂ máxima en el mismo período de tiempo (Seliger V. y cols. 1976). Tal fenómeno no tiene relación con las variaciones de la frecuencia cardíaca

.....**Introducción**

máxima según la edad, ya que sólo varia 1.2 pulsaciones por minuto. Por el contrario, se cree que podría significar que para un mismo trabajo físico se requiere más energía aerobia a los 11 años que a los 20, lo cual estaría ligado a una menor eficacia aerobia a edades tempranas (Tuxworth W. 1988).

Astrand, además de establecer la relación lineal entre la frecuencia cardíaca y el trabajo físico máximo, y entre trabajos físicos submáximos y el consumo de oxígeno, fue el primero que tuvo en cuenta la edad y el sexo del individuo (Astrand P. 1952). En otro trabajo de Astrand y Rhymin se establece un protocolo para el cálculo de la VO₂ max. a partir de niveles de esfuerzo submáximos. En este trabajo, la VO₂ máxima se calcula a partir de la frecuencia cardíaca con la utilización de un normograma construido a tal efecto (Astrand P. 1952).

Otros autores se sirven de un normograma para el cálculo de la VO₂ máxima a partir de los resultados obtenidos en determinados tests físicos. Este es el caso de Margaria, que introduce la prueba de subir y bajar repetidas veces un escalón de 40 cm (Margaria R. 1966).

En otras pruebas se tiene en cuenta el tiempo de recuperación cardíaca después de un esfuerzo breve para efectuar un cálculo de la VO₂ máxima (McArdle W.D. 1972).

Introducción

Este sistema no es muy utilizado en la actualidad.

Todos estos métodos ofrecen niveles de predicción aceptables en su conjunto, aunque pueden tener errores individuales importantes.

Existen asimismo, diferencias según el método empleado y la edad del individuo: por ejemplo, el método de Astrand-Rhyming tiende a infrapredicir en edades comprendidas entre los 15 y 39 años, mientras que el de Margaria sobrepredice en el mismo grupo de edades. Ambos métodos producen una sobrepredicción cuando se aplican a individuos cuyas edades están comprendidas entre 10 y 14 años de edad (Washburn R.A. y cols. 1984).

Existen numerosos factores que influyen en el potencial aerobio máximo; entre ellos los más importantes son: el tipo de ejercicio realizado, la herencia, el sexo, la edad o el entrenamiento.

Dependiendo de la cantidad de musculatura activa en un ejercicio, los resultados de la capacidad aerobia máxima pueden variar; este es el motivo por el cual existen variaciones según el método empleado. En general se recomienda la utilización del mismo método para poder establecer comparaciones; dicho método deberá contener el máximo de grupos musculares activos.

La herencia marca el límite superior en el desarrollo de la

.....*Introducción*

capacidad aerobia, aunque ello es de muy difícil objetivación.

Estudios comparativos entre poblaciones distintas demuestran la existencia de diferencias significativas entre la VO₂ max., sin embargo tales diferencias no pueden sólo atribuirse a que se trate de grupos raciales distintos dado que existen numerosas influencias de tipo ambiental que pueden estar también influyendo.

Los estudios que mejor demuestran las diferencias debidas al componente genético, son aquellos realizados con gemelos. En uno de los muchos trabajos realizados, se estudiaron 15 gemelos y 15 mellizos. En este estudio se concluye que la herencia explica el 93% de las diferencias en la VO₂ max y del 81 al 86% de las diferencias en las capacidades anaerobias glicolíticas y de la frecuencia cardíaca máxima (Klissouras V. 1971) (Klissouras V. 1973).

Todo ello significa que las posibilidades que ofrece el entrenamiento aerobio están sujetas en gran medida al genotipo del individuo (Bouchard C. y cols. 1984).

La VO₂ máxima en varones es, por lo general, de un 15% a un 30% superior que en las mujeres. Estas diferencias, sin embargo, no se manifiestan en edades prepuberales (Washington R.L. y cols. 1988).

Cuando los individuos están entrenados, estas diferencias

Introducción

son mucho menores situándose entre el 15% y el 20% (Hermansen L.H. y cols. 1967).

Las causas de las diferencias que se establecen según el sexo, se atribuyen principalmente a una distinta composición corporal y a que la mujer tiene niveles menores de hemoglobina (McArdle W.D. y cols. 1987(d)).

La menor cantidad de masa grasa del varón le permite una mayor cantidad de producción de energía en aerobiosis que en el caso de la mujer.

En cuanto al contenido de hemoglobina, se sabe que es de un 10% a un 12% más elevado en el varón (Astrand P.O. 1952), si bien no se ha podido demostrar de forma clara en que medida influye sobre la capacidad aerobia.

Otro factor muy importante que interviene en las diferencias entre sexos, es el hecho que la actividad física diaria, se demuestra mucho mayor para el varón (Brun T. 1984). Estas diferencias comienzan a producirse a partir de la edad puberal (Verschuur R. y cols. 1985) (Sunnergardh J. y cols. 1985), que es precisamente cuando ambos sexos empiezan a distinguirse en cuanto al consumo máximo de oxígeno.

El consumo máximo de oxígeno aumenta con la edad, pasando de 2.4 l/min a los 12 años, a 3.8 l/min a los 17 (Kemper H.C.G. y cols. 1987), alcanzándose el mejor rendimiento cardiopulmonar de los 15 a los 17 años en hembras y

.....**Introducción**

alrededor de los 19 años en varones (Klimt F. 1986).

Si se estudia la VO2 max. relativa al peso corporal, en los varones no existe un aumento sino un descenso que va desde 50.4 ml/kg/min a la edad de 10-12 años, hasta 32.6 ml/kg/min a la edad de 50-59 años (CFS. 1983). Si se estudia la VO2 max. relativa al peso corporal, en los varones no existe un aumento sino un descenso.

Observando dicho fenómeno en varones púberes, existen muchas discrepancias dentro de la literatura: mientras que algunos estudios aprecian significativos descensos con la edad (Farralli M.R. y cols. 1980), otros autores no aprecian variaciones significativas en dicha etapa (Kemper H.C.G. 1985 y cols. (a)).

La edad, influye también en la posibilidad de mejorar la capacidad aerobia a través del entrenamiento, el cual parece no tener efecto en edades inferiores a los 11 años (Borms J. 1986).

El entrenamiento produce una clara mejoría del potencial aerobio máximo. Algunos estudios señalan incluso que existe una relación lineal entre las semanas de entrenamiento y la VO2 max. (Higson R.C. y cols. 1981).

Introducción

1.3.4.- FUERZA MUSCULAR

La fuerza muscular es una de las capacidades físicas más influidas por el entrenamiento. Pese a ello, las variables que más influyen sobre la fuerza muscular son la edad y el sexo. Estas variaciones se cree que son debidas a una hipertrofia de las fibras musculares, más que a un aumento en el número de las mismas.

La musculatura de un niño de 6 años de edad, tiene la misma estructura que la de un adulto, no apreciándose diferencias substanciales en lo que se refiere al reparto de las miofibrillas, mitocondrias y citoplasma (Howard H. 1978).

Los métodos más utilizados para evaluar la fuerza muscular son: la dinamometría, el tensiómetro y el método de evaluación informatizada de la fuerza y del trabajo (McArdle W.D. 1978 y cols. (c)). En todos ellos se efectúa una valoración de los grupos musculares, más que de un músculo en concreto o de la fuerza muscular en general.

La fuerza muscular va aumentando en relación a la edad, apreciándose una inflexión positiva en la pubertad. En el varón, el aumento del diámetro de las fibras se empieza a distinguir a partir de los 10 años de edad, haciéndose muy patente a la edad de los 14 años. En la hembra, estos cambios son menos acentuados y se producen más precozmente.

.....**Introducción**

Los valores máximos de la fuerza muscular dependen mucho del entrenamiento, si bien se considera que se alcanzan de los 18 a los 20 años de edad en el varón y de los 15 a los 17 en la hembra (Klimt F. 1986).

Si bien el entrenamiento juega un papel decisivo a la hora de incrementar la fuerza muscular de un individuo, produciendo una hipertrofia de los grupos musculares sometidos a ejercicios de fuerza, el peso específico de esta variable durante la etapa prepuberal es mucho menor y se cree que los cambios que se producen en la fuerza muscular se deben más al incremento en la eficiencia motora, que al propio aumento de la musculatura (Mero A. y cols. 1988). En la etapa puberal por el contrario, se producen grandes aumentos en la musculatura que hacen que el nivel de entrenamiento tenga poca significación al lado de los cambios funcionales debidos al fenómeno madurativo (Katch V.L. 1983).

1.3.5.- FLEXIBILIDAD

La flexibilidad es un aspecto que se relaciona claramente con la movilidad articular (Prat J.A. 1984), y por tanto, con los aspectos que la determinan, ya sean a partir de la

Introducción

propia estructura morfológica de la articulación, como a partir de los ligamentos, tendones y demás estructuras que la componen.

La variedad de movimientos disminuye con la edad y está limitada por la longitud de las extremidades respecto al tronco (Morea G. 1992), por el tono muscular, por la longitud y extensibilidad de las fibras musculares, por la cantidad de cartílago articular, así como por la resistencia de los músculos antagonistas (Klimt F. 1986).

Se puede afirmar que individuos más jóvenes, del sexo femenino y con un entrenamiento apropiado, serán más flexibles, aunque ello no signifique que posean un rendimiento mejor en otras capacidades físicas o deportivas, dado que el entrenamiento exagerado de la flexibilidad, además de poder producir distensiones en las articulaciones, puede ir en decremento de la potencia muscular.

1.3.6.- COORDINACIÓN MOTORA

La coordinación motora contiene aspectos muy variados como la orientación espacial (vista, oído, equilibrio), sentido de diferenciación, velocidad de reacción, ritmo (sentido temporal), sobre la base de un buen desarrollo de aparato

.....*Introducción*

locomotor (Klimt F. 1986).

La coordinación motora se alcanza por la repetición de determinados actos hasta llegar a su perfecta automatización (Kelso J.A.S. y cols 1990). Esta automatización aumenta mucho la eficacia del movimiento, efectuándose además un ahorro importante de energía.

La coordinación, desglosada en todas sus capacidades, es un parámetro que mejora con la edad, si bien a diferentes ritmos, según los distintos aspectos que la integran; el tiempo de reacción va disminuyendo hasta los 7 o 9 años, a partir de los cuales permanece casi constante. Sin embargo, el máximo desarrollo de las capacidades de diferenciación y témporo-espaciales, no se alcanzan hasta aproximadamente los 13 o 14 años de edad (Klimt F. 1986).

El aprendizaje ejerce una influencia muy importante en la mejora de las capacidades necesarias para una buena coordinación y es una condición para mantener el nivel ya adquirido (Schöner G. y cols. 1992).

La coordinación es una de las capacidades físicas que, pese a no estar muy presente dentro de los protocolos de valoración física, tiene una importancia capital en el desarrollo de cualquier deporte.

Introducción

1.4.- CRECIMIENTO Y MADURACIÓN PUBERAL

La pubertad es la última etapa del crecimiento en la cual se producen los cambios definitivos que darán lugar al individuo adulto. Estos cambios son relativamente numerosos, e incluyen aspectos muy diversos como los cambios puramente estaturales, los cambios morfológicos, de composición corporal, la adquisición de la madurez sexual con la aparición de los caracteres sexuales secundarios, así como modificaciones de la personalidad y la adquisición de un nuevo rol social que se prolongan más allá del puro desarrollo físico y que abarcan un período mucho más amplio denominado adolescencia.

**1.4.1.- FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL
CRECIMIENTO Y EL DESARROLLO PUBERAL**

Existen numerosos factores que influyen tanto en la velocidad de desarrollo como en la edad de comienzo de la pubertad. Todos ellos actúan sobre unos condicionantes de tipo genético que, si bien pueden ser limitantes, en muchas ocasiones son modificados o están relacionados con un

conjunto de factores de tipo ambiental (Tanner J.M. 1962
(b)):

- 1.- Clima
- 2.- Factores nutricionales
- 3.- Enfermedades (agudas y crónicas)
- 4.- Ejercicio físico
- 5.- Factores fisiológicos
- 6.- Nivel socioeconómico
- 7.- Perfil familiar
- 8.- Tendencias seculares
- 9.- Somatotipo del adulto

El nivel socioeconómico es uno de los factores que ha influido de forma más espectacular en el crecimiento global y en cada una de sus fases. Esto se manifiesta por una mayor precocidad en la adquisición de las características del individuo adulto a medida que ha ido aumentando el nivel socioeconómico. Otro aspecto con el que se relaciona el nivel socioeconómico, es el incremento de la talla adulta final que se manifiesta con el aumento del nivel socioeconómico (Martí-Henneberg C. y cols. 1974). Esta podría ser la base de las tendencias seculares del crecimiento. En este sentido, algunos estudios demuestran que existe un claro retraso de la talla y el peso en un grupo de niños y adolescentes de clases sociales deprimidas

Introducción

respecto a un grupo control (Linhares E.D.R. y cols. 1986), si bien resulta difícil interpretar si tal retraso es debido a factores psicosociales, o bien se trata de la consecuencia de un mal estado nutricional, que por otro lado se sabe que tiene una gran importancia en la adolescencia, pudiendo producir un cierre precoz de las epífisis (Martorell R. y cols. 1979).

La malnutrición en períodos críticos del crecimiento produce retrasos importantes. Asimismo, si se produce una malnutrición subclínica, hay también un enlentecimiento del crecimiento (Lucas A.R. 1983), y a pesar de que aumenta el período de crecimiento, ello no es suficiente para evitar una disminución de la talla final.

Algunos de estos factores han sido muy estudiados y debatidos llegándose a confeccionar fórmulas que ponen en relación la diferencia entre la edad cronológica y la edad ósea con el sexo, el nivel socioeconómico y la actividad física (Sherphard R.J. y cols. 1978).

Hoy se sabe que la actividad física puede influir en que haya un crecimiento y una maduración ósea precoz a través de un mecanismo hormonal, influyendo también en un retraso de la maduración en algunos deportistas de alto rendimiento sometidos a unos programas de entrenamiento prolongados y constantes (Shephard R.J. 1982). Esta influencia es sin

.....*Introducción*

embargo mucho menos aparente cuando se trata de grupos de población normales, no sometidos a las disciplinas de un entrenamiento de alta competición.

1.4.2.- CARACTERÍSTICAS DEL CRECIMIENTO DURANTE LA PUBERTAD

Todos los estudios realizados acerca del crecimiento durante la etapa puberal evidencian que existe una aceleración muy importante de la velocidad de crecimiento respecto a la etapa anterior. Este fenómeno se produce siempre, aunque no a la misma edad cronológica, mostrándose grandes variaciones interindividuales (Martí-Henneberg C. 1987).

1.4.2.1.- CRECIMIENTO EN TALLA Y PESO DURANTE LA PUBERTAD

El ritmo de crecimiento estatural en la pubertad cambia bruscamente. El pico de crecimiento empieza generalmente entre los 10.5 y 11 años en las niñas y entre los 12.5 y 13 años en los niños.

En los niños se puede producir un incremento estatural superior a los 20 centímetros durante el pico puberal,

Introducción

alcanzándose la máxima velocidad de crecimiento alrededor de los 14 años, en donde puede llegar a crecer más de 10 centímetros por año.

En las niñas dicho fenómeno se produce más precozmente y es de menor intensidad, llegando a incrementar unos 16 centímetros de estatura y alcanzando el punto de crecimiento máximo sobre la edad de 12 años (Martí-Henneberg C. 1987). En ambos sexos la duración del pico puberal de crecimiento en talla varía de 2 a 2.5 años (Tanner J.M. y cols. 1976). Después del pico puberal de crecimiento se produce un rápido entretamiento de la velocidad de crecimiento, alcanzándose el 98% de la talla adulta a los 16.5 años en las niñas y a los 18 en los niños, existiendo también una variabilidad individual importante.

El peso es uno de los índices de crecimiento más utilizados por su fácil medición, así como por representar un indicador madurativo importante.

Durante el pico de crecimiento puberal se incrementa una media de 20 kilos en los niños y 16 en las niñas.

El aumento del peso se produce unos meses antes que el de la talla y se prolonga cuando el crecimiento en altura ya ha finalizado.

Existen otros parámetros claramente modificados por el crecimiento puberal. Entre ellos, los que nos ofrecen mayor

..... **Introducción**

información acerca del momento madurativo son los segmentos corporales, los diámetros biacromial y bicrestal, así como las determinaciones de la composición corporal.

1.4.3.- CONCEPTO DE MADURACIÓN PUBERAL

El concepto de desarrollo comprende, además del hecho puramente cuantitativo del crecimiento, muchos otros aspectos (Clivillé R. y cols. 1990). Así el término maduración se incluye como concepto fundamental del desarrollo, desarrollo no tan solo físico sino también desarrollo de capacidades que se van alcanzando desde la concepción hasta la edad adulta, donde se alcanza la madurez (Sempè M. y cols. 1979).

Si nos centramos en el marco de la adolescencia, tendremos que los cambios que se producen pueden considerarse bajo tres amplias divisiones madurativas: la maduración biológica o pubertad, la maduración cognoscitiva y el desarrollo psicosocial (Johnson R.L. 1983). Masland, agrupa también la adolescencia en tres períodos siguiendo unos criterios psicosociales: un primer período que él llama adolescencia temprana o fase corporal, en la cual el sujeto está adquiriendo las características del individuo adulto y vive

Introducción

de forma especialmente intensa dicho cambio corporal. Una segunda fase que denomina adolescencia media o período sexual, en la que existe una especial preocupación por la propia identidad y por último, la adolescencia tardía o período de separación, en la cual el adolescente se separa del ambiente familiar estableciéndose así un nuevo modelo de relación social (Masland R.P 1983) .

Este concepto amplio de maduración, se puede también dividir en tres niveles distintos, si se observa desde un marco puramente puberal: un desarrollo físico, un desarrollo bioquímico y un desarrollo psicomotor (Taranger J. 1976). Estos tres conceptos de desarrollo configuran lo que llamamos la edad biológica. La edad biológica nos puede permitir considerar que dos individuos con edades cronológicas, pesos y tallas distintas, tienen un mismo nivel de maduración o viceversa. Sin embargo, los métodos para determinar la edad biológica no son tan sencillos ni tan exactos como el medir o pesar a un individuo, y tienen que ver con conceptos mucho más dinámicos como la velocidad de crecimiento, los niveles de osificación epifisarios, el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, o los cambios en la composición corporal, por ejemplo.

En el siguiente apartado analizaremos distintos métodos de valoración de la maduración puberal, haciendo una referencia

.....*Introducción*

especial a los que analizan el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios.

1.4.3.1.- VALORACIÓN DE LA MADURACIÓN PUBERAL

Todos los cambios que se producen en la pubertad sufren grandes variaciones individuales de aparición en el tiempo y los datos que extraigamos del estudio de los individuos por edades estarán casi siempre condicionados por el nivel madurativo de cada individuo. Por este motivo, Tanner propuso distintos métodos para determinar el nivel madurativo (Tanner J.M 1962 (a)):

- 1.- Maduración ósea
- 2.- Maduración dental
- 3.- Maduración de la morfología corporal
- 4.- Adquisición de los caracteres sexuales secundarios (estadios puberales)

En el caso de la maduración dental, es todavía un método utilizado para analizar el estado madurativo de un individuo, si bien su importancia es reducida en el período puberal donde la constitución dental definitiva está casi completa y existen muchos otros parámetros, cuya evolución es típicamente puberal.

Introducción

El caso de los diámetros y segmentos corporales es distinto; por una parte se producen cambios típicamente puberales consistentes en un crecimiento no sincronizado de los segmentos corporales y por otra parte, se produce un crecimiento muy rápido de los diámetros biacromial y bicrestal. En las hembras se produce un crecimiento continuado del diámetro biacromial hasta aproximadamente los 17 años, mientras que en el varón este crecimiento es mucho más brusco y empieza a una edad media de 13 años. Esta peculiaridad hace que sólo a partir de los 13.5 años sea mayor en el varón que en la hembra (Sempè M. y cols. 1979). El diámetro bicrestal es en cambio superior en la hembra desde los 9 hasta los 17 años (Sempè M. y cols. 1979). Estos cambios en la morfología corporal, pese a estar bien establecidos y a ser puramente puberales, no constituyen sin embargo un método fiable de valoración de la edad madurativa.

En los apartados siguientes nos centraremos en el análisis de los dos principales métodos para la valoración de la maduración: Maduración ósea y adquisición de los caracteres sexuales secundarios.

.....*Introducción*

1.4.3.1.1.- MADURACIÓN ÓSEA

El nivel de maduración ósea fue uno de los primeros en utilizarse y aparece ya como método de valoración de la maduración en el Harvard Growth Study, iniciado por Dearborn en 1922 (Dearborn W.F. y cols. 1938). Este método requiere del análisis de una zona de osificación a través de una placa radiográfica. La secuencia de la osteogénesis es parecida en todos los individuos, aunque el ritmo varía en función de diversas circunstancias o en ambos sexos.

Una de las zonas más empleadas es el carpo ya que tiene una gran riqueza en núcleos de osificación tanto de huesos largos, cortos o redondos, además de no producir más que la irradiación indispensable.

Para el análisis del estado de maduración ósea se han seguido diversos métodos: uno de los más sencillos es la observación de la presencia o ausencia de algún núcleo de osificación, así como la aparición de los huesos sesamoideos del pulgar y meñique, que según algunos estudios (Nadal G. 1984), aparecen un año antes del comienzo de la pubertad, en el caso del sesamoideo del pulgar, y un año antes del cierre de las epífisis, en el caso del sesamoideo del meñique.

Otros métodos que nos ofrecen mayor información son los atlas de maduración y los métodos numéricos, mediante los

Introducción

cuales, se da una puntuación a cada uno de los 20 núcleos de osificación del carpo (Tanner J.M. y cols. 1988). Dicha puntuación puede colocarse en tablas (Martí-Henneberg C. y cols. 1974), mediante las cuales podemos realizar también una predicción de la talla adulta (Hernandez M. 1991).

1.4.3.1.2.- ADQUISICIÓN DE LOS CARACTERES
SEXUALES SECUNDARIOS

La maduración de los caracteres sexuales secundarios es un fenómeno específico y exclusivo, en condiciones de normalidad, de la pubertad. La primera descripción que fue capaz de clasificar la pubertad a partir de los cambios que se producían en los caracteres sexuales secundarios, fue la realizada por Tanner en 1962 (Tanner J.M. 1962 (b)).

Los indicadores más utilizados para la valoración de la maduración han sido la pilosidad pubiana y la pilosidad axilar en ambos sexos, y el desarrollo de los genitales externos en los varones y el desarrollo mamario en las hembras. Cada una de estas características deberá, no obstante, estudiarse de forma separada para ambos sexos dado el dimorfismo sexual que existe en este proceso.

En el niño, la aparición de la pilosidad pubiana y el

..... *Introducción*

desarrollo genital se producen casi al mismo tiempo. El elemento principal de transformación de los órganos sexuales es el aumento del volumen testicular. El comienzo del desarrollo genital y el aumento de la pilosidad pubiana suelen producirse alrededor de los 12 años. Sin embargo, el límite de aparición de estos dos fenómenos, puede empezar precozmente en el desarrollo genital a la edad de 9 años o tardíamente a la edad de 13 años, mientras que en la aparición de la pilosidad pubiana el límite más precoz se puede situar alrededor de los 10 años y el más tardío sobre los 14 o 15 años de edad. El aumento del volumen testicular se produce antes del pico de crecimiento en talla, el cual coincide con el comienzo en el desarrollo peneano (Martí-Henneberg C. 1987).

En la niña, la pilosidad pubiana suele aparecer pocos meses antes de que empiece el desarrollo mamario, alrededor de los 11.5 años. Existe sin embargo una gran variabilidad que sitúa la edad de aparición de los primeros signos de maduración entre los 9 y los 14 años y los últimos signos de maduración, que suelen ser el desarrollo del último estadio mamario, alrededor de los 16 años.

Como ocurre con los varones, existe una relación entre el pico de crecimiento y el desarrollo de los caracteres sexuales; así por ejemplo, los primeros signos de desarrollo

Introducción

mamario se producen en un momento de máxima velocidad de crecimiento, que se produce sobre los 12 años de edad, apareciendo las primeras reglas alrededor de 9 meses después (Martí-Henneberg C. 1987).

La clasificación de Tanner (Tanner J.M. 1962 (b)) establece cinco niveles distintos de maduración desde la etapa prepuberal a la etapa adulta. Estos 5 estadios, denominados estadios puberales o estadios de Tanner se basan en tres caracteres sexuales secundarios: el aspecto genital en los varones (G1, G2, G3, G4 y G5), el desarrollo mamario en las hembras (S1, S2, S3, S4 y S5) y la aparición de la pilosidad pubiana tanto en varones como en hembras (P1, P2, P3, P4 y P5):

G - Aspecto de los genitales externos masculinos:

- G1 Estadio prepuberal, en el que tanto los testículos, el escroto o el pene tienen una apariencia infantiles.
- G2 En este estadio la piel escrotal cambia de textura, se enrojece ligeramente y se adelgaza, al mismo tiempo que aumenta el volumen de los testículos.
- G3 El proceso de aumento testicular y de cambios escrotales sigue produciéndose

.....**Introducción**

y el pene incrementa su longitud.

- G4 El pene sigue creciendo en longitud y también en amplitud, desarrollándose el glande. La piel escrotal adquiere una tonalidad más oscura.
- G5 Estadio adulto, en el que tanto los testículos, el escroto o el pene tienen una apariencia adulta.

S - Desarrollo mamario femenino:

- S1 Estadio prepuberal, en el que sólo se observa una elevación de la papila.
- S2 Tanto la mama como el pezón se elevan ligeramente formándose el botón mamario. La areola mamaria aumenta de diámetro.
- S3 La mama sigue aumentando de tamaño sin que se produzca una protusión del pezón.
- S4 Tanto la areola como el pezón aumentan de tamaño protuyendo sobre el resto de la mama.
- S5 Estadio adulto en el que tan solo protuye el pezón.

Introducción

P - Pilosidad pubiana, tanto en el varón como en la hembra.

P1 Estadío prepuberal, no hay pilosidad pubiana.

P2 Crecimiento de vello escasamente pigmentado, sin curvaturas y largo; localizado en:

- Varones: base del escroto y del pene.

- Hembras: labios mayores.

P3 Aumento del vello hacia la zona púbica. Cambio de las características del vello haciéndose más grueso, rizado y pigmentado.

P4 Las características del vello son en este estadío iguales a las del adulto pero su localización no se extiende hacia la parte interna de los muslos.

P5 Estadío adulto en el que el vello ya se extiende hacia la parte interna de los muslos.

Otro método para la valoración de la maduración puberal en el varón lo constituye el volumen testicular. El volumen testicular puede ser calculado por tres métodos distintos:

.....**Introducción**

- 1.- Método comparativo: utilizando el orquímetro de Prader (Prader A. 1966).
- 2.- Visualización o palpación (Zatchman M. y cols. 1974).
- 3.- Cálculo del índice de volumen testicular a partir de los diámetros longitudinal y transversal del testículo (Burr I.M. y cols. 1970 , Daniel W.A. y cols. 1982).

Mediante este último método se ha considerado que la pubertad se inicia cuando el testículo aumenta por encima de 4 centímetros cúbicos.

1.4.3.2.- SECUENCIA MADURATIVA PUBERAL

La secuencia con que se producen los distintos cambios madurativos durante la pubertad suele ser siempre la misma, si bien existen algunas variaciones individuales. Tal secuencia fue descrita por Wolfish en base a los trabajos realizados por Tanner (Wolfish M.G. 1987).

En la evolución de la maduración de la hembra se distinguen 8 pasos secuenciales distintos, que se presentan a

Introducción

continuación:

- 1º Aparición del botón mamario (Telarquia).
- 2º Aumento de la velocidad de crecimiento que representa el inicio del pico puberal de crecimiento.
- 3º Aparición del primer vello pubiano (Adrenarquia).
- 4º Desarrollo de los genitales externos, labios mayores y vulva.
- 5º Aparición del primer vello axilar.
- 6º Desarrollo de la areola mamaria y del pezón.
- 7º Aparición de la primera menstruación (Menarquia).
- 8º Enlentecimiento de la velocidad de crecimiento.

Como hemos señalado anteriormente, existe también una variabilidad individual en la secuencia de aparición y existen ciertas dudas sobre si la aparición del vello pubiano se produce antes o después del desarrollo del botón mamario. Para algunos autores existe sólo un 15% de hembras en las que la aparición del vello pubiano puede aparecer antes que el botón mamario (Marshall y Tanner 1969), mientras que otros señalan que este hecho es el habitual

.....*Introducción*

(Largo y Prader 1983 (a) 1983 (b)).

En la evolución de la maduración del varón se ha podido distinguir un paso más que en el de la hembra, contabilizándose un total de 9 pasos secuenciales distintos que se presentan a continuación:

- 1º Aumento del volumen testicular.
- 2º Aumento de la velocidad de crecimiento que representa el inicio del pico puberal de crecimiento.
- 3º Aumento del tamaño del pene, tanto en longitud como en anchura.
- 5º Aparición de cambios en el timbre de la voz.
- 6º Crecimiento del vello facial.
- 7º Enlentecimiento de la velocidad de crecimiento.
- 8º Aumento de la masa muscular.
- 9º Crecimiento del vello en otras partes del cuerpo, a parte del pubis y de la zona facial.

Introducción

**1.4.4.- DESARROLLO FÍSICO Y MOTOR DURANTE LA
PUBERTAD.**

Dentro de la pubertad, además de los cambios morfológicos, existe una evolución en la adquisición de los potenciales físicos y también motores que se encuentran ligados al crecimiento y desarrollo de esta etapa.

Se sabe que un niño en edad prepuberal tiene una capacidad de resistencia aerobia muy disminuida. Lo mismo ocurre con la fuerza muscular y la mayoría de las otras capacidades motoras.

Todas las variaciones que se producen en las capacidades físicas y motoras están más ligadas a nivel de crecimiento y maduración que la edad cronológica, apreciándose una enorme variabilidad dentro de un grupo de individuos de la misma edad (Hughson R. y cols. 1986).

El potencial aerobio máximo aumenta durante la pubertad de forma lineal en el niño hasta la edad de quince o dieciséis años, aumentando aproximadamente un 30% en este período. El tanto por ciento de los incrementos de la capacidad aerobia medida a través del consumo máximo de oxígeno está muy ligado a los incrementos en el peso del individuo (Kemper H.C.G. y cols. 1985 (c)). Este hecho pone de manifiesto la relación que existe entre las variables de crecimiento y las

.....*Introducción*

variables de capacidad físicas, haciendo pensar que estas últimas pueden ser consideradas como un parámetro madurativo más.

En cuanto al incremento de la fuerza muscular, éste se halla influenciado directamente por los niveles de hormonas sexuales y sigue un aumento lineal durante toda la pubertad, llegándose a triplicar en el período que va desde los 11 a los 17 años (Tanner J.M. 1962 (c)).

Resulta evidente que la relación que existe entre los niveles de las hormonas sexuales, está mediatizada por el desarrollo de la masa muscular y los cambios que se producen en la composición corporal durante esta etapa. Por este motivo consideramos que el desarrollo de la fuerza muscular es evidentemente otro aspecto madurativo, aunque sabemos que se halla sujeto a otros tipos de influencias.

El desarrollo puberal es un aspecto muy importante y a tener en cuenta en las capacidades físicas, no tan solo como una variable que las influencia, sino sobre todo como un aspecto que forma parte de este mismo desarrollo.

Introducción

1.5.- COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PUBERAL

Las tablas de crecimiento de peso, talla y edad, nos ofrecen una visión cuantitativa acerca de la composición corporal y adquieren una gran importancia en etapas de desarrollo como la de la pubertad. Sin embargo, estas medidas no nos están dando información cualitativa sobre los componentes constitutivos del individuo.

La composición corporal al igual que la talla, el peso o los distintos diámetros y segmentos corporales, sufre también numerosos cambios durante la etapa puberal.

A pesar de que resulta evidente que se trata de un componente madurativo y que podría haberse incluido en el apartado general de crecimiento y desarrollo puberal, hemos creído más conveniente analizarlo a parte, por su gran complejidad y trascendencia en el desarrollo de las distintas capacidades físicas.

La medición de la composición corporal nos da una información muy importante de cara a valorar los principales componentes estructurales del organismo y en especial de los tejidos musculares, adiposos y óseos, que resultan fundamentales para el desarrollo del aparato locomotor.

.....*Introducción*

**1.5.1.- FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA
COMPOSICIÓN CORPORAL**

Existen numerosos factores ambientales y constitutivos que se relacionan con la composición corporal:

- Sexo
- Edad
- Factores nutricionales
- Ejercicio físico
- Factores hormonales
- Estatura

Todos estos factores están muy relacionados con la carga genética, que podría ser el factor más importante. Algunos estudios realizados con gemelos (Brook C.G.D. y cols. 1975), señalan que existe una concordancia muy importante entre la estatura, el peso y los pliegues cutáneos, a pesar de que dichos gemelos puedan haberse criado bajo condiciones ambientales muy distintas. Se observa además que en cuanto a la composición corporal, son mucho más similares entre sí que otros individuos con la misma edad, sexo, estatura y peso, lo que demuestra la enorme importancia del componente heredado en la variabilidad de la composición corporal.

A pesar de la importancia de la carga genética, los otros

Introducción

factores juegan también un papel:

Existen diferencias en la composición corporal entre ambos sexos que son constantes y que hacen referencia principalmente a la masa muscular y a los niveles de grasa corporal. El sexo femenino posee una menor masa muscular que se atribuye principalmente a factores de tipo hormonal (carencia de andrógenos), pero también a factores socioculturales que han hecho que la mujer tenga una menor dedicación al deporte. En cuanto a la composición y distribución del tejido graso, también se observan diferencias importantes dependiendo del sexo del individuo. Behnke, estableció un modelo teórico del hombre respecto a la composición corporal; en él se establece que en el varón hay un 12% de lípidos de reserva y tan solo un 3% de lípidos constitutivos, mientras que en la mujer existe un 15% de lípidos de reserva y hasta un 12% de lípidos constitutivos, debido probablemente a las funciones endocrinas y estructurales relacionadas con el embarazo (Behnke A.R. y cols. 1974).

Existe una estrecha relación entre factores hormonales y la composición corporal, que podrían estar también relacionados de forma mucho más compleja con otro tipo de factores de tipo psicológico y con la actividad física.

Posiblemente podría haber una relación entre las amenorreas

.....*Introducción*

y dismenorreas que presentan las atletas sometidas a un elevado trabajo físico, y la grasa corporal.

La edad tiene una gran importancia en la composición corporal, especialmente durante la pubertad, y se halla íntimamente ligada a los procesos madurativos propios de esta etapa.

La actividad física influye decisivamente en la composición corporal. Este es uno de los objetivos del entrenamiento: cambiar la composición corporal del individuo. Los deportistas suelen tener unas características diferentes respecto a las poblaciones no deportistas, que se pueden resumir en lo que se refiere a la composición corporal en tres puntos generales (Forbes G.B. 1987 (a)):

- Mayor porcentaje de masa magra
- Mayor porcentaje de masa esquelética
- Menor porcentaje de masa grasa

Las variaciones en la composición corporal ligadas al ejercicio físico, están principalmente relacionadas con variaciones en la masa no grasa y ésta se ha encontrado asociada a los cambios en el peso corporal total (Forbes G.B. 1991). No se han demostrado cambios en la composición de la dieta ligados a la intensidad del ejercicio (Ballor D.L. y cols. 1990).

Existen otros muchos factores que influyen en la composición

Introducción

corporal; entre ellos, se encuentran factores hormonales o fármacos anabolizantes, factores nutricionales, así como factores constitutivos. Entre los factores constitutivos se encuentra la estatura del individuo, demostrándose una relación casi lineal entre la estatura y el porcentaje de masa magra (Forbes G.B. 1987 (b)).

La importancia de cada uno de estos factores es de difícil objetivación, en especial cuando en un mismo sujeto están actuando de forma intensa varios de estos factores, como ocurre en los adolescentes en período puberal.

1.5.2.- MÉTODOS DE VALORACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

La composición corporal se puede medir por dos tipos diferentes de métodos:

- 1.- Métodos directos: este método tiene muy poca aplicación práctica dado que requiere de un análisis de los órganos y se realiza, por tanto, casi exclusivamente en cadáveres.
- 2.- Métodos indirectos.

.....*Introducción*

Uno de los métodos indirectos más utilizados es el peso hidrostático, que se basa en establecer el peso de un individuo dentro de un medio acuoso, a partir del cual estableceremos la densidad corporal del mismo.

La densidad corporal está muy relacionada con la masa grasa del individuo, puesto que los individuos más grasos tienen una densidad corporal más baja, siendo los límites de la densidad corporal de la población normal de 0.93 g/cm³ para los individuos más grasos y de 1.1 g/cm³ para los individuos más magros (McArdle W.D. y cols. 1987 (d)).

A partir de la densidad corporal, fue calculada una ecuación que permitía el cálculo del porcentaje de masa grasa del organismo (Siri W.E. 1956).

El cálculo de la masa grasa se establece a partir del peso y del porcentaje de grasa corporal, y el de la masa magra por una simple sustracción del peso y la masa grasa.

Existen otros métodos más sofisticados para evaluar la composición corporal como son el radiológico, la tomodensimetría o la ultrasonografía, que miden la distancia entre la piel y el tejido muscular y entre este tejido muscular y el hueso.

Otros estudios intentan establecer correlaciones entre determinados parámetros bioquímicos como la excreción urinaria de creatinina o el balance nitrogenado, con la masa

Introducción

muscular del individuo (Forbes G.B. 1985).

Existen también otros trabajos que combinan técnicas que miden el gasto energético, como la calorimetría directa o indirecta con mediciones nutricionales, actividad física y la valoración de determinados productos del catabolismo para ponerlos en relación con la composición corporal del individuo.

Por último, existen otro tipo de mediciones indirectas que por su fácil ejecución y por su buena correlación con otras mediciones mucho más sofisticadas y complejas, siguen siendo muy utilizadas para valorar la composición corporal: se trata de las determinaciones antropométricas, que analizaremos en el siguiente apartado.

1.5.2.1.- ANTROPOMETRÍA

Existen numerosas técnicas de tipo antropométrico que nos ayudan en el estudio tanto del crecimiento como de la composición corporal. Las principales mediciones que nos son de utilidad para valorar el crecimiento son las siguientes (Cameron N. 1978):

- | | |
|-----------------|------------------------|
| - Peso | - Talla |
| - Talla sentado | - Longitud pubis-talón |

.....**Introducción**

- Envergadura
- Longitud del antebrazo
- Longitud de la mano
- Longitud tibial
- Diámetro biacromial
- Perímetro cefálico
- Perímetro abdominal
- Perímetro de la pantorrilla
- Pliegue tricipital
- Pliegue suprailíaco
- Longitud del brazo
- Longitud del cúbito
- Longitud del femur
- Longitud del pie
- Diámetro bicrestal
- Perímetro torácico
- Perímetro del muslo
- Pliegue bicipital
- Pliegue subescapular

De todas estas determinaciones, no todas nos serán útiles para la valoración de la composición corporal y por el contrario deberemos añadir algunas otras.

Las mediciones más utilizadas en antropometría para determinar la composición corporal del individuo son los siguientes:

- Peso
- Talla
- Pliegues cutáneos
- Diámetros y circunferencias corporales

A partir del peso y de la talla podemos calcular los índices corporales como el de Quetelet, que ha sido utilizado para

Introducción

determinar el grado de adiposidad en la infancia y la adolescencia. Este índice se basa en que para individuos de igual talla, la masa magra varía poco y por tanto, la mayor parte de variabilidad se deberá a las variaciones en la masa grasa (Rolland Cachera M.F. y cols. 1982). Este método de evaluación de la masa grasa, a pesar de su gran utilidad general, puede causar errores individuales importantes sobre todo cuando encontramos individuos con un alto desarrollo muscular.

La medición de los pliegues cutáneos es una de las técnicas antropométricas más útiles para estimar el porcentaje de grasa corporal de un individuo.

Existen numerosos pliegues utilizados para la estimación de la grasa corporal, de los cuales citamos a continuación algunos de los más representativos:

- | | |
|-----------------|--------------------------------|
| - Tricipital | - Bicipital |
| - Subescapular | - Suprailíaco |
| - Periumbilical | - Parte anterior del muslo |
| - Nalgas | - Parte inferior de la espalda |
| - Pantorrilla | - Línea media axila |

Si bien todos los autores se ponen de acuerdo en que los pliegues cutáneos son un buen parámetro de evaluación de la

.....**Introducción**

masa grasa, no ocurre así cuando se trata de señalar los que deben ser utilizados a este propósito.

En un estudio realizado por Watson, se analizaron un total de 17 pliegues y se llegó a la conclusión que los que aproximaban más a la variabilidad de grasa corporal eran los pliegues tricípital, parte inferior de la espalda, nalga, frontal del muslo y periumbilical (Watson A.W.S. 1984). Existen otros estudios en los que se han realizado numerosas mediciones antropométricas para determinar el porcentaje de grasa corporal; en uno de ellos (Mayhew J.L. y cols. 1983) se realizaron 24 determinaciones y se valoró el peso hidrostático, realizándose a continuación un cálculo de regresión múltiple, hallándose mayor asociación con el peso, el pliegue tricípital y el de la pantorrilla. Estos dos últimos estudios fueron realizados sobre individuos deportistas lo cual puede que alterase el resultado de las pruebas dado el cambio en la distribución de la grasa corporal en individuos deportistas.

Una de las ecuaciones más aceptadas y que tienen validez en el niño y en el adolescente, es la que calcula la densidad corporal a partir de los pliegues siguientes (During J.V.C.A. y cols. 1974):

- Tricípital
- Bicipital

Introducción

- Subescapular
- Suprailíaco

Los diámetros y segmentos corporales son otro tipo de mediciones que tienen también importancia en la valoración de la composición corporal. Los diámetros que más se han utilizado son los siguientes:

- Tobillo
- Muñeca
- Biacromial
- Bicrestal
- Bitrocantéreo

Estos diámetros, junto con la altura, fueron correlacionados con el peso magro de cada individuo estimado por densimetría y se alcanzaron coeficientes de correlación (r) que variaban entre 0.88 y 0.92 (Behnke A.R. y cols. 1974). Estos coeficientes resultaron más bajos cuando se repitió el trabajo en otros grupos de sujetos (0.73 - 0.82).

Las circunferencias corporales también se han utilizado para valorar la grasa corporal, así como la masa muscular.

A continuación se muestran algunas de las circunferencias

.....*Introducción*

corporales más utilizadas:

- Circunferencia del brazo
- Circunferencia umbilical (a nivel del ombligo)
- Circunferencia de las nalgas (diámetro mayor)
- Circunferencia del antebrazo (distal a cresta antecubital)

De todas estas circunferencias, quizás la más utilizada para valorar la composición corporal sea la circunferencia del brazo, puesto que con ella y el pliegue tricípital se puede realizar el cálculo de la sección muscular y grasa, del brazo. Este cálculo puede realizarse mediante el cálculo matemático a partir de fórmulas o mediante la utilización del normograma de Gurney (Gurney J.M. y cols. 1973). Este método ha sido mejorado en estudios posteriores (Heynsfield S.B. y cols. 1982), pudiéndose calcular el valor verdadero del área muscular en la que se incluía el hueso, el tejido conectivo y el paquete vascular.

Las técnicas antropométricas son en general muy útiles para la valoración de la composición corporal, sin embargo, existen grandes variaciones en su medición que podrían llegar ± 3.16 desviaciones estándar en la medición del pliegue pectoral (Housh T.J. y cols. 1983). Esta gran

Introducción

variabilidad exige un correcto adiestramiento y estandarización de los individuos que van a realizar las pruebas; ello se puede conseguir con un corto aprendizaje acompañado de las instrucciones necesarias, que se ha demostrado útil para conseguir resultados muy parecidos a los que obtienen personas con larga experiencia (Hyner G.C. y cols. 1986).

1.5.3.- EVOLUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL A LO LARGO DE LA PUBERTAD

La composición corporal es diferente para cada individuo pero es posible observar variaciones comunes respecto a la edad. Estas variaciones se hacen mucho más aparentes en etapas como la pubertad, en donde el cambio en la morfología corporal se produce de forma tan radical.

Los cambios en la composición corporal que se producen en el período de la pubertad deben ser vistos desde un marco madurativo y por tanto, seguirán un proceso que estará íntimamente ligado con la maduración, más que con la edad cronológica. Este fenómeno se revela de forma clara cuando observamos las curvas de evolución cronológica del índice de Quetelet (Rolland Cachera M.F. y cols.1982), en las que se

.....*Introducción*

observa una mayor variabilidad interindividual que coincide con la etapa puberal y que se demuestra por un mayor distanciamiento entre los percentiles superiores e inferiores. Esto demuestra la menor homogeneidad que existe entre la población adolescente analizada por su edad. Contrasta además con las fases anteriores y posteriores a dicho período, donde las características de los miembros de la población son más similares.

Lo mismo ocurre cuando analizamos cronológicamente los pliegues cutáneos. En las curvas de los pliegues por percentiles, aparece siempre un ensanchamiento que se da tanto en el sexo masculino como en el femenino y abarca toda la etapa puberal (Tojo R. 1983). Ello se debe sin duda a una mayor variabilidad, producida por la coincidencia en el tiempo, de individuos con niveles de maduración muy distintos.

Cuando analizamos los cambios que se producen en los pliegues cutáneos a lo largo del período puberal se demuestra que existen aumentos y disminuciones a lo largo de ese período. En una primera fase, los pliegues subescapular y tricipital aumentan, coincidiendo con el pico de máxima velocidad de crecimiento, a partir del cual, vuelven a disminuir.

Existe un aumento más o menos homogéneo de los pliegues

Introducción

cutáneos en las niñas, mientras que en los niños los pliegues de los miembros tienden a disminuir a partir del pico de máximo crecimiento y los pliegues tronculares siguen aumentando (Kemper H.C.G. y cols. 1985 (b)).

Mediante la medición de la densidad corporal y la valoración de la maduración ósea en niños y niñas de 10 a 18 años, Cameron llegó a la conclusión que el incremento anual de la masa magra está correlacionado negativamente en las niñas con la edad cronológica y ósea, lo que no ocurre en los niños en los que se demuestra un incremento medio anual de 4.35 kg/año (Cameron N. y cols. 1983). Cuando se analizó la masa grasa, el fenómeno se invirtió y mientras no se observaba ningún aumento significativo en los niños, en las niñas se produjo un aumento medio de 1.14 kg/año.

Además de mostrarse la gran variabilidad madurativa en los componentes óseos, musculares y grasos, estos estudios muestran además que dicha variabilidad se enmarca siempre dentro de unos límites de diferencias individuales de tipo constitucional, que siguen unas pautas de evolución muy similares y que dichas pautas siguen un compás cronológico sólo en la medida en que esta evolución en la edad cronológica se ajusta a la edad madurativa, que es la determinante.

.....*Introducción*

1.5.4.- EJERCICIO FÍSICO Y COMPOSICIÓN CORPORAL

El ejercicio físico, además de producir alteraciones funcionales (disminución de la frecuencia cardíaca basal, aumento del tamaño y número de mitocondrias etc.), puede producir alteraciones de tipo estructural, con cambios en el tejido óseo, adiposo y muscular, así como alteraciones en la morfología corporal o somatotipos que se encuentran también muy ligados a la composición corporal.

Si queremos establecer diferencias en cuanto a la composición corporal entre la población general y una población de deportistas, lo primero que nos aparecerán serán unos niveles inferiores de grasa y superiores de músculo en la población deportista. Existen numerosos trabajos que intentan averiguar como se modifica la composición corporal cuando se está sometido a un gran ejercicio físico. En estudios realizados sobre gimnastas masculinos y femeninos (Parizkova J. 1977), se apreció que existía un aumento medio de la masa magra de 1.8 kg para los hombres y de 1.2 kg para las mujeres, permaneciendo el peso total sin modificar.

En otro estudios en el que se sometía a 13 hombres a un entrenamiento aerobio durante 20 semanas, se observó una pérdida de 1,4 kg, habiéndose producido un incremento de 2

Introducción

kg de masa magra (Despres J.P. y cols. 1985).

En otro trabajo realizado sobre gimnastas se apreció que éstas tenían un menor cociente altura/peso, un menor % de grasa corporal, mayor musculatura y un nivel de maduración ósea proporcional a la edad cronológica (Caldarone G. y cols. 1986). Otros trabajos, sin embargo, encuentran un retraso en la maduración ósea (Mercado M.C. 1987).

Parece ser que el ejercicio físico actúa también sobre el tejido óseo aumentando su densidad, aunque a muy largo plazo. Estudios realizados sobre corredores de larga distancia que practicaban deporte desde hacia como mínimo 25 años, (Dalén N. y cols. 1986) demuestran un incremento de la densidad ósea de un 6 a un 19% respecto a la población general.

En líneas generales podemos decir que la actividad física actúa sobre la composición corporal, aumentando la masa magra, disminuyendo la masa grasa y aumentando la densidad del tejido óseo. Esta aparente sencillez, queda mucho más confusa cuando analizamos un individuo concreto que practica un determinado ejercicio físico y además, se encuentra en un nivel madurativo determinado.

..... *Introducción*

**1.6.- ASPECTOS COGNITIVOS Y SOCIALES DE LA
PUBERTAD Y LA ADOLESCENCIA.**

Todas las características y habilidades que una persona adquiere y todo cambio en su desarrollo, son el resultado de dos procesos básicos aunque complejos: el aprendizaje y la maduración. Como los dos procesos generalmente se interaccionan, es difícil separar los efectos de cada uno para especificar su contribución en el desarrollo del niño. No hay un acuerdo definitivo, pero todas las definiciones de maduración resaltan unos procesos orgánicos o cambios estructurales que ocurren dentro del cuerpo de un individuo, que son relativamente independientes del ambiente externo y de la experiencia o práctica adquirida en alguna habilidad. La "maduración" implica desarrollo del organismo en función del tiempo o la edad y se refiere a cambios neurofisiológicos y bioquímicos desde el momento del nacimiento al de la muerte.

El aprendizaje ha sido definido de diversas maneras, pero el término se refiere generalmente a cambios en la conducta o actuación como resultado de la experiencia.

Se acepta el principio de que un niño aprenderá una respuesta con más eficacia si se le motiva, o sea, si tiene una necesidad o deseo de aprenderla. Además aprenderá mejor

Introducción

si se le refuerza o premia por conseguirlo y aún más si le conduce a la satisfacción de alguna de sus necesidades. Según este punto de vista, cuanto más se premia una respuesta, más intensa se convierte y más posibilidades tiene de repetirse.

De todas formas, aunque la mayor parte del aprendizaje implica motivación y premio, se ha demostrado que una parte del mismo ocurre sin motivación alguna.

Las interacciones entre los procesos de maduración y aprendizaje están especialmente claras en el desarrollo motor, en el que aspectos madurativos como la composición corporal, se interrelacionan con aspectos del aprendizaje. Otros aspectos como el rendimiento escolar, parecen también ligados al fenómeno madurativo (Martí-Henneberg y cols. 1991), si bien existen muchos otros factores, a parte del propio desarrollo cognitivo, que podrían relacionarse con este fenómeno (autoestima, ansiedad, etc.).

La cognición se refiere a los procesos mentales más elevados, o sea, a las funciones implicadas en la comprensión y las relaciones con el mundo que nos rodea: la percepción, el lenguaje, la formación de conceptos, la abstracción, solución de problemas, la inteligencia y el pensamiento. En un principio, los psicólogos intentaron diferenciar cognición de emoción, motivación y

..... *Introducción*

características de la personalidad, pero la distinción es difícil de mantener puesto que estos últimos factores pueden tener un impacto sobre el funcionamiento cognoscitivo. Por ejemplo, los datos procedentes de un número de estudios demuestran que la ansiedad dificulta la capacidad de los niños para solucionar problemas.

Aunque las definiciones de inteligencia son diversas, la mayoría acentúa la capacidad de pensar en términos abstractos y de razonar, y la capacidad de utilizar estas funciones con propósitos de adaptación. Si aceptamos esta definición como hacen la mayoría de los psicólogos, es difícil separar la inteligencia de otras funciones cognoscitivas. Casi todos los tests de inteligencia contienen puntos de discriminación perceptual, solución de problemas, razonamiento y pensamiento abstracto. La relación entre la capacidad verbal y la inteligencia está correlacionada y depende de una facilidad en el lenguaje. Desde luego, todos los aspectos de la capacidad del lenguaje tienden a estar positivamente correlacionados con las puntuaciones en los tests de inteligencia. Estos últimos generalmente se expresan en términos de coeficiente intelectual, que es la proporción entre la edad mental, medida con un test de inteligencia, y la edad cronológica multiplicada por 100.

Introducción

El desarrollo de inteligencia o adaptación siempre implica dos procesos complementarios: asimilación y acomodación. En la asimilación, un niño incorpora y utiliza estímulos procedentes de su ambiente, interpretando nuevas situaciones basándose en aquellas en las que ya está familiarizado, encajando la no familiar en su organización asequible y reaccionando como lo ha hecho en situaciones pasadas. La acomodación tiene lugar cuando los estímulos ambientales exigen nuevas reacciones en situaciones familiares, o sea, cuando las respuestas aprendidas ya no son adecuadas y el niño debe "acomodarse" a la situación cambiando su conducta.

El desarrollo psíquico se considera como el cambio de las puntuaciones sobre las aptitudes mentales y las capacidades cognoscitivas objetivables a través de las pruebas psicométricas.

El desarrollo psicológico y social presenta, al igual que el desarrollo físico, una base de correlación fisiológica.

Los factores socioeconómicos son, en gran parte, causa de que la madurez cognitiva sufra un avance cronológico, lo que se ha venido en llamar aceleración secular del desarrollo (Lindgren G. 1988).

Según la teoría de Piaget (Piaget y Inhelder 1969), en el período de 11 a 14-15 años, el sujeto llega a desprenderse

..... **Introducción**

del pensamiento concreto y a situar lo real en un conjunto de posibles transformaciones.

Se ha podido observar que existen diferencias entre ambos sexos en relación al desarrollo cognitivo. Estas diferencias se han observado en tres áreas: la ejecución matemática y la habilidad espacial, en las que los niños muestran mejores aptitudes, y la habilidad verbal que se da mejor en las niñas. Benbow (1988) encuentra a la edad de 12 y 13 años una habilidad matemática superior en los varones, sin hallar diferencias en la habilidad verbal, y propone para su relación factores sociales y también biológicos.

Lindgren (1988) apuntaba que dada la maduración más temprana de las hembras, éstas deberían mostrar una habilidad y ejecución mentales superiores. Sin embargo, vemos como estas diferencias no siempre puntúan en la misma dirección y los resultados encontrados en varones y hembras son a veces contradictorios.

Petersen (1983) en el desarrollo del estudio longitudinal "Early Adolescence Study", realizó un seguimiento de 200 escolares durante 3 años entre sexto y octavo grado. En este estudio se exploró el estadio puberal mediante los estadios de Tanner, clasificando el crecimiento puberal en tres periodos: prepúber (estadio 1), púber (estadios 2 y 3) y postpúber (estadios 4 y 5). Se valoraron también las medidas

Introducción

cognitivas mediante el subtest "Space Relations" del "Primary Mental Abilities Test", que evalúa la habilidad de visualización espacial, el "Group Embedded Figures Test" para la independencia de campo y el "Differential Aptitude Test" para evaluar la producción fluida del lenguaje. Se observó que todas las puntuaciones medias aumentaban a través de los cursos, excepto la habilidad espacial para niños. Según el estadio puberal no se observaron diferencias significativas de las medidas cognitivas. A pesar de la poca relación con la maduración observada en este estudio, otros autores como Lindgren (1988) observan que los escolares que maduran antes, comparados con los que lo hacen posteriormente, tienen también más incrementado el crecimiento mental. Las diferencias encontradas por los distintos autores, así como la relación con otras variables como el nivel de autoestima o el nivel socioeconómico (Kumar y Chansoria 1984), hacen que la asociación entre maduración física y incremento de las capacidades cognitivas esté todavía poco clara.

.....*Introducción*

1.7.- ESTUDIOS DE LA CONDICIÓN FÍSICA EN ESCOLARES.

La publicación en Estados Unidos de unos primeros resultados sobre una serie de tests físicos aplicados a escolares (Kraus y Hirschland 1954) y su posterior comparación con algunos resultados de niños europeos, hizo que se plantease por primera vez el problema de hallar unos test físicos para efectuar una valoración de la condición física en edades escolares.

A partir de este estudio, en el año 1956, se creó un comité presidencial para el impulso de la investigación de temas relacionados con la valoración de la condición física, surgiendo así un gran número de baterías de tests y normas nacionales de aptitud física para niños y niñas.

Los distintos proyectos presentados, se agruparon en dos grandes grupos:

1.- Por una parte, apareció un grupo de pruebas que tenían un carácter intuitivo y que estaban concebidas como tests de evaluación de aspectos técnicos de la capacidad física. El símbolo principal de este grupo de test lo constituyó la batería elaborada por la Asociación Americana de la Salud, la Educación Física y el Ocio (AAHPER), a la que se dió una

Introducción

utilización nacional en Estados Unidos. Esta batería, que fue utilizada a partir de 1957, estaba constituida por 6 tests destinados a medir la condición física de niños y niñas de 6 a 18 años.

En el año 1964 Fleishman hizo una crítica a la batería AAHPER, basada en que los tests estaban elaborados de una forma empírica y que de hecho, tan solo median algunos de los factores de la condición física. Los factores de aptitud que evaluaban estos tests, según Fleishman eran 3: la fuerza dinámica, la fuerza explosiva y la resistencia, dejando otros como la flexibilidad, la coordinación, el equilibrio etc. (Fleishman E.A. 1964).

2.- El otro grupo de pruebas que se crearon para la evaluación de la condición física, tenían un carácter más científico y menos empírico y fueron impulsadas por Fleishman (Fleishman E.A. 1964). Estas pruebas, nacieron de un estudio científico de los diferentes tests utilizados por distintas universidades de Estados Unidos, eliminando las pruebas que tenían unas características similares y definiendo unos factores de condición física a los que se les asignó la prueba más específica para su medición. El resultado de todo ello fue la definición de 10 factores de valoración física: Flexibilidad estática y dinámica, fuerza

.....*Introducción*

explosiva, fuerza estática y dinámica, fuerza del tronco, coordinación corporal global, equilibrio corporal general y resistencia cardiorespiratoria.

Actualmente, en Canadá se está siguiendo una política de aplicación de tests físicos y de medida de la actividad física mediante un cuestionario. Se utiliza para ello una metodología de simple realización por personal no médico (Shephard R.J. 1991), aplicándose unos tests físicos de características similares a los propuestos por Fleishman.

En Europa, entre los años 1967 y 1978 se dan los primeros intentos de profundizar en el estudio de la condición física de los jóvenes. Los primeros trabajos fueron impulsados por Ostyn en Bélgica y se dirigieron a la búsqueda de una batería de tests permanente que midiera las aptitudes fundamentales de la condición física. La solución más simple era partir de los tests utilizados por Fleishman. Sin embargo, existían algunas dudas acerca de estos tests, que se fundaban en el hecho de que los tests de Fleishman fueron realizados con adultos con un cierto grado de entrenamiento. Además, Fleishman no realizó un correcto control de los tests (Simons J. y cols. 1983). En base a esto, en 1980 se publicaron los primeros resultados de una batería de test

Introducción

llamada MOPER Fitness Tests, que fue uno de los primeros intentos serios de confeccionar un conjunto de pruebas que valorasen diferentes aspectos de la condición física de escolares en edad puberal. (Bovend'erdt y cols. 1980).

La batería MOPER Fitness Test, ha tenido continuidad con una versión mucho más unificadora, promovida por el Comité para el Desarrollo del Deporte del Consejo de Europa, llamada EUROFIT, la cual presenta grandes similitudes con la anterior.

Con la aparición de la batería Eurofit, se ha dado un paso muy grande en la unificación de los tests físicos para los escolares, haciendo que la heterogeneidad metodológica no sea uno de los mayores obstáculos para la comparabilidad de los estudios.

Paralelamente, la batería Eurofit ha hecho que aparezcan múltiples estudios que nos ofrecen valores de normalidad para diferentes poblaciones, incluso para la nuestra (Prat J.A. 1988).

A pesar del avance metodológico que representó la confección y validación de los test, la estructura de la batería sigue teniendo un modelo factorial, valorándose mediante otros test, casi los mismos factores que apuntaba Fleishman. Estos factores se estructuran en 4 dimensiones: Resistencia cardiorespiratoria, fuerza y resistencia muscular, rapidez,

..... **Introducción**

flexibilidad y equilibrio. Estas dimensiones se dividen a su vez en factores y éstos se valoran mediante tests. Así, por ejemplo, la fuerza se divide en los factores de fuerza estática, explosiva dinámica y fuerza del tronco y para evaluarla se utilizan los test de dinamometría manual, salto de longitud con pies juntos, suspensión de brazos en flexión y flexión del tronco respectivamente.

Actualmente, la mayoría de trabajos se dirigen a lograr la mayor estandarización posible de los tests y a obtener valores de referencia para poblaciones específicas mediante estudios transversales y menos frecuentemente longitudinales.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

2.- OBJETIVOS DE ESTE ESTUDIO

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

..... *Objetivos*

2.1.- JUSTIFICACIÓN

El desarrollo del niño es un fenómeno muy complejo del que poseemos únicamente una descripción altamente pormenorizada en algunos aspectos. Así, por ejemplo, conocemos con gran detalle el crecimiento físico y conocemos también alguna forma de medir el desarrollo cognoscitivo a través de baterías de tests psicológicas. Otros autores nos han aportado formas de referencia para medir la maduración sexual durante la pubertad. No obstante, la capacidad funcional de un individuo se adquiere también progresivamente y es el resultado de una compleja interacción de factores, algunos de los cuales, como hemos dicho, sabemos medir, pero muchos son los que quedan sin valorar.

El objetivo de este trabajo ha sido el de medir la progresión de la capacidad física durante la pubertad, en los niños y en las niñas, a través de pruebas específicas preparadas al efecto, y al mismo tiempo valorar en ellos el crecimiento físico, la maduración cognoscitiva, y el nivel socioeconómico, y analizar hasta que punto estos factores explican la variabilidad de los resultados de los tests físicos.

Objetivos

2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.- Describir los resultados de la realización de los tests físicos: PWC170, suspensión en barra, salto vertical, carrera de 5 X 10 metros, tapar platos y flexión del tronco por un grupo de niños normales, cada año, desde los 11 a los 15 años y por un grupo de niñas normales, cada año, desde los 10 a los 14 años y aportar así referencias normales en nuestro medio, teniendo en cuenta la metodología aplicada en cada test.

2.- Analizar la participación de la maduración puberal en los resultados. Este objetivo se aborda de 2 formas:

- Primero: distribuyendo los resultados en función de los estadios madurativos de Tanner en el seno de cada grupo de edad.

- Segundo: agrupando los individuos estudiados según la edad de inicio de la pubertad, y comparando así diversos grupos según su ritmo de maduración en el tiempo.

..... **Objetivos**

- 3.- Analizar la evolución de la composición corporal en ambos sexos y su participación en los resultados de los tests físicos.

- 4.- Valorar la capacidad de atención según el test de las caras, la inteligencia según el test de Raven y el nivel de desarrollo cognoscitivo con los tests de TEA, y su participación en los resultados de los tests físicos.

- 5.- Agrupar los individuos estudiados en función de su nivel socioeconómico, y analizar la posible participación de este factor en los resultados de los tests físicos

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

3.- MATERIAL Y MÉTODOS

Material y métodos.....

3.1.- DESCRIPCIÓN DE LOS INDIVIDUOS INCLUIDOS
EN EL ESTUDIO

3.1.1.- PROCEDENCIA

El presente estudio ha tenido una duración de 5 años y se ha realizado a partir de todos los niños escolarizados de la ciudad de Reus, nacidos en el primer semestre de los años 1976 (334 niños) y 1977 (244 niñas). Se trata pues del estudio de una población, ya que el tamaño de la ciudad de Reus (86.000 habitantes, al principio del estudio) nos ha permitido poder escoger a toda la franja de edad, sin necesidad de extraer ninguna muestra. Por este motivo es evidente la representatividad del grupo. Por otra parte consideramos a la ciudad de Reus representativa del conjunto de ciudades medias de Cataluña.

La participación en el primer año fue del 88.8% en los varones y del 84.4% en las hembras. Fueron rechazados 2 varones y una hembra por ser deficientes mentales y se comprobó que el resto de individuos que no acudieron tenían una distribución homogénea en todas las escuelas de Reus.

Los individuos estudiados se reparten entre 27 escuelas (14 públicas y 13 privadas), distribuidas uniformemente en la ciudad. El número de varones que van a escuelas privadas es

..... **Material y métodos**

de 115 (34%), mientras que 219 (66%), van a escuelas públicas. Las niñas que van a colegios privados suman 73 (30%) y 171 (70%) van a escuelas públicas (Fig. 1). La proporción global de niños y niñas que van a escuelas públicas es del 67.5% frente a un 32.5% que van a escuelas privadas.

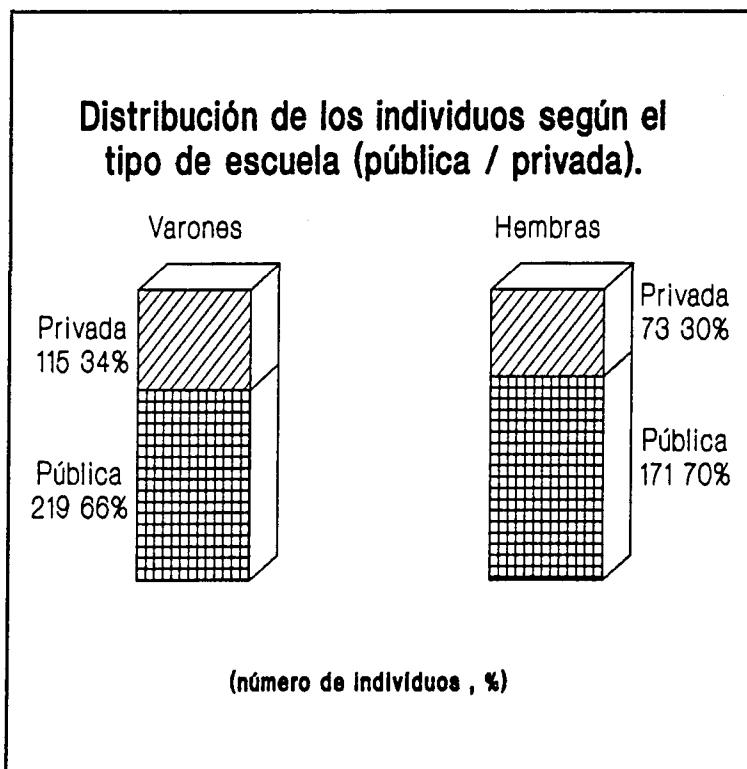


Fig. 1

Material y métodos.....

3.1.2.- ÉDADES Y NIVEL MADURATIVO

Se trata de un estudio longitudinal en el que se ha seguido a los niños desde los 12 hasta los 15 años de edad y a las niñas desde los 11 hasta los 14 años de edad.

Se puede observar que los niños son un año mayores que las niñas a cada momento de observación. Cuando diseñamos el estudio, tuvimos en cuenta el hecho de que los niños maduraban de forma más tardía que las niñas y ya que se trata de un estudio puberal, que pretende valorar los cambios ligados a esta etapa, consideramos seleccionarlos con un año de diferencia para poder abarcar el comienzo de la pubertad sin prolongar excesivamente el tiempo de realización del estudio. Con esta diferencia de un año de edad, pudimos reducir el desfase madurativo de ambos sexos. En la figura 2 se muestran los individuos repartidos en dos gráficas, según sean varones o hembras, y dispuestos en estadios madurativos valorados por el estadio puberal de Tanner.

En la siguiente figura se puede observar que existe una mayor homogeneidad madurativa entre los niños y las niñas si los observamos tal y como están dispuestos (con una diferencia de un año). Cuando comparamos las distribuciones de los estadios puberales de los niños y niñas de edades

..... *Material y métodos*

iguales, éstos son mucho menos homogéneos.

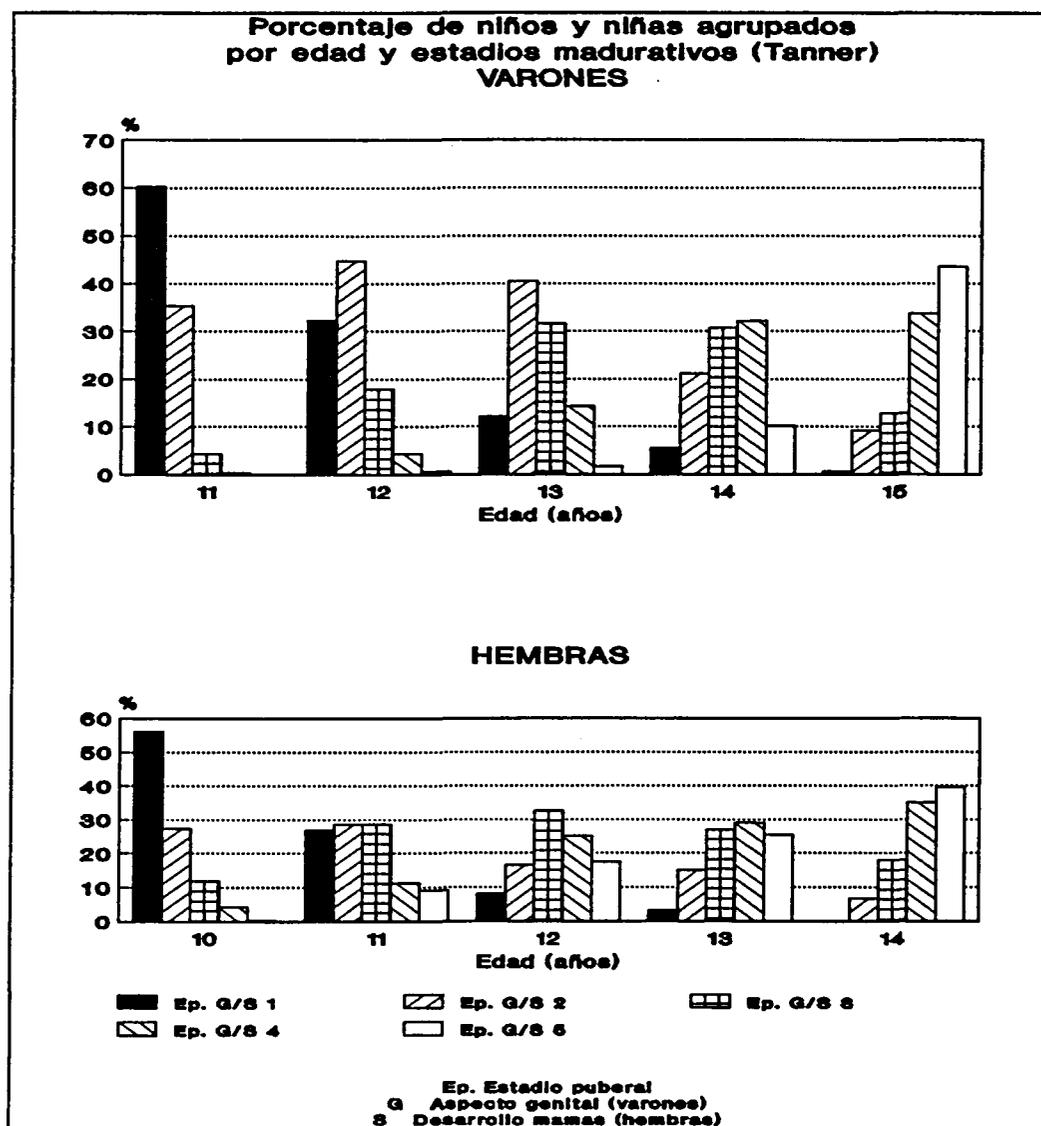


Fig. 2

Material y métodos.....

3.1.3.- NÚMERO DE INDIVIDUOS Y SEGUIMIENTO

Se han estudiado 578 individuos, de los cuales 334 son varones (57%) y 244 (42%) hembras. En la figura 3 se muestra su distribución según el mes de su nacimiento:

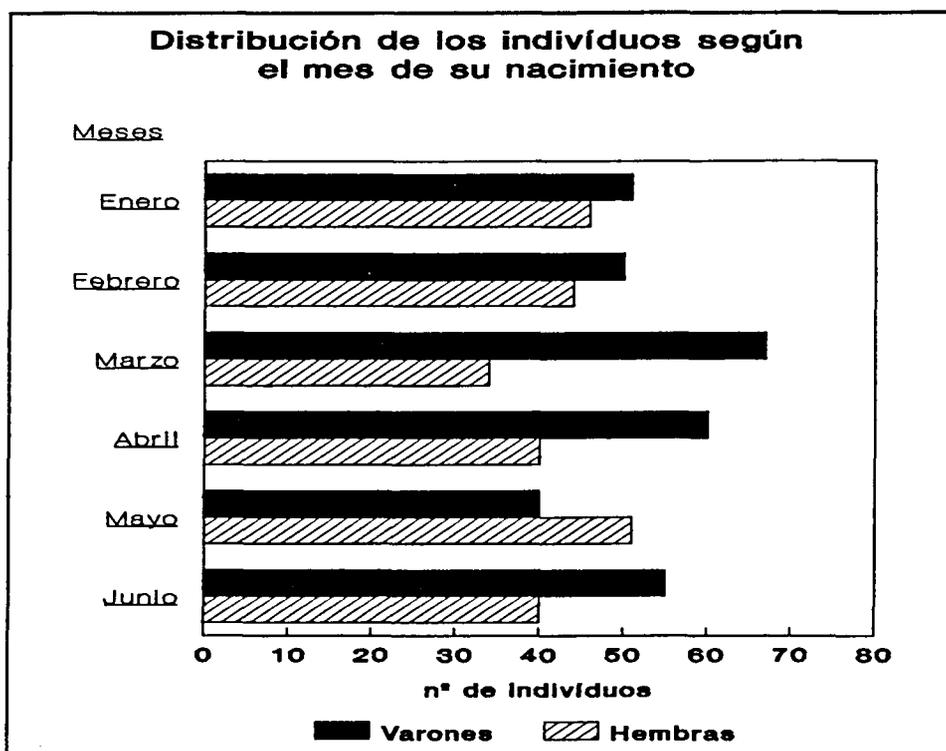


Fig. 3

Se puede observar que todos pertenecen al primer semestre del año, lo que nos ha permitido realizar las mediciones

..... *Material y métodos*

durante la época escolar dejándonos los 6 meses posteriores para realizar el análisis de los datos.

El seguimiento de los niños se ha realizado una vez cada año durante 5 años, desde el año 1987 hasta el año 1991. Las diferentes mediciones realizadas sobre estos niños se han hecho coincidir con el mes de su aniversario para obtener la máxima homogeneidad respecto a la edad.

En la siguiente tabla se muestran, año por año, el número de individuos que han participado en el estudio, distribuidos por sexos:

TABLA 1

AÑOS DE ESTUDIO	VARONES	HEMBRAS	TOTAL
1987	334 (100%)	244 (100%)	578
1988	311 (93.1%)	223 (91.4%)	534
1989	292 (87.4%)	210 (86.1%)	502
1990	260 (77.8%)	193 (79.1%)	453
1991	175 (52.4%)	161 (65.9%)	336

Material y métodos.....

3.1.4.- PRÁCTICA DEPORTIVA

La práctica de algún deporte extraescolar de la población estudiada, aparece como una característica con una frecuencia muy distinta si se trata de los niños o de las niñas. En la figura 4 se muestra gráficamente la distribución de la práctica de deporte extraescolar por sexos:

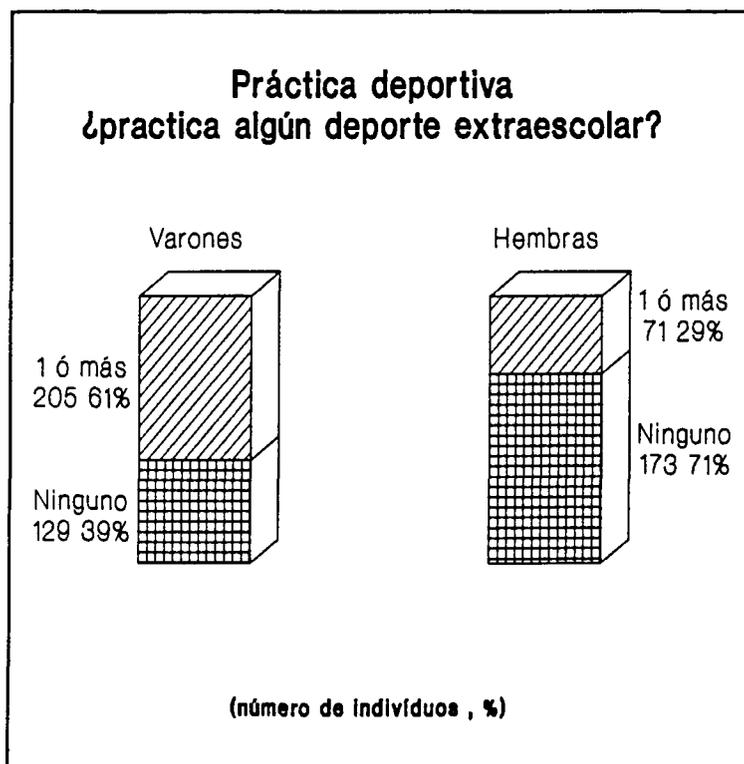


Fig. 4

..... **Material y métodos**

Estas diferencias entre los dos sexos, se observan no tan solo en la práctica o no de deporte, sino también en los tipos de deporte que se practican. Así, por ejemplo, tenemos que el deporte más practicado en los niños es el fútbol, mientras que en las niñas es la gimnasia y el atletismo, manteniéndose en ambos sexos el baloncesto como segundo deporte más practicado. En tercer lugar aparecen las artes marciales en los niños y el patinaje en las niñas.

Material y métodos.....

3.1.5.- CARACTERÍSTICAS FAMILIARES

3.1.5.1.- LUGAR DE PROCEDENCIA DE LOS PADRES

Reus, al igual que muchas ciudades de Cataluña, se ha visto sujeta al fenómeno de la inmigración que se produjo principalmente en el tercer cuarto de este siglo. En la siguiente tabla se muestran las proporciones de niños distribuidas según la procedencia de su padre y de su madre:

TABLA 2

LUGAR DE PROCEDENCIA DE LOS PADRES				
Procedencia padres	Padre		Madre	
	Niñas%	Niños%	Niñas%	Niños%
Tarragona	31.2	36.9	35.1	34.6
Cataluña	8.6	6.5	8.6	8.2
España	60.2	54.4	54.5	56.2
Extranjero	0.0	1.6	1.8	1.0

..... *Material y métodos*

El fenómeno de inmigración queda reflejado, dado que existe más de un 50%, tanto de padres como de madres, procedentes de fuera de Cataluña.

3.1.5.2.- NIVEL DE INSTRUCCIÓN DE LOS PADRES

El nivel de instrucción de los padres se ha valorado mediante entrevista personal dirigida a los padres.

Los distintos niveles de instrucción se han establecido a partir de la información obtenida de los padres mediante la realización de una clasificación que comprende un total de 9 categorías distintas: analfabetismo, primaria incompleta, primaria completa, bachillerato elemental, formación profesional, bachillerato superior, titulados de grado medio y titulados de grado superiores, dejándose otra categoría para los casos que ha resultado imposible incluirlos dentro de alguna de las categorías anteriores.

En la tabla 3 se muestra por un lado, los distintos niveles de instrucción y por otro, el número de padres y el número de madres de los individuos incluidos en el estudio que observan un nivel de instrucción que corresponda a una de las categorías que van desde analfabeto hasta titulados superiores. Mediante esta clasificación se ha conseguido

Material y métodos.....

incluir al 98.2% de los padres y al 99.3% de las madres en alguna de las categorías de nivel de instrucción.

TABLA 3

<u>NIVEL INSTRUCCIÓN</u>	PADRE	MADRE
ANALFABETO	12	14
PRIMARIA INCOMPLETA	225	263
PRIMARIA COMPLETA	219	225
BACHILLERATO ELEMENT.	37	34
FORMACIÓN PROFESIONAL	21	2
BACHILLERATO SUPERIOR	22	8
TÍTULO MEDIO	16	17
TÍTULO SUP.	13	9
NO CLASIFICADO	7	4

Según esta tabla, más del 40% de los padres y casi el 50% de las madres no realizaron o no completaron los estudios primarios.

..... *Material y métodos*

3.1.5.3.- PROFESIÓN DE LOS PADRES

La profesión de los padres se estableció mediante una entrevista personal, para luego clasificar la información obtenida en un total de nueve categorías diferentes.

Las categorías profesionales que se establecieron fueron las siguientes: inactivo, sin cualificar, no especializado, especializado, administrativo medio, cuadros intermedios, cuadros superiores, empresarios sin salario y empresarios con salario.

En la tabla 4 se muestra la distribución de los padres y de las madres según su profesión.

En esta tabla se muestra que en los padres, las categorías profesionales con mayor número de individuos son las profesiones no cualificadas con un 26% de los padres, seguidas en segundo lugar por los trabajadores no especializados con un 21% de los padres. Por tanto, dentro de estas dos categorías se encuentran el 46% de los padres.

En el caso de las madres, la categoría en la cual se encuentran la mayor parte de las madres es la de inactivo, representando más del 66% de las madres. Las otras categorías, incluyen unos porcentajes mucho menores de madres, siendo también las trabajadoras sin cualificar las

Material y métodos.....

que siguen en porcentaje a las inactivas con un 11.6% de madres.

TABLA 4

<u>PROFESIÓN</u>	PADRE	MADRE
INACTIVO	31	381
SIN CUALIFICAR	150	67
NO ESPECIALIZADO	120	22
ESPECIALIZADO	96	14
ADMVO. MEDIO	108	56
CUADROS INTERMEDIOS	23	11
CUADROS SUPERIORES	17	7
EMPR. SIN SALARIO	24	15
EMPR. CON SALARIO	5	3

..... *Material y métodos*

3.2.- PRUEBAS Y TESTS REALIZADOS

Han sido realizadas, por personas entrenadas y estandarizadas, varios grupos de pruebas y mediciones:

Las primeras las denominaremos PRUEBAS FÍSICAS. Estas pruebas nos dan información acerca de las diferentes capacidades que componen la capacidad física de un individuo. Se ha intentado que las pruebas utilizadas sean sencillas dado que ello facilita mucho su aplicación en grupos amplios de población; además se trata de pruebas que ya son ampliamente utilizadas, lo que las hace mucho más atractivas para el análisis y comprensión de los factores que juegan en cada una de ellas. Existe además la ventaja de que, las pruebas que se realizan, están incluidas en su mayoría en el llamado "MOPER fitness test" (Bovend'eerdt, J.H.F. 1980) el cual fue también utilizado en otros trabajos de tipo longitudinal, lo que resulta muy útil de cara a la comparabilidad de los resultados.

Las pruebas físicas constan de unos tests considerados de resistencia cardiorespiratoria, de fuerza explosiva, fuerza-resistencia, así como pruebas que miden otras capacidades como la flexibilidad o la velocidad y la coordinación.

Material y métodos.....

El segundo grupo lo compone la **ATROPOMETRÍA**. Se han realizado una serie de mediciones en las que se incluyen el peso, la talla, diámetros corporales y la medición de los pliegues cutáneos. A partir de todos ellos se han generado una serie de variables encaminadas principalmente a la valoración de la composición corporal.

El tercer grupo de mediciones han sido las encaminadas a valorar la **MADURACIÓN PUBERAL**. Se han realizado distintas determinaciones como el estadiaje de Tanner, el índice de volumen testicular y diferentes índices para medir el ritmo de crecimiento.

El cuarto grupo de pruebas realizadas son las que denominamos **PRUEBAS PSICOLÓGICAS**. Se han realizado una serie de tests destinados a valorar parámetros de tipo psicológico. Entre ellos se ha valorado la inteligencia, el desarrollo cognoscitivo en sus diferentes aspectos y la atención.

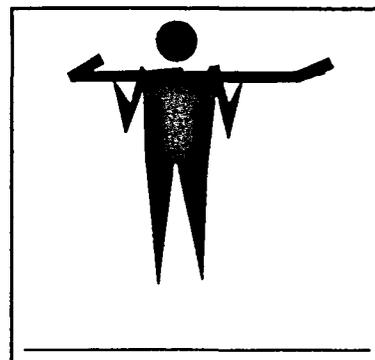
Por último tenemos un conjunto de información que se ha obtenido de los niños y de los padres, que hace referencia a aspectos familiares, escolares actividad extraescolar que realiza etc.

..... *Material y métodos*

3.2.1.- PRUEBAS FÍSICAS

3.2.1.1- TIEMPO DE SUSPENSIÓN DE BRAZOS EN BARRA

La prueba consiste en la suspensión del sujeto en una barra de 2.5 cm de diámetro a la que se sujetan con las manos con los dedos hacia atrás, manteniendo los brazos flexionados, de tal forma que la barbilla se encuentre siempre por encima del nivel de la



barra y sin que en ningún caso se pueda poner en contacto la barbilla con la barra. Tampoco se permite que el cuerpo se balancee.

Se mide el tiempo que el individuo es capaz de aguantar y para ello se utiliza cronómetro manual con una exactitud hasta las décimas de segundo.

Esta prueba se realiza sólo una vez y sin ensayos previos. El inicio de la prueba se establece cuando el individuo pierde el contacto de los pies con la superficie que le permite colgarse de la barra.

El final de la prueba lo determina el hecho de que la barbilla descienda por debajo de la barra.

En esta prueba, se ha realizado una estimulación verbal

Material y métodos.....

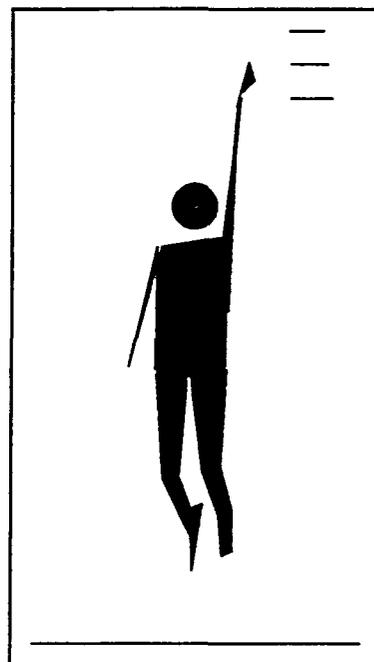
constante por parte del controlador de la prueba que va diciéndole al sujeto que la ejecuta el tiempo que lleva con intervalos de 10 segundos.

3.2.1.2 SALTO VERTICAL

Consiste en la determinación de la altura máxima que un individuo puede saltar sin impulso.

Esta prueba permite el balanceo de los brazos, así como una flexión rápida de las rodillas previa al salto.

Para su medición, se realiza una marca que corresponde a la altura máxima a la que llegan cada individuo con un brazo extendido en posición



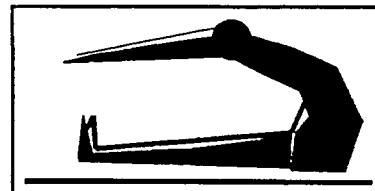
ortostática y acto seguido el individuo realiza un salto marcando con una tiza el punto al que llega.

El resultado de la prueba será la diferencia entre las dos mediciones y tendrá una exactitud de hasta los centímetros. Esta prueba es realizada tres veces y se toma como medición la máxima alcanzada.

..... *Material y métodos*

3.2.1.3 FLEXIÓN DEL TRONCO SOBRE LAS PIERNAS

Esta prueba se realiza con el individuo sentado en el suelo, descalzo y con las piernas extendidas.



Se trata de doblar el tronco sobre las piernas sin que se doblen las rodillas y sin realizar tampoco un movimiento brusco de flexión, sino que la flexión deberá realizarse de forma continuada hasta llegar al máximo de flexión posible. Tampoco se permite presionar sólo con una mano sino que la presión debe ejercerse con las dos manos a la vez. Para controlar todo esto se exige el mantenimiento de la posición de flexión con las manos igualadas durante 2 segundos.

Para la medición se utiliza una especie de cajón de 32 centímetros de altura, con una plataforma superior que sale 15 centímetros por delante de la parte frontal del cajón. En el espacio que queda por debajo, se colocan los pies apoyándolos de forma plana sobre la parte frontal del cajón. Sobre la plataforma superior se sitúa un medidor que nos permite medir con una exactitud de milímetros la distancia que sobrepasan las manos la plataforma superior. Si un individuo dobla el tronco hasta la altura de los pies, el medidor marcará 15 centímetros, que es la distancia que

Material y métodos.....

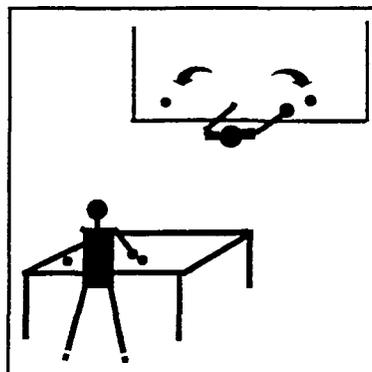
sobrepasa la plataforma a la frontal del cajón que es donde se apoyan los pies.

Esta prueba se realiza 2 veces consecutivas y correctas, sacándose la mejor medición de las 2.

El controlador de la prueba se sitúa de rodillas al lado del ejecutante para no permitir que doble las rodillas y observar la posición de ambos brazos.

3.2.1.4 TAPAR 50 VECES 2 PLATOS

Esta prueba consiste en tapar alternativamente y con la mano dominante, dos platos que se encuentran separados por una distancia de 75 centímetros entre sus centros. El diámetro de los platos era de 20 centímetros. Este ejercicio se realiza



manteniendo la mano no dominante sobre la mesa y en el centro de los dos platos. La medición del tiempo se realiza mediante un cronómetro digital con una exactitud de hasta las centésimas de segundo.

La prueba no se considera correcta si sólo se tocaba el plato sin taparlo, lo cual se comunicaba al principio de

..... **Material y métodos**

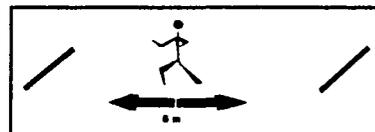
cada prueba al ejecutor.

Sólo se realiza una vez y sin ensayo previo.

El inicio de la prueba se realizó con la mano que tapa los platos sobre uno de ellos y se empezaba a contar a partir de que se daba la salida. La finalización de la prueba la determinaba el momento de contacto número 50 con los platos.

3.2.1.5 CARRERA DE 10 x 5 METROS

Esta prueba se realiza midiendo el tiempo que tardan en recorrer una distancia de cinco metros,



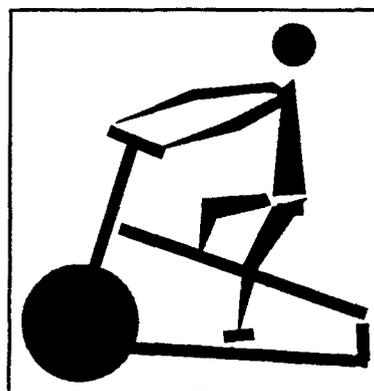
ida y vuelta, de tal forma que cada recorrido de 5 metros se contabiliza como uno. Este ejercicio se realiza de forma individual pero con la presencia de otros individuos en pequeños grupos de 5 individuos. Para que se considere válida, el individuo debe pisar la línea en cada desplazamiento y en el último debe pisar por detrás. No se permite pisar la línea antes de la salida y se realiza un solo intento sin previo entreno.

La medición se realiza con un cronómetro de exactitud hasta las décimas de segundo.

Material y métodos.....

3.2.1.6 PWC 170

En esta prueba hemos hecho correr en una bicicleta ergométrica a un individuo con cargas constantes. La prueba empieza con un trabajo de 25 watos en las niñas y de 50 watos en los niños. Este trabajo se mantendrá durante 2 minutos valorándose al cabo



de los mismos la frecuencia cardíaca del individuo. Tras los primeros dos minutos se incrementará el trabajo 50 watos y al final de otros 2 minutos se medirá de nuevo la frecuencia cardíaca, incrementándose de nuevo 25 Watos, siempre que no se superen las 170 pulsaciones por minuto. Se realizará este mismo proceso hasta que la frecuencia cardíaca supere las 170 pulsaciones por minuto. El resultado de la prueba se calculará a partir de la recta gráfica que se elabora con los distintos puntos formados por las puntuaciones de frecuencia cardíaca en abscisas y de trabajo en ordenadas. La PWC 170 será por tanto el trabajo físico que desarrolla un individuo cuando su frecuencia cardíaca es de 170 pulsaciones por minuto.

Este tipo de prueba se denomina ergométrica. La ergometría, según su significado literal, es la medición del esfuerzo y

..... **Material y métodos**

ha sido realizada, en nuestro caso, mediante una bicicleta de freno mecánico que adapta la resistencia a las oscilaciones del pedaleo para mantener así una carga constante de trabajo.

Se adapta el sillín a cada individuo para que quede la pierna del pedal de abajo extendida con una ligera flexión.

Material y métodos.....

3.2.2.- ANTROPOMETRÍA

Talla en bipedestación

La talla de los individuos fue medida mediante un estadiómetro fijo que dispone de un plano superior movable y contador incorporado (Harpender), con una precisión de hasta los milímetros.

Los individuos fueron tallados descalzos con los pies juntos por los talones y ejerciendo una pequeña presión a nivel de las mastoides para obtener una posición correcta de la cabeza en todos los individuos.

Los resultados fueron expresados en centímetros.

Peso

Para su determinación se ha utilizado una báscula de la marca Atlántida modelo S-9 que dispone de mecanismo de calibración y una precisión hasta los 100 gramos.

La calibración de la báscula se realizaba diariamente antes de empezar las mediciones.

Los individuos fueron pesados descalzos y sólo con la ropa interior, expresándose los resultados de las mediciones en kilogramos.

..... *Material y métodos*

Perímetro del brazo

Se midió mediante una cinta métrica metálica y flexible con precisión hasta los milímetros.

Esta cinta se colocaba, sin ejercer presión, en el antebrazo, en el punto medio de la distancia entre la epífisis proximal y distal del húmero del brazo no dominante, el cual se encontraba en posición extendida y relajada. Los resultados fueron expresados en milímetros.

Pliegues cutáneos

En este estudio hemos medido 4 pliegues cutáneos distintos, todos ellos situados en el hemicuerpo izquierdo.

Los pliegues medidos son:

El pliegue **tricipital**, en la zona que se halla en contacto directo con el músculo tríceps braquial a nivel de la zona media (entre el acromion y el olécranon), en la parte posterior del brazo.

El pliegue **bicipital**, en contacto con el músculo bíceps a la misma altura que la del pliegue tricipital, pero en la parte anterior del brazo.

Material y métodos.....

El pliegue subescapular, situado un centímetro por debajo de la punta de la escápula y con una orientación de 45 grados respecto al eje longitudinal del cuerpo.

El pliegue suprailíaco, que se halla por encima de la cresta ilíaca a nivel de la línea axilar media y con una inclinación respecto a esta misma línea de 45 grados.

Todos ellos han sido medidos utilizando un caliper Holtain con una escala entre 0 y 45 milímetros, que ejerce en ambos extremos una presión constante de 10 gr/ mm² y con una precisión de 0.2 milímetros.

Cada medición fue efectuada 3 veces consecutivas con unos segundos de intervalo para que la grasa subcutánea y la piel retornaran a su posición de origen. El tiempo de presión que se ejercía en cada medición era de 3 segundos, tras los cuales se anotaba el resultado.

Al final el valor que constaba era la media entre las tres mediciones.

El personal que realizó estas mediciones fue previamente entrenado y estandarizado para que existiese una mínima variación dependiendo de la persona que realizaba la prueba.

..... **Material y métodos**

Índice de masa corporal

También llamado índice de Qetelet, se calcula a partir del peso corporal y la talla (ver apartado 1.5.2.1 de la introducción).

La fórmula utilizada para este cálculo es la siguiente:

$$\text{Índice de Qetelet} = P / T^2$$

en donde: P = peso expresado en kilos

 T = talla expresada en metros.

Densidad corporal

Para su cálculo utilizamos la fórmula de Durnin Rahaman (1967), en la que se calcula la densidad corporal del individuo a partir del valor obtenido de la medición de los pliegues cutáneos bicipital, tricipital, subescapular y suprailíaco.

La fórmula utilizada para el cálculo de la densidad corporal es la siguiente:

$$\text{Densidad} = 1,1533 - [0.0643 \cdot \log (\text{suma de los 4 pliegues})]$$

Material y métodos.....

% de masa grasa corporal

Calculada a partir de la ecuación de Siri (1956):

$$\% \text{ Masa grasa} = [(4.95 / \text{Densidad corporal}) - 4.5] \cdot 100$$

Área grasa del brazo

Para lo cual utilizamos la fórmula de Gurney-Jelliffe:

$$\text{Área grasa} = \text{Área del brazo} - \text{Área masa muscular}$$

En el área de la masa muscular se incluye el área ósea y para calcularla utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{Área muscular} = (PB - \pi \cdot Pt)^2 / 4 \cdot \pi$$

en donde: PB = perímetro del brazo

Pt = pliegue tricípital en mm.

El área del brazo se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Área del brazo} = \pi / 4 \cdot (PB / \pi)^2$$

..... *Material y métodos*

3.2.3.- VALORACIÓN DE LA MADURACIÓN PUBERAL

Índice de volumen testicular

Calculado a partir de los diámetros mayor y menor de ambos testículos que son medidos con un pie de rey con una precisión hasta los milímetros.

Para el cálculo de el índice de volumen testicular se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de vol. testicular} = \frac{1}{2}(\text{DMyD} \cdot \text{DMnD}) + \frac{1}{2}(\text{DMyI} \cdot \text{DMnI})$$

DMyD = diámetro mayor testículo derecho

DMyI = diámetro mayor testículo izquierdo

DMnD = diámetro menor testículo derecho

DMnI = diámetro menor testículo izquierdo

Valoración puberal

Para ello se utilizan, además de las dos últimas variables anteriormente expuestas, la valoración del aspecto genital, el grado de pilosidad pubiana así como el grado de pilosidad axilar según los criterios de Tanner, mediante los cuales encuadramos a cada individuo dentro de un determinado estadio puberal (ver apartado 1.4.3.1.2 de la introducción).

Material y métodos.....

3.2.4.- VALORACIÓN PSICOLÓGICA.

Para el estudio del desarrollo cognitivo y de la inteligencia se han utilizado dos tipos de test; en primer lugar el test de Raven y los test de aptitudes escolares, ambos específicos para las edades de aplicación.

3.2.4.1.- TEST DE RAVEN

Se trata de un test que combina una serie de matrices progresivas de aptitud mental.

Este test mide la capacidad de observación y de pensamiento lógico y ha estado diseñado para que sufra una mínima interferencia del ambiente cultural en el que se mueve el individuo o de las experiencias educacionales (Raven J.C. 1957) (Rivas F. 1977).

En este trabajo se han utilizado las puntuaciones Z obtenidas en el año de realización de la prueba de forma separada para ambos sexos.

..... *Material y métodos*

3.2.4.2.- TEST DE APTITUDES ESCOLARES (T.E.A.)

El TEA (Thurstone L.L. 1986) es un test que valora tres aptitudes o factores distintos del nivel cognoscitivo: el factor verbal, de razonamiento y de cálculo.

A cada alumno se le da un cuaderno de preguntas y una hoja de respuestas para que señale los resultados de los ejercicios de cada parte, disponiendo de un tiempo limitado. Este test es corregido mediante una plantilla y puede ser pasado a una tabla de coeficiente intelectual. A pesar de ello y a diferencia del test anterior, se trata más de un test de aptitud que intelectual (Buendía L. 1985).

En este trabajo se han utilizado las puntuaciones Z obtenidas en el año de realización de la prueba de forma separada para ambos sexos.

3.2.4.3.- TEST DE ATENCIÓN (CARAS)

Se trata de un test de percepción de diferencias (Thurstone y Yela 1985); es una prueba que valora la atención y que consta de 60 elementos gráficos que constan cada uno de 3 caras que esquematizan la boca, los ojos, cejas y cabellos con diferentes trazos. Cada grupo de tres caras contiene 2

Material y métodos.....

de iguales y una de diferente que se tendrá que señalar.
Esta prueba tiene un tiempo límite de 3 minutos, en los
cuales el niño deberá señalar el máximo número de caras
posible.

..... *Material y métodos*

3.2.5.- VALORACIÓN DE LOS RITMOS MADURATIVOS.

En este análisis hemos estudiado los niños y las niñas agrupados según su ritmo madurativo. Para ello se ha valorado en los niños el pico de crecimiento, el volumen testicular (4 cm³) y el paso del estadio puberal G1 a G2. En el grupo 1 de los varones, hemos colocado a aquellos que ya habían iniciado la pubertad a los 11 años cuando se inició el estudio o la estaban iniciando en aquel momento; en el grupo 2 los que la iniciaron entre los 11 y 12 años, en el 3 entre 12 y 13 años y en el grupo 4 entre 13 y 14 años o no la habían iniciado todavía a los 14 años.

En las hembras, se valoró el pico de crecimiento en talla y el paso de estadio puberal S1 a estadio S2, agrupándolas en 5 grupos: el grupo 0 comprende las niñas que ya habían iniciado francamente la pubertad al comenzar el estudio a los 10 años, en el 1 las que la estaban iniciando en el momento del comienzo del estudio, en el 2 las que la iniciaron entre los 10 y 11 años, en el 3 entre los 11 y 12 años y en el 4 entre los 12 y 13 años o también las que no la habían iniciado todavía a los 13 años.

Dadas las diferencias madurativas existentes entre las niñas del grupo 0, se ha optado por no incluir a este grupo en el análisis de la evolución de su capacidad física.

Material y métodos.....

3.2.6.- VALORACIÓN DEL NIVEL SOCIOECONÓMICO.

Para efectuar una clasificación del nivel socioeconómico de los individuos estudiados, hemos utilizado las clasificaciones expuestas en las tablas 3 y 4.

Estas clasificaciones hacen referencia al nivel de instrucción y a la profesión, tanto del padre como de la madre.

A partir de las 9 categorías expuestas en cada una de las tablas 3 y 4, se han establecido dos niveles, alto y bajo de la siguiente manera:

Se ha hecho una tabla, colocando en las columnas el nivel de instrucción de la madre y en las líneas la profesión del padre y en la tabla el número de niños correspondiente a cada grupo. Se ha establecido el nivel bajo en los niños cuyas madres tenían un nivel de instrucción perteneciente a las tres primeras categorías (no lee ni escribe, primaria incompleta y primaria completa) y cuyos padres tenían un trabajo que se incluía en los 4 primeros grupos (inactivo, sin cualificar, no especializado y especializado). El nivel alto se estableció en los niños que quedaban en todos los demás grupos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

4.- RESULTADOS ANTROPOMETRÍA

Resultados

4.1.- RESULTADOS ANTROPOMETRÍA

En este apartado nos limitaremos a exponer una serie de gráficas en las que quedan reflejados los resultados obtenidos en el estudio antropométrico y de composición corporal.

Todos estos resultados nos permitirán situar el estudio dentro del marco del crecimiento puberal.

No se realizará más que un estudio descriptivo de las variables, sin entrar en un análisis más profundo de cada una de ellas, puesto que este estudio no forma parte de los objetivos del presente trabajo. A pesar de ello, en los apartados posteriores serán analizados con mucha más profundidad aquellos aspectos del crecimiento o de la maduración que se relacionen con las distintas pruebas físicas realizadas.

A continuación se exponen las curvas de percentiles con la edad, de las principales variables antropométricas. Se trata por tanto, de las curvas de crecimiento de nuestra población.

En estas curvas, además de observarse las diferencias entre ambos sexos, se puede ver también la distinta evolución y dispersión de los resultados en relación a la edad.

Entre las variables que se muestran a continuación, hay 2

..... **Antropometría**

que son de medición directa: el peso y la talla, y 4 que son variables generadas a partir de mediciones directas: índice de Detelet, porcentaje de grasa corporal, área muscular del brazo y área grasa del brazo.

Resultados

Fig. 1

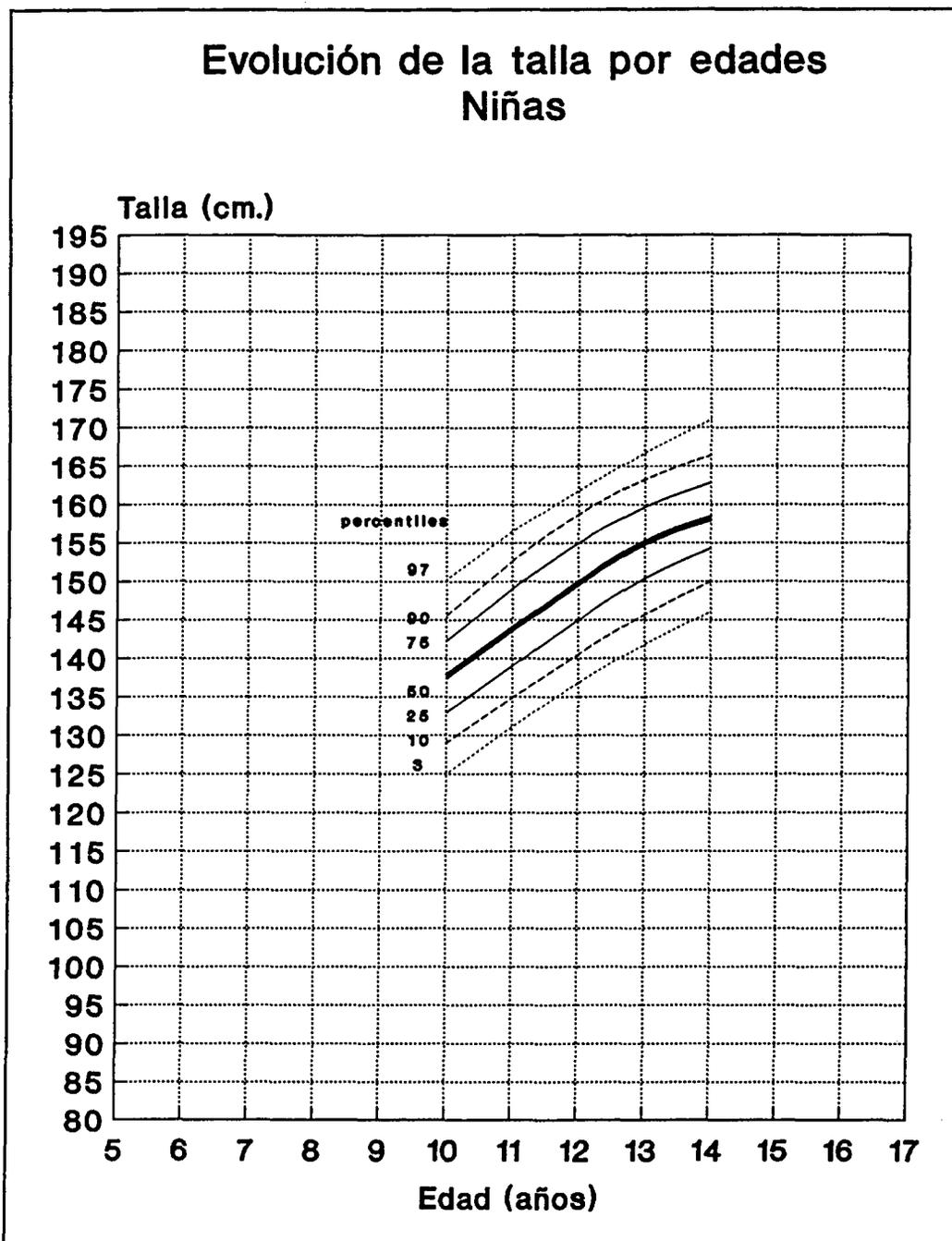
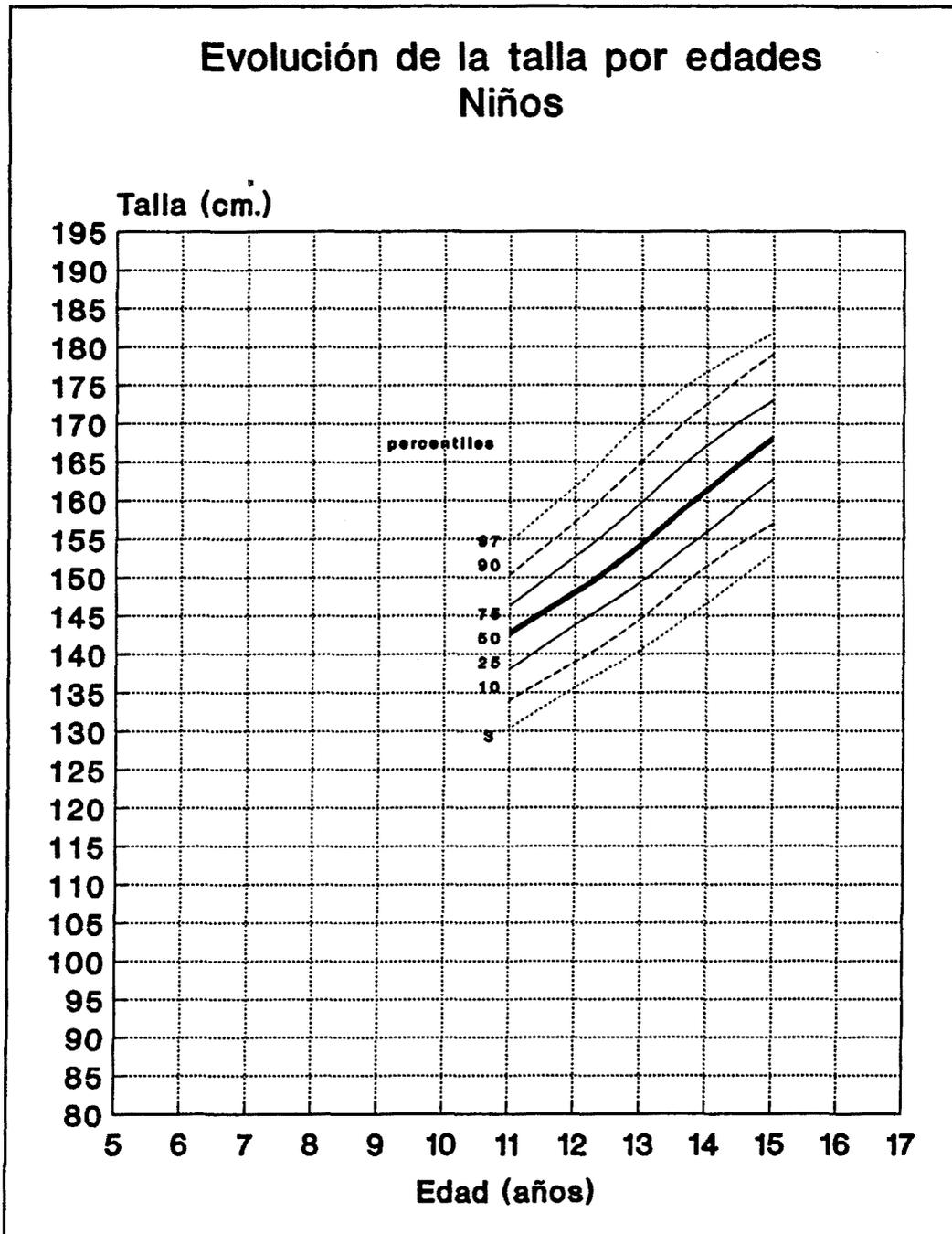


Fig. 2



Resultados

Fig. 3

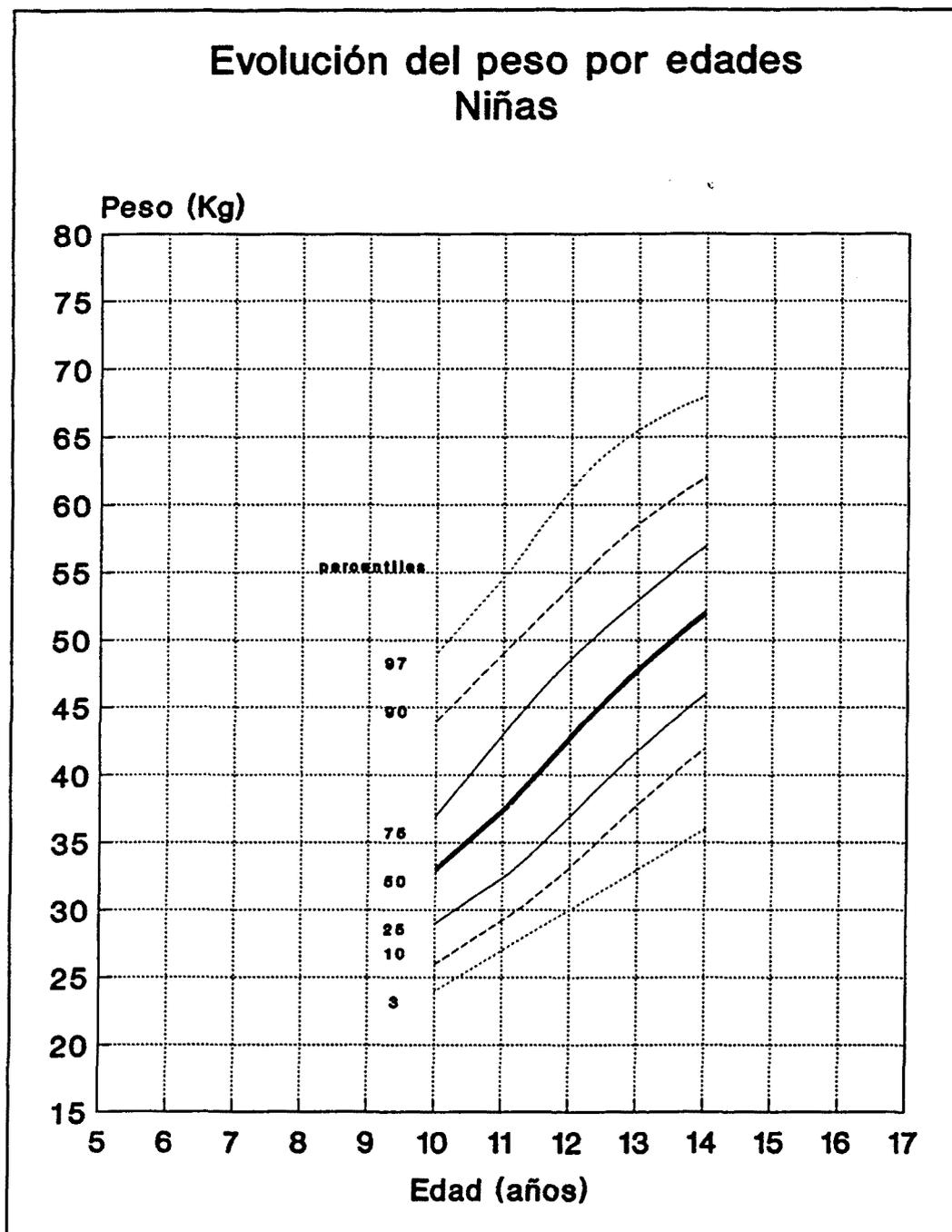
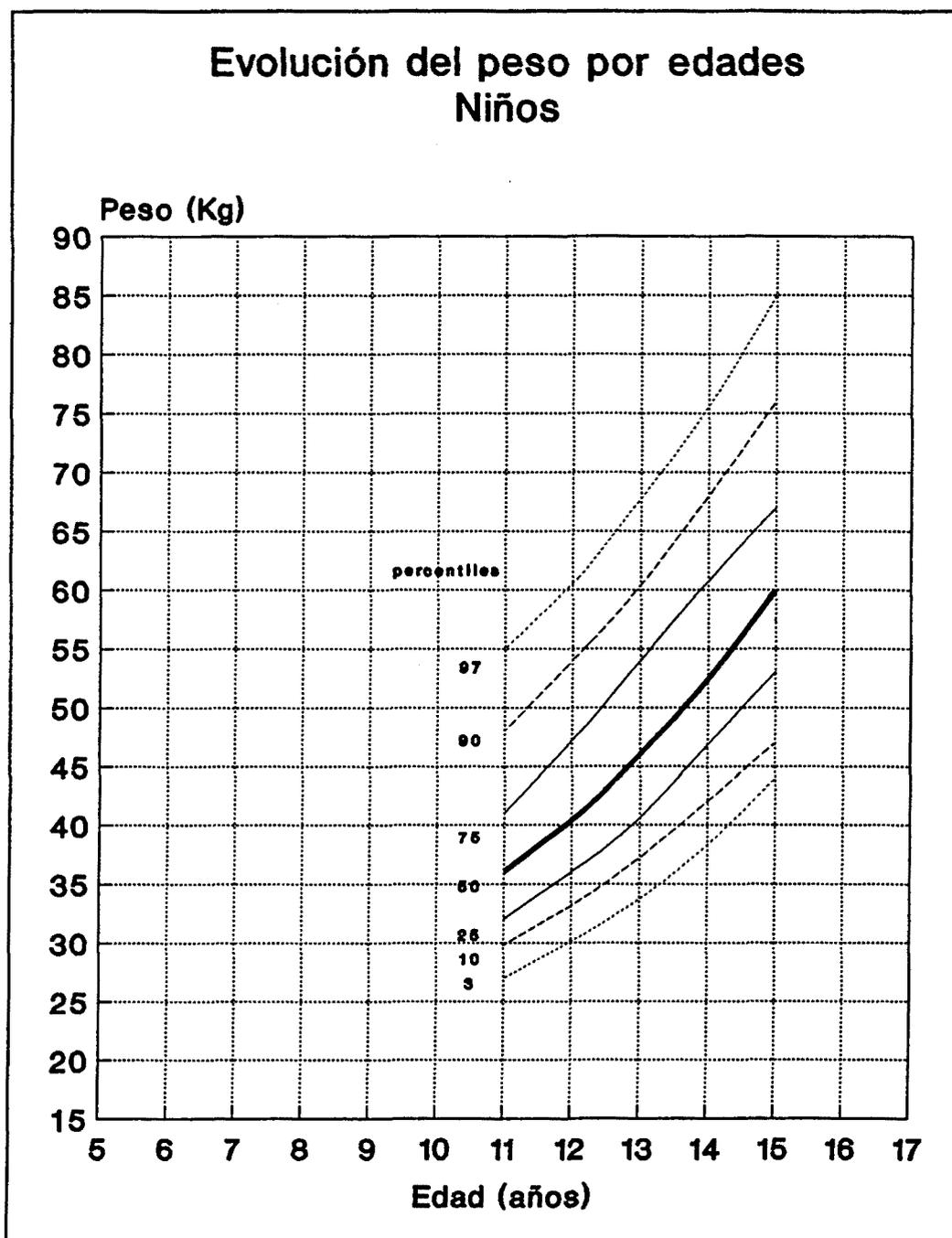


Fig. 4



Resultados

Fig. 5

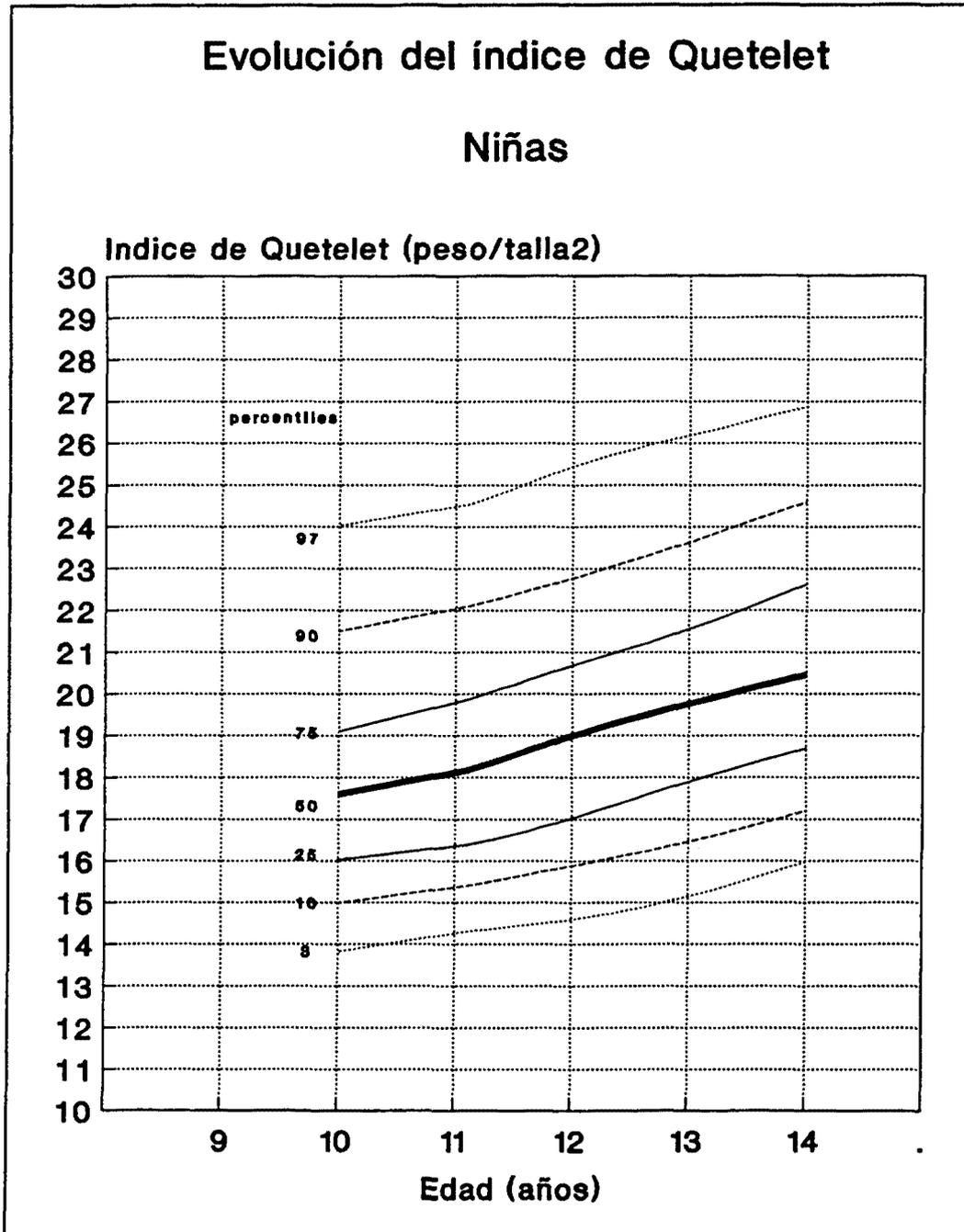
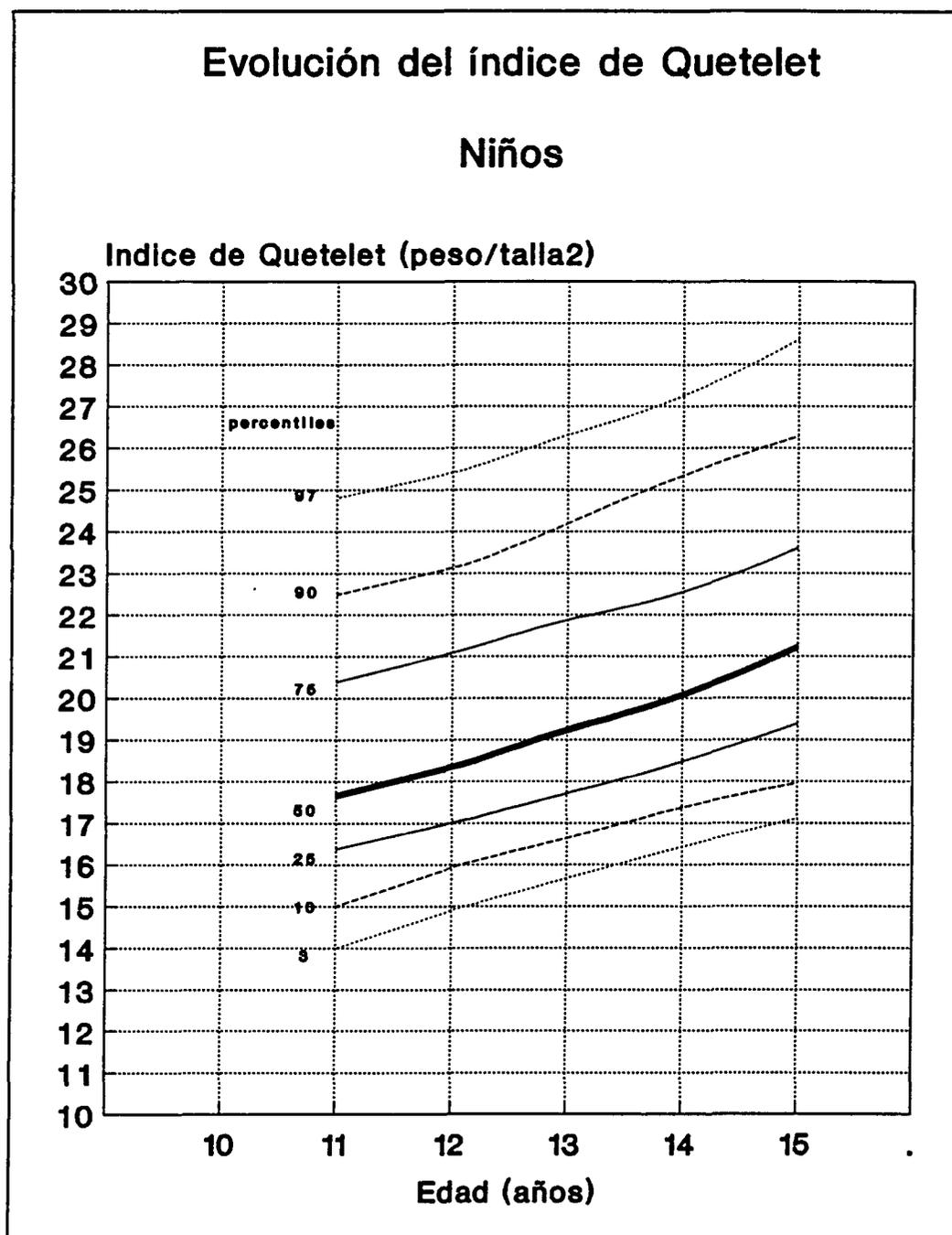


Fig. 6



Resultados

Fig. 7

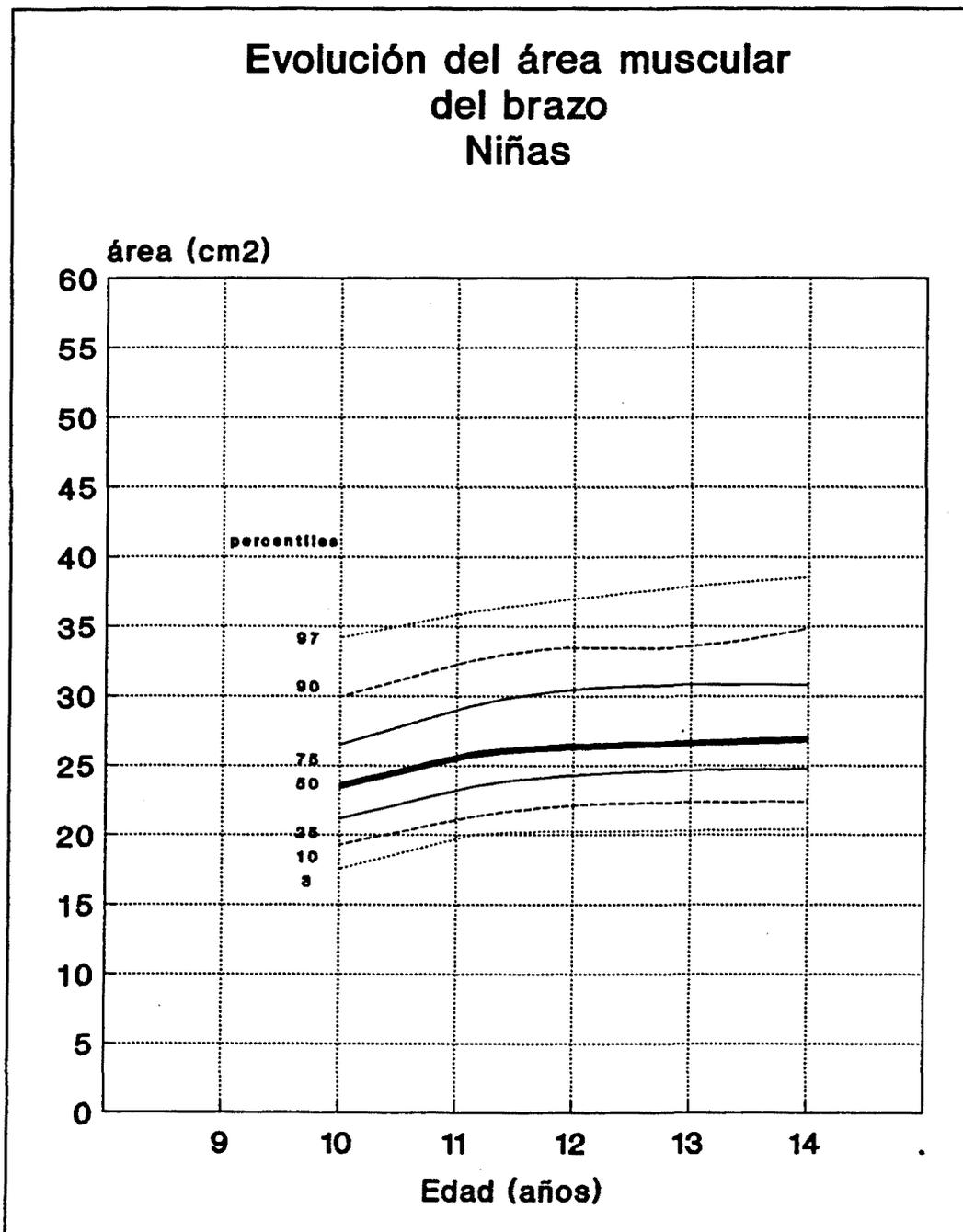
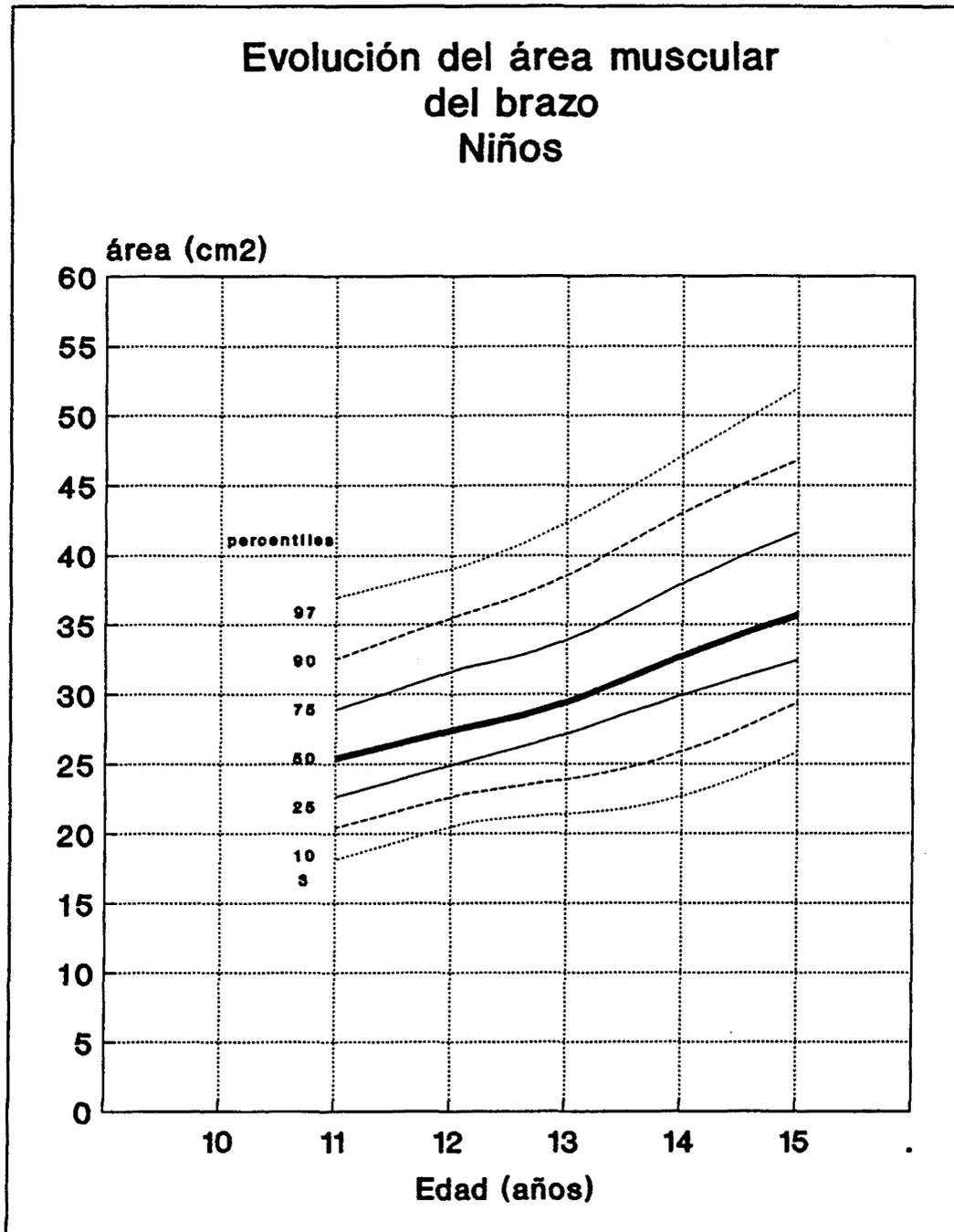


Fig. 8



Resultados

Fig. 9

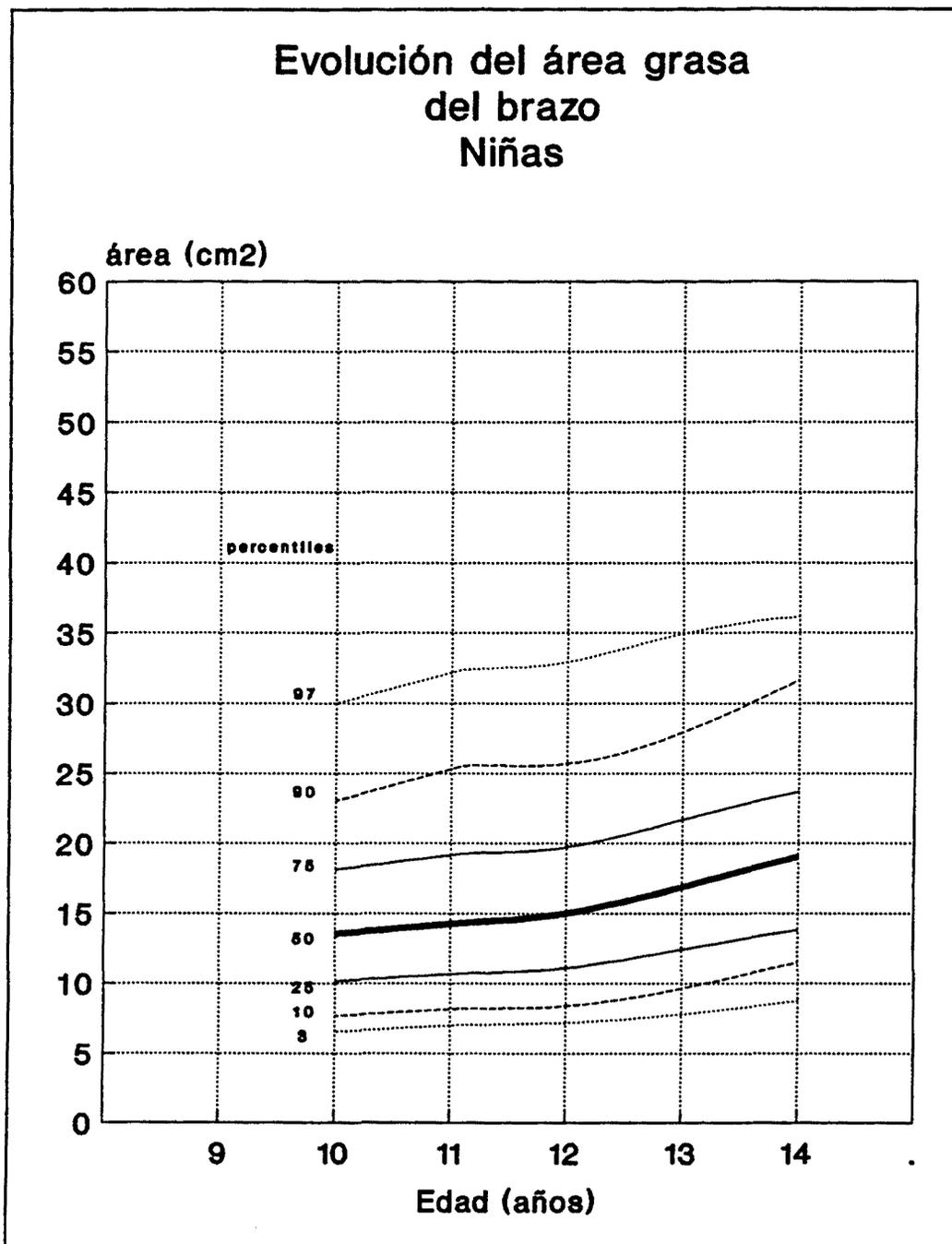
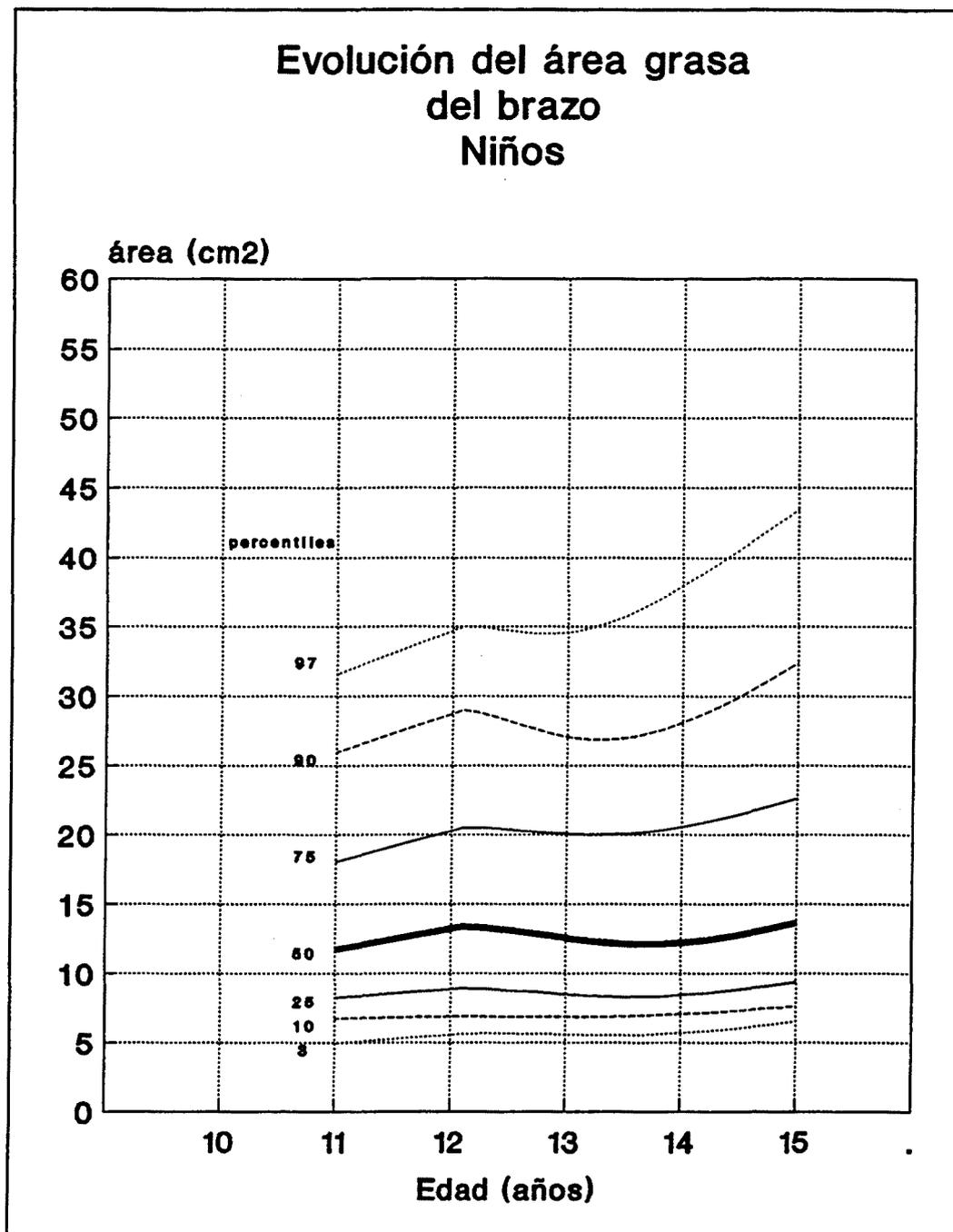


Fig.10



Resultados

Fig.11

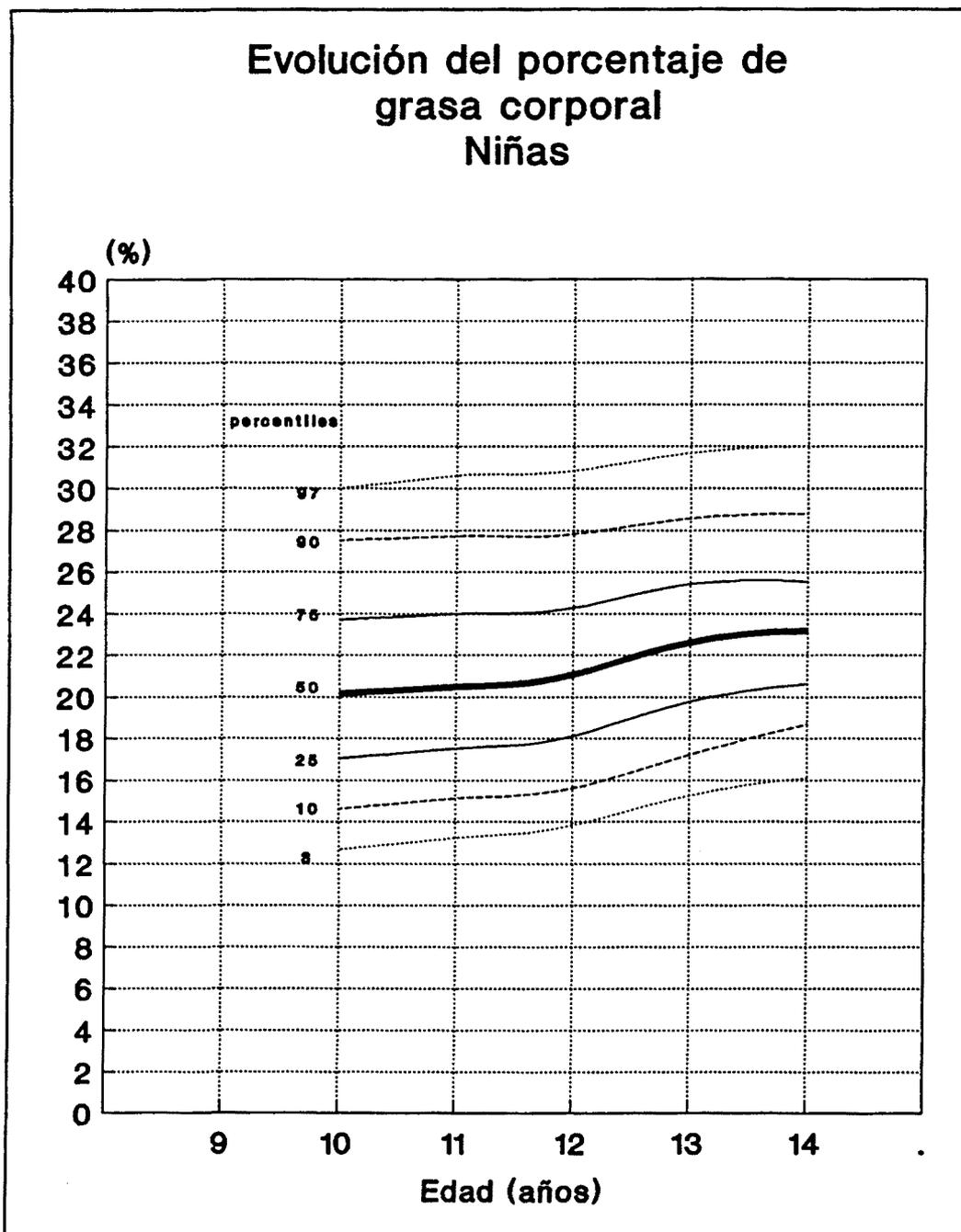
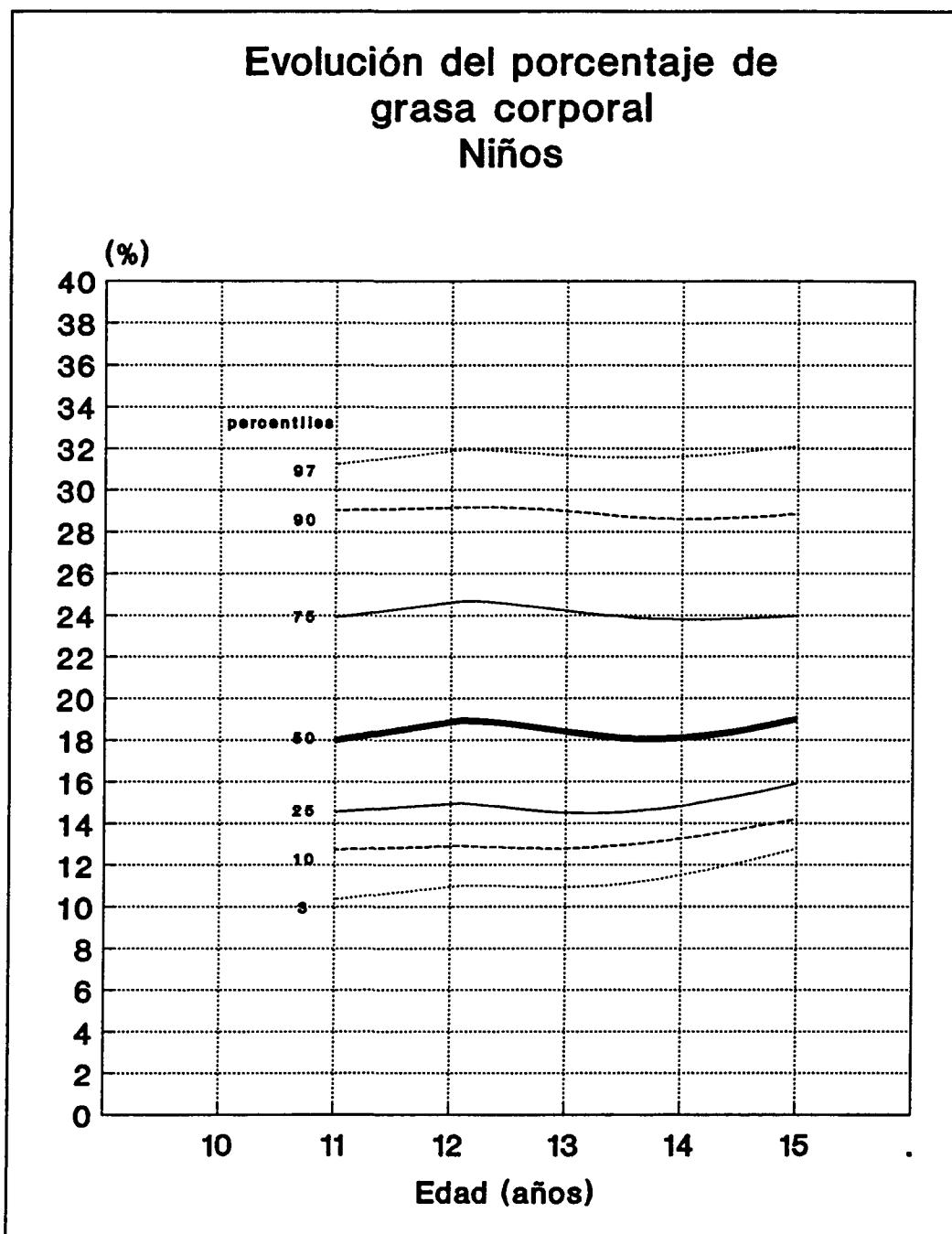


Fig.12



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

0103-28760

0103-28760

- MADURACIÓN PUBERAL -

*Crecimiento,
composición corporal y
maduración psicomotora en la
condición física*

5.- ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS FÍSICAS

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

APARTADO 1 - PWC170

1.- RESULTADOS

APARTADO 1 - PWC 170.....

1.1.- RESULTADOS DE LA PRUEBA DE PWC170. DISTRIBUCIONES POR EDAD, SEXO Y NIVEL MADURATIVO

En las figuras 1 y 2, se muestran los resultados de la prueba de PWC170 distribuidos por edades y sexos y expuestos en forma de percentiles.

Se puede observar, que existe una superioridad en los resultados de los varones respecto a las hembras, así como una mayor dispersión de los mismos en el grupo de los varones.

En las tablas 1 y 2, se muestran los valores de la prueba por edades y estadios puberales en niñas y en niños.

En las niñas, las diferencias entre los distintos grupos de edades son muy pequeñas, pasando de 76.3 Watios a los 12 años, a 77.3 a los 13 y a 79.8 a los 14. Tales diferencias no se muestran estadísticamente significativas. El estudio de la prueba por estadios madurativos en hembras, nos muestran sin embargo, unos pequeños grados de significación en todos los grupos de edad, de tal forma que los estadios superiores, tienden a obtener mejores resultados en la prueba.

En los niños, se observan diferencias significativas entre los tres grupos de edades, de tal forma que a los 13 años la

..... **Resultados**

media de los resultados en los niños es de 100.9, pasando a ser de 108.2 a los 14 años y a 122.5 a los 15 años. De igual forma, se observan diferencias altamente significativas entre los distintos grupos madurativos, tanto a los 13, 14, como a los 15 años.

APARTADO 1 - PWC 170

EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA CON LA EDAD. NIÑAS

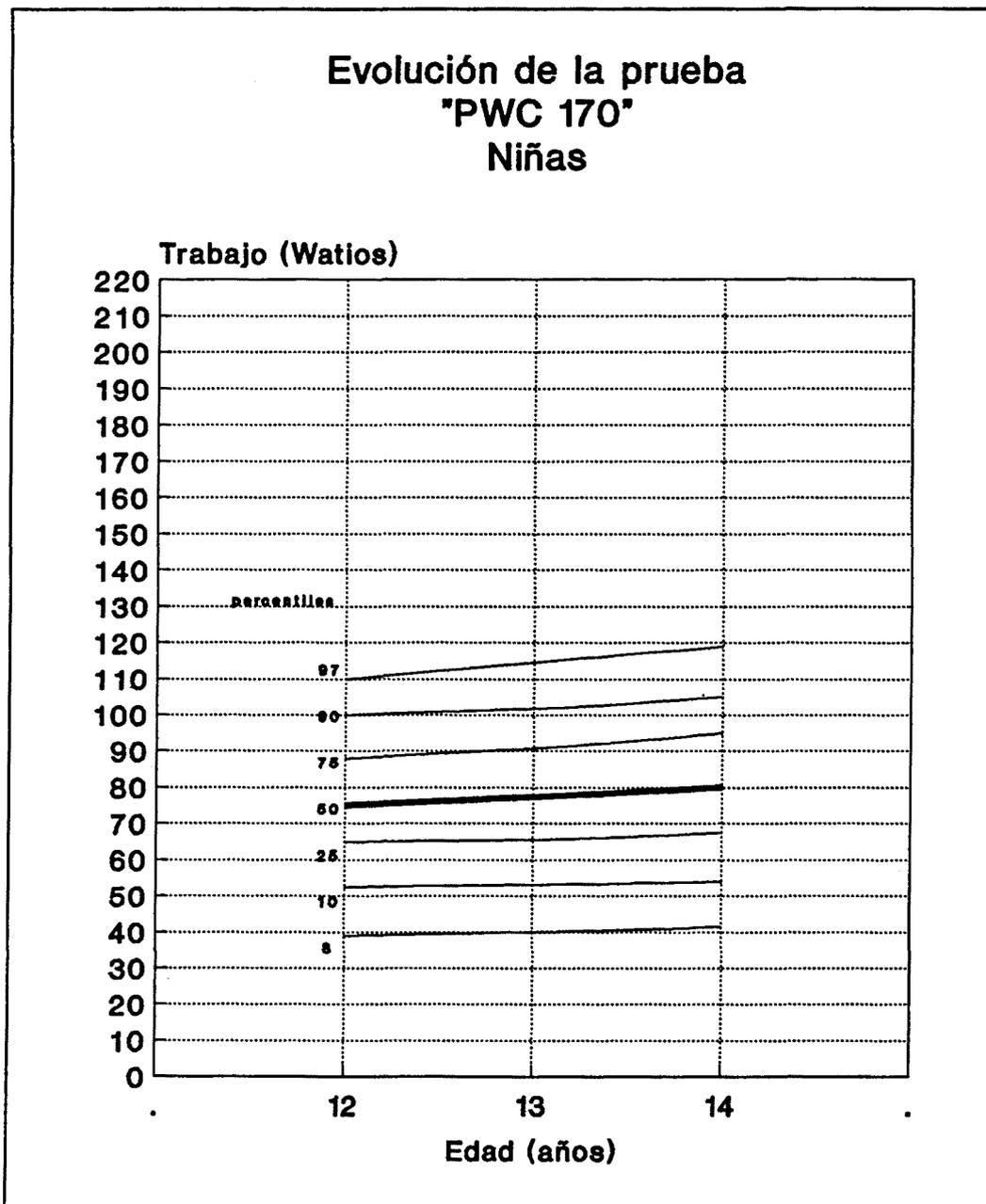


Fig. 1

EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA CON LA EDAD. NIÑOS

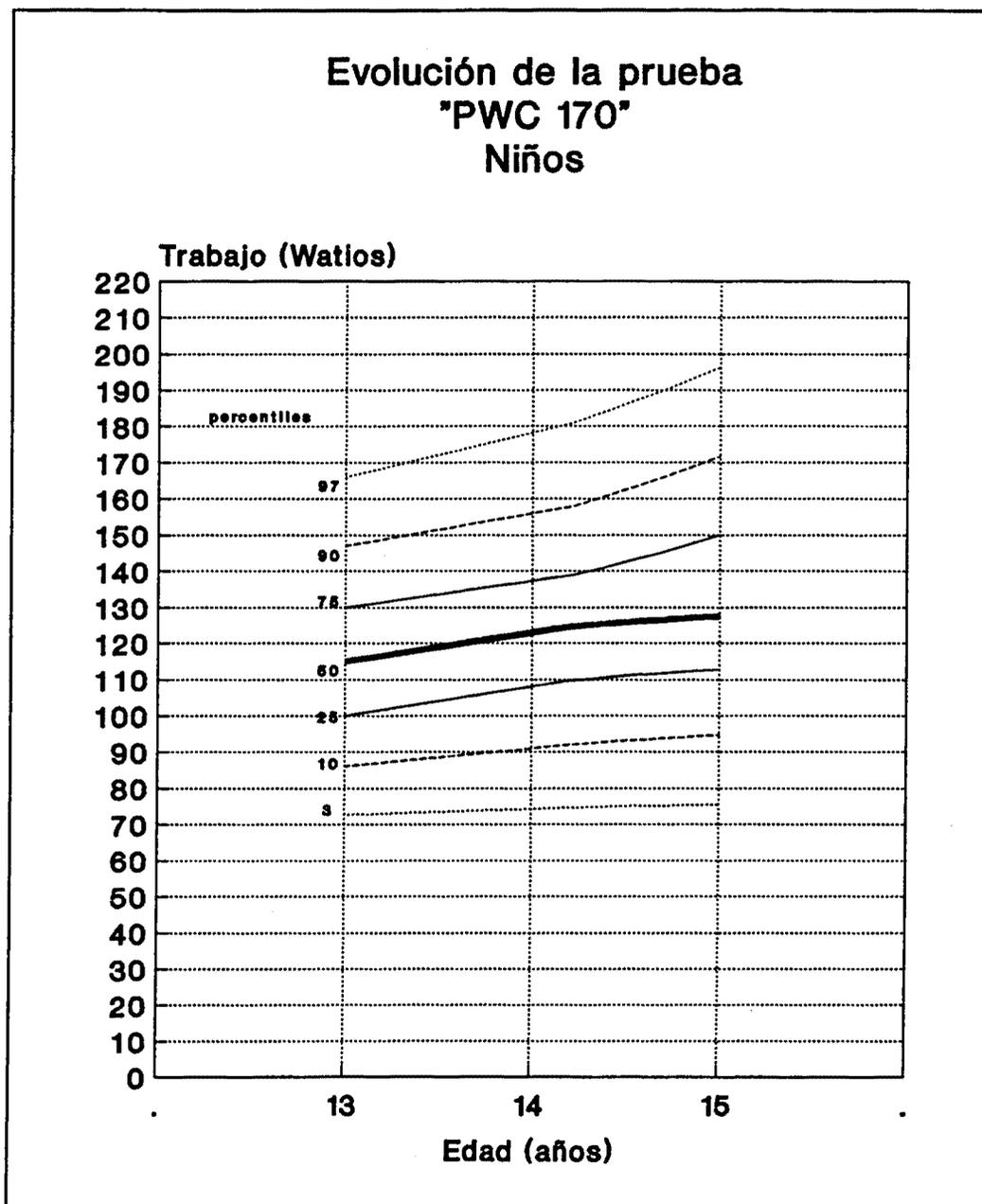


Fig. 2

APARTADO 1 - PWC 170.....

PWC170 (WATS)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y ESTADÍOS PUBERALES (TANNER)

NIÑAS

TABLA 1

EDAD	12			13			14		
EST. PUB.	media	dv. std.	n	media	dv. std.	n	media	dv. std.	n
TOTAL	76.3	17.2	161	77.3	19.4	174	79.8	21.3	147
S1	60.2	16.0	11	56.3	16.0	6	---	---	---
S2	69.4	14.1	23	68.7	19.1	25	62.4	26.9	11
S3	73.6	16.9	53	76.7	20.3	47	75.8	23.9	27
S4	83.3	15.3	43	78.9	19.3	52	79.0	20.4	51
S5	82.1	16.8	31	84.0	15.7	44	85.6	17.5	58
Prob. (p)	<.001	---	---	<.001	---	---	<.005	---	---

Análisis de la varianza entre los grupos de edad p: n.s.

PWC170 (WATS)
RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS) Y
ESTADÍOS PUBERALES (TANNER)
NIÑOS

TABLA 2

EDAD	13			14			15		
	media	dv. std.	n	media	dv. std.	n	media	dv. std.	n
EST. PUB.									
TOTAL	100.9	22.0	211	108.2	27.1	207	122.5	26.6	161
G1	89.5	17.3	31	95.9	20.0	8	---	---	---
G2	93.7	17.8	77	88.9	19.4	48	105.3	16.1	15
G3	102.0	14.6	67	103.3	21.5	58	109.7	18.4	21
G4	124.8	27.7	34	119.2	24.0	70	124.0	23.6	56
G5	---	---	---	137.3	27.4	23	129.0	30.0	69
Prob. (p)	<.0001	---	---	<.0001	---	---	<.0001	---	---

Análisis de la varianza entre los grupos de edad $p < 0.001$

APARTADO 1 - PWC 170.....

**1.2.- RELACIÓN CON LAS VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS Y
DE COMPOSICIÓN CORPORAL.**

En las tablas 3 y 4, se muestran los resultados de las correlaciones, calculadas a partir de las variables antropométricas y de composición corporal, en niñas y en niños.

En las niñas las correlaciones más potentes se producen con el peso, que son algo superiores a las que se establecen con la talla. Le sigue el área muscular del brazo.

En el caso de los niños, aparecen correlaciones significativas tanto con el peso como con la talla y también con el índice de volumen testicular, desde los 13 a los 15 años. Cabe destacar, que a diferencia de las niñas, las correlaciones con la talla son algo superiores a las que se producen con el peso.

En los niños se observan también correlaciones significativas con el área muscular del brazo.

Ni en el caso de los niños, ni en el de las niñas, hemos observado ningún coeficiente de correlación significativo con las variables que miden la composición corporal, relacionadas con la materia grasa (porcentaje de grasa corporal o área grasa del brazo).

Dado que esta prueba se valora habitualmente con medidas

..... **Resultados**

relativas al peso corporal, hemos querido calcular en este apartado la parte del peso libre de materia grasa. Ello se ha realizado mediante un simple cálculo a partir del porcentaje de grasa corporal y el peso de cada individuo. Esta medida, que llamamos peso no graso, se ha correlacionado también con la PWC 170, alcanzando los mayores índices de correlación, que han sido en las niñas de: .56** , .46** y .46** a las edades de 12, 13 y 14 años, y en los niños de: .60** , .58** , y .48** a los 13, 14 y 15 años respectivamente.

APARTADO 1 - PWC 170.....

PWC170 (wattios)

RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES OBTENIDAS CON LAS VARIABLES

ANTROPOMÉTRICAS. DISTRIBUCIÓN POR EDADES

NIÑAS

TABLA 3

PWC 170 (Wattios)	12 años	13 años	14 años
Peso	.47**	.39**	.38**
Talla	.47**	.30**	.33**
‡ masa grasa	--	--	--
Área Brazo	.27**	.22**	.25**
A. Musc. Brazo	.40**	.31**	.31**
A. Grasa Brazo	--	--	--
Peso no grasa	.56**	.46**	.46**

p < 0.005 **

0.005 < p < 0.05 *

..... **Resultados**

PWC170 (wattios)

RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES OBTENIDAS CON LAS VARIABLES

ANTROPOMÉTRICAS. DISTRIBUCIÓN POR EDADES

NIÑOS

TABLA 4

PWC 170 (Wattios)	13 años	14 años	15 años
Peso	.46**	.45**	.35**
Talla	.56**	.55**	.36**
Índice de volumen testicular	.48**	.48**	.22*
‡ masa grasa	--	--	--
Área Brazo	.27**	.27**	.25**
A. Musc. Brazo	.46**	.53**	.43**
A. Grasa Brazo	--	--	--
Peso no grasa	.60**	.58**	.48**

p < 0.005 **

0.005 < p < 0.05 *

APARTADO 1 - PWC 170.....

1.3.- RELACIÓN CON LAS VARIABLES PSICOLÓGICAS.

El análisis de correlación, entre las pruebas psicológicas y la PWC 170, no muestra que existan correlaciones significativas entre ninguno de los tests ni de atención, desarrollo cognoscitivos, ni de inteligencia.

1.4.- ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE.

En las tablas 5 y 6, se muestran los resultados del análisis de regresión múltiple realizado en hembras y varones de 13 y 14 años respectivamente.

El análisis, se ha realizado utilizando el método Stepwise (paso a paso), siendo las variables independientes todas las variables antropométricas, de composición corporal, psicológicas y madurativas analizadas.

En la tabla 5, se observa que la primera variable que se incorpora a la ecuación, en el grupo de las hembras, es el peso corporal, que obtiene una R múltiple de 0.40 con una B positiva.

Después del peso corporal, la siguiente variable que aparece en la ecuación de las hembras es el porcentaje de masa grasa, que tiene una B negativa y aumenta la R múltiple

..... **Resultados**

hasta 0.47. A partir de aquí, ninguna otra variable incrementa el nivel explicativo de la variabilidad de la prueba, llegándose a una R² del 22.1%.

En el caso de los niños, la primera variable que aparece en la ecuación son los estadios madurativos de Tanner, con una R de 0.54 y una B positiva. Tras los estadios madurativos de Tanner, la siguiente variable que aparece en la ecuación es el área muscular del brazo, aumentando la R múltiple hasta 0.62. A partir de esta variable, ninguna más aumenta de forma significativa el nivel de predicción de la variabilidad de la prueba. La R² alcanzada en los niños es pues del 38.7%.

Ni en los niños ni en las niñas, aparece ninguna variable psicológica en las fórmulas obtenidas mediante la regresión múltiple.

APARTADO 1 - PWC 170

PWC170 (wattios)

RESULTADOS DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE (método stepwise)

NIÑAS 13 años

TABLA 5

VARIABLES INDEPENDIENTES	M.R.	B	BETA	BETA 2
PESO	.40	1.45	.60	36
% MASA GRASA	.47	-1.40	-.30	9
CONSTANTE : 40.01 ES : 17.8 R2 x 100 : 22.1				

- MR: Coeficiente de correlación múltiple
- R2 X 100: % de explicación total de la variabilidad
- ES: Error standard
- B: Coeficiente de regresión
- BETA: Coeficiente de Regresión estandarizado
- BETA2: % de contribución directa de la variable

Fórmula predictora

$$PWC\ 170 = 40.1 + 1.45 (\text{Peso}) - 1.40 (\% \text{ de masa grasa})$$

..... **Resultados**

PWC170 (wattios)

RESULTADOS DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE (método stepwise)

NIÑOS 14 años

TABLA 6

VARIABLES INDEPENDIENTES	M.R.	B	BETA	BETA 2
ESTADÍOS DE TANNER	.54	9.15	.37	13
ÁREA MUSCULAR BRAZO	.62	1.28	.34	11.5
CONSTANTE : 36.2		ES : 20	R2 x 100 : 38.7	

- MR: Coeficiente de correlación múltiple
- R2 X 100: % de explicación total de la variabilidad
- ES: Error standard
- B: Coeficiente de regresión
- BETA: Coeficiente de Regresión estandarizado
- BETA2: % de contribución directa de la variable

Fórmula predictora

$$PWC\ 170 = 36.2 + 9.1 (\text{Estadio de tanner}) + 1.28 (\text{área muscular del brazo (cm}^2))$$

APARTADO 1 - PWC 170.....

**1.5.- EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA EN LOS DISTINTOS
GRUPOS DE RITMOS MADURATIVOS**

En las tablas 7 y 8, se presentan los resultados de la prueba de la PWC170, distribuidos por ritmos madurativos y edades.

En las figuras 3 y 4, se muestran gráficamente estos resultados, observándose en el caso de las hembras, que a los 12 años existen diferencias importantes entre los grupos de maduración más rápida y los más lentos, de tal forma que a esta edad, el ritmo 1 obtiene una media en la prueba de 83 waticos, mientras que el ritmo 4 sólo de 58. A la edad de 13 años, estas diferencias se hacen más pequeñas y a los 14 años, si bien existen aún diferencias, éstas son ya muy pequeñas y no estadísticamente significativas como lo son los dos años anteriores.

En el caso de los varones observamos que, tanto a los 12, 13, como a los 14 años, se muestran diferencias importantes entre los resultados que obtienen los individuos de diferentes ritmos madurativos. Estas diferencias, alcanzan su mayor magnitud a la edad de 14 años, en la que las diferencias existentes entre los valores del ritmo 1 y del ritmo 4 alcanzan los 37 waticos.

Tanto a la edad de 13 años, como a la de 14 y 15 años, las

..... **Resultados**

diferencias entre los valores de los diferentes ritmos madurativos, se mantendrán estadísticamente significativos. En el caso de las niñas, sólo se muestran diferencias estadísticamente significativas a los 12 y 13 años.

APARTADO 1 - PWC 170.....

PWC170 (wattios)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y RITMOS MADURATIVOS

NIÑAS

TABLA 7

	12 AÑOS	13 AÑOS	14 AÑOS
RITMO 1	Med. 83 DS. 16 Nº 35	Med. 84 DS. 20 Nº 38	Med. 84 DS. 21 Nº 30
RITMO 2	Med. 76 DS. 15 Nº 50	Med. 78 DS. 22 Nº 54	Med. 80 DS. 18 Nº 43
RITMO 3	Med. 66 DS. 15 Nº 25	Med. 73 DS. 15 Nº 32	Med. 79 DS. 21 Nº 22
RITMO 4	Med. 58 DS. 14 Nº 18	Med. 61 DS. 21 Nº 16	Med. 75 DS. 31 Nº 17

PWC170 (wattios)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y RITMOS MADURATIVOS

NIÑOS

TABLA 8

	13 AÑOS	14 AÑOS	15 AÑOS
RITMO 1	Med. 123 DS. 29 Nº 30	Med. 128 DS. 27 Nº 36	Med. 134 DS. 25 Nº 27
RITMO 2	DS. 103 DS. 15 Nº 64	Med. 120 DS. 20 Nº 61	Med. 126 DS. 28 Nº 50
RITMO 3	Med. 92 DS. 17 Nº 56	Med. 100 DS. 21 Nº 59	Med. 116 DS. 25 Nº 48
RITMO 4	Med. 88 DS. 15 Nº 40	Med. 91 DS. 18 Nº 32	Med. 107 DS. 19 Nº 21

APARTADO 1 - PWC 170.....

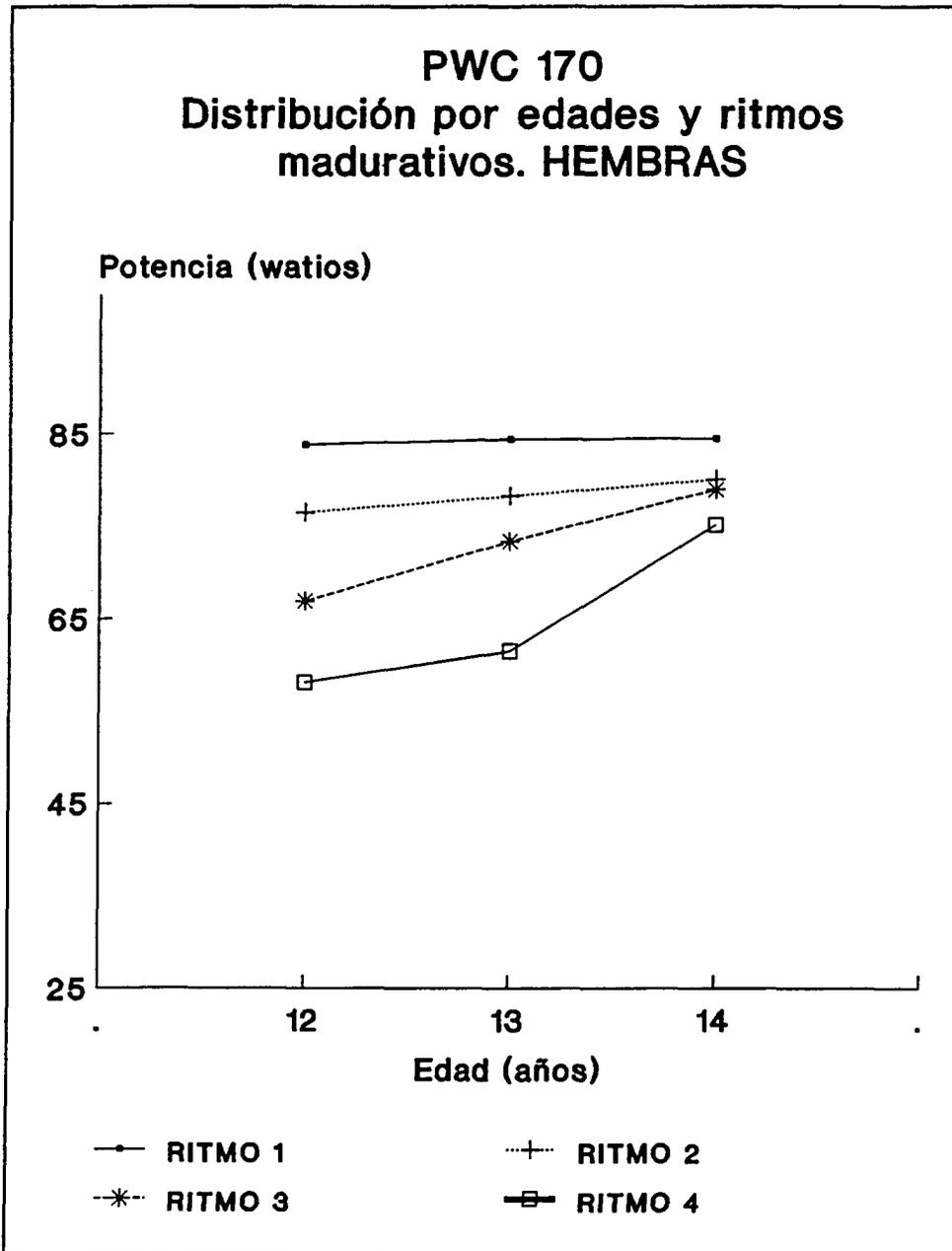


Fig. 3

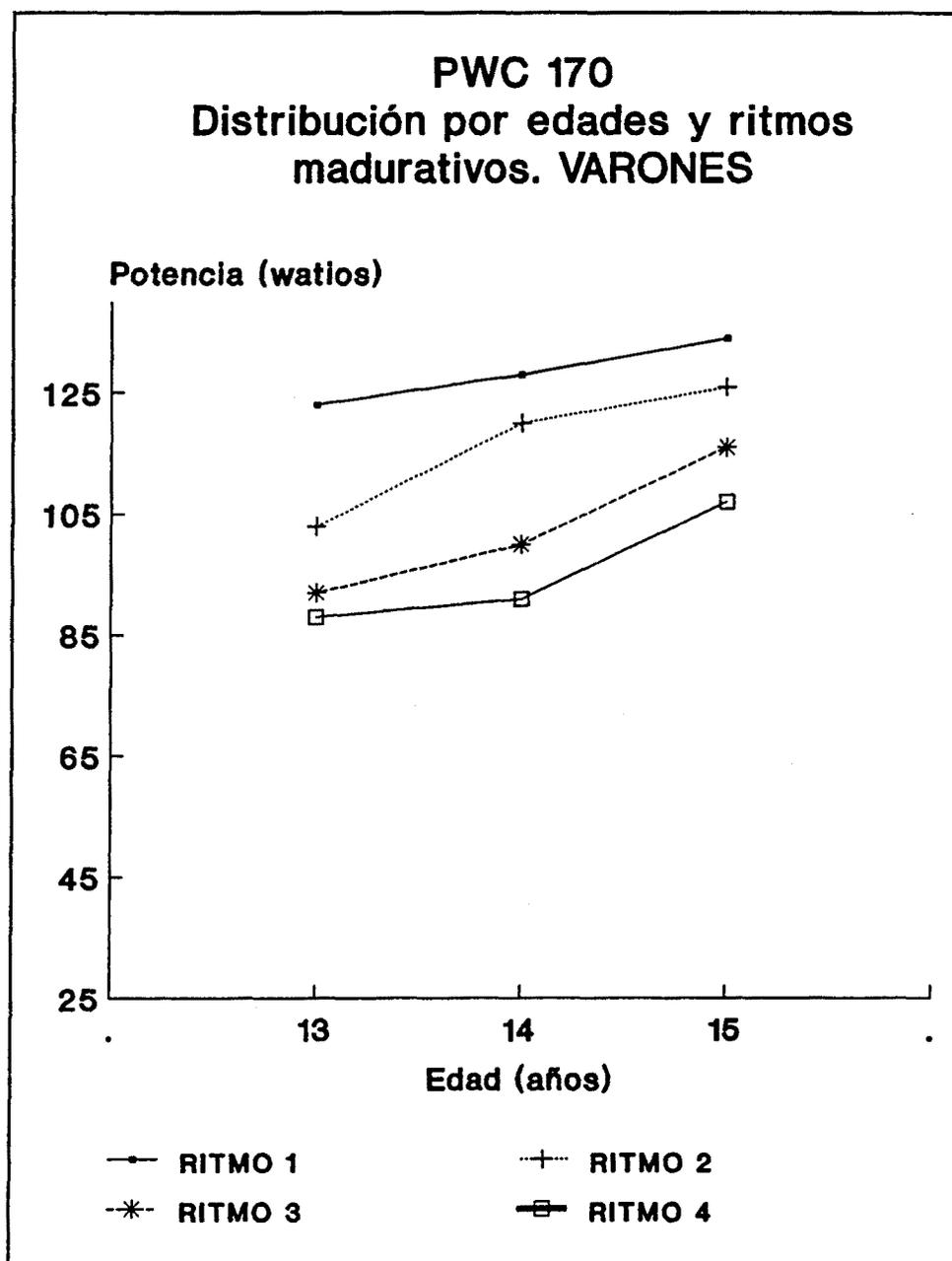


Fig. 4

APARTADO 1 - PWC 170

1.6.- RELACIÓN DE LA PWC170 CON LOS NIVELES SOCIOECONÓMICOS

En las figuras 5 y 6, se muestran los resultados medios de la prueba de PWC170 de los dos niveles socioeconómicos, distribuidos por edades y sexos.

Se observan unos resultados superiores en el nivel socioeconómico alto, en todos los grupos de edad, tanto en niños como en niñas.

Realizada una comparación de medias, mediante una T de Student, no se observa que exista ninguna diferencia estadísticamente significativa entre el nivel socioeconómico alto y bajo, a ninguna edad, ni en los niños ni en las niñas.

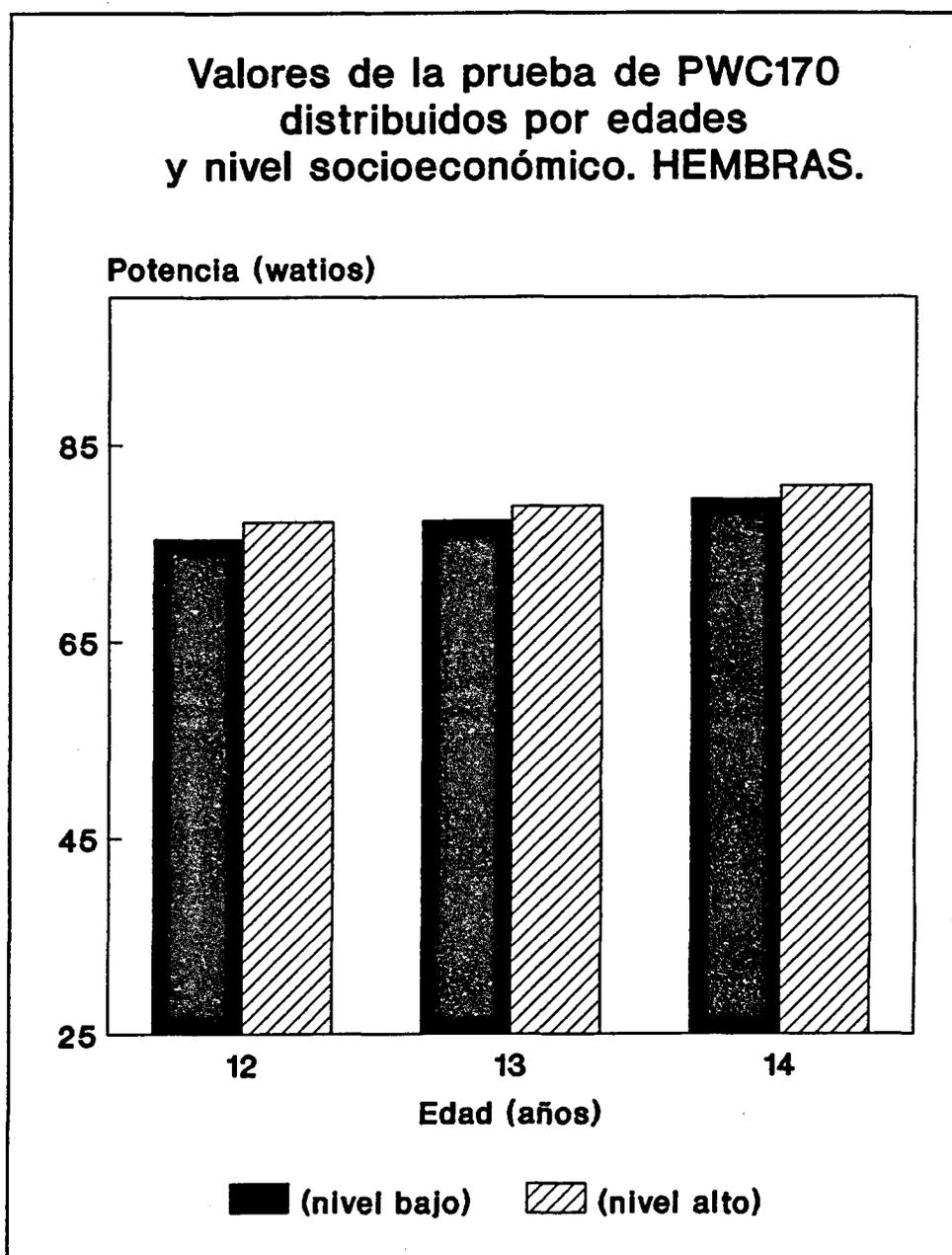


Fig. 5

APARTADO 1 - PWC 170

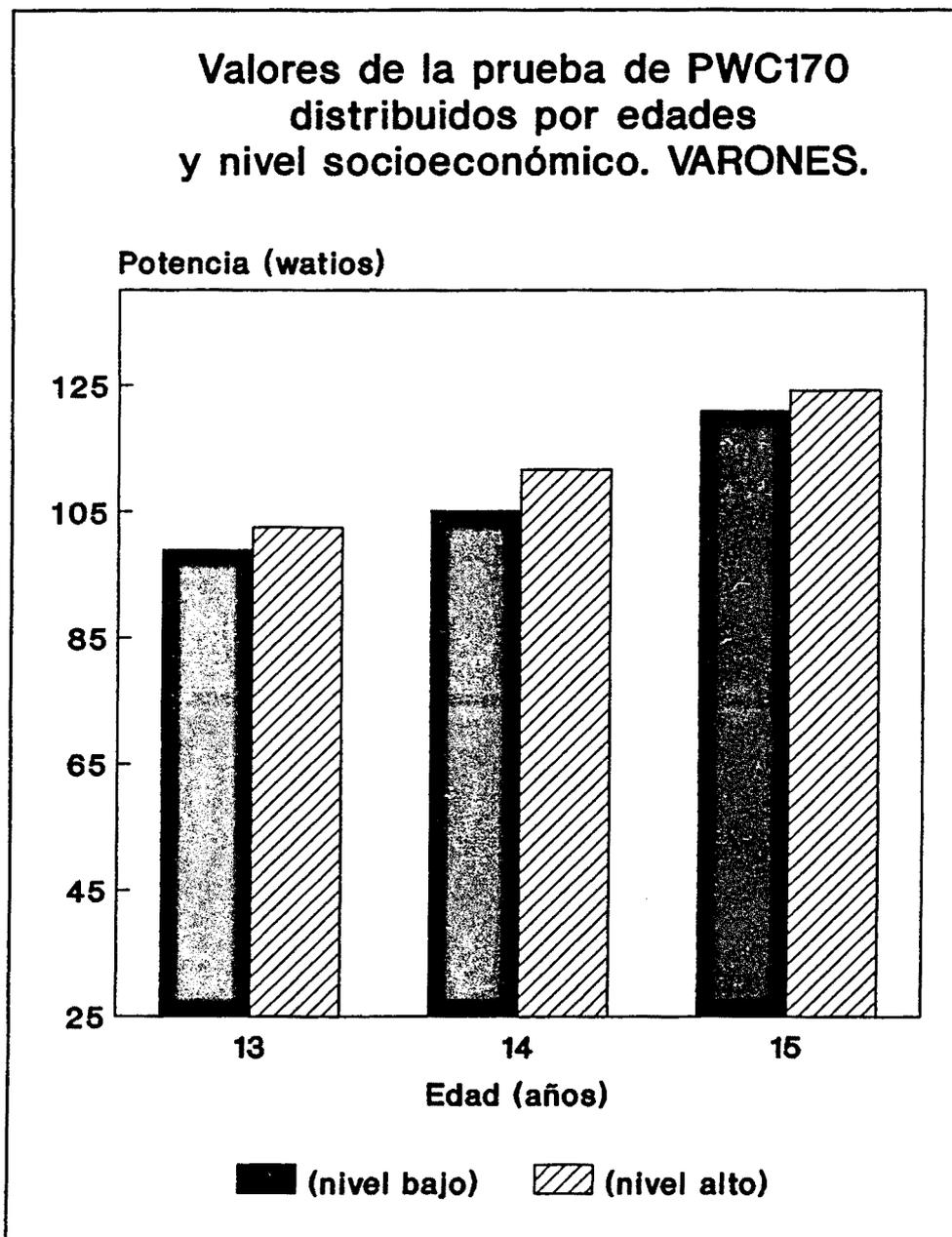


Fig. 6

APARTADO 1 - PWC170

2.- DISCUSIÓN

APARTADO 1 - PWC 170.....

2.1.- METODOLOGÍA Y SIGNIFICADO DE LA PRUEBA

Tal y como se ha expuesto en la introducción, la PWC 170 (Capacidad de trabajo físico a 170 pulsaciones por minuto), es una prueba que se enmarca en el contexto fisiológico de las pruebas en las que, por su duración y tipo de trabajo, utilizan principalmente la vía aerobia para la producción de energía.

La incorporación a nuestro trabajo de una prueba como esta, responde a la necesidad de valorar aspectos de la condición física relacionados con la capacidad cardio-respiratoria y con la resistencia aerobia.

Se eligió esta prueba en concreto, porque respondía a una serie de condiciones que iremos exponiendo a lo largo de este apartado, y que nos servirán para la discusión metodológica de la misma.

Desde su creación por Wahlund (Wahlund H. 1948) hasta hace pocos años, esta prueba se ha ido aplicando con una menor frecuencia coincidiendo con la mejora de las técnicas para medir la VO₂ máxima. La causa de esto la encontramos en el hecho de que una de las mayores utilidades que se le buscaba a la PWC170, o a cualquier otro test submáximo, era precisamente su capacidad de predicción de la VO₂ máxima mediante un test relativamente más sencillo (Astrad P.O. y

..... *Discusión*

cols. 1954) (Maritz J.S. y cols. 1961) (Margarita R. y cols. 1965).

Pese a que siguen habiendo estudios que ponen en relación a la PWC 170 con la VO₂ máxima (Saris W.H.M. y cols. 1984)(Mocellin R. y cols. 1971)(Woynarowska B. 1980), en los últimos años ha habido un aumento del interés hacia la propia naturaleza de los tests submáximos, que han ido alcanzando una entidad propia. Ello se debe a que a algunos estudios han observado que individuos con una mayor resistencia deportiva, podían obtener peores resultados en la VO₂ máxima (Costill D.L. y cols. 1973), o al hecho de que un largo entrenamiento podía no producir incrementos en la VO₂ máxima (Krahenbuhl G.L. y cols. 1989) (Kemper H.C.G. 1986), o a que el nivel de actividad física parecía no modificar los resultados de esta prueba (Andersen K.L. y cols. 1984). También se ha observado que parece existir un comportamiento distinto en los tests máximos entre grupos de niños y de adultos (Yaacov A. y cols. 1991).

Por último, otros trabajos concluían que las pruebas de resistencia máxima tenían un gran componente anaeróbico (Tuxworth W.B.A. y cols. 1988), por lo que no eran unas pruebas idóneas ni para medir capacidades aerobias, ni para ser utilizada en grupos de individuos adolescentes. Por todo ello ha habido una recuperación de las pruebas submáximas y

APARTADO 1 - PWC 170.....

en concreto de la PWC170, que se ha considerado muy adecuada para grupos de individuos de 7 a 17 años (Shephard R.J. 1982), lo que ha llevado a que durante el segundo seminario europeo para la evaluación del valor físico (CDDS 1981), se considerase a la PWC 170 como el mejor test para valorar la capacidad cardio-respiratoria de los escolares.

En base a todo ello decidimos la incorporación de este test a nuestro estudio y hemos adoptado una metodología que se corresponde con la que se emplea en la batería de Tests Eurofit.

Sabemos de las posibles limitaciones de esta prueba debidas a que se trata de una prueba indirecta, en la que no se valora, como en otras, el máximo trabajo en un estado de equilibrio aerobio (LaFontaine T.O. y cols. 1981), sino el trabajo en función de una frecuencia cardíaca submáxima (170 p.p.m.). Por ello, en el período puberal, esta prueba podría verse influida por el descenso fisiológico de la frecuencia cardíaca, pero a cambio nos dará una buena información sobre la eficiencia cardio-respiratoria al tratarse de una medida relativa a la frecuencia cardíaca.

Otro hecho metodológico en la realización de la prueba, es la utilización de la bicicleta ergométrica, en lugar de un tapiz rodante. Ello responde a que la mayoría de estudios que trabajan con la PWC170 se han realizado mediante

..... *Discusión*

bicicletas ergométricas, utilizándose el tapiz rodante sobre todo en individuos menores de 10 años (Sarris W.H.M. y cols. 1984) o en pruebas específicas para determinados deportes (Potiron-Josse M. 1983).

A pesar de que en algunos trabajos se señale también que el realizar pruebas ergométricas con bicicletas podría verse influenciado por el hecho de practicar deportes como el ciclismo (Glaser 1966) (Shephard R.J. 1969), no se ha considerado este factor como determinante en nuestro estudio, dado que se trata de una población que no practica en su mayoría un deporte organizado, y existirían probablemente las mismas consideraciones con las actividades atléticas si utilizásemos un tapiz rodante. Por último, cabe señalar que en nuestro trabajo hemos realizado medidas absolutas de la PWC 170 y no medidas relativas al peso corporal. Esto se justifica porque precisamente, uno de los objetivos de este estudio, es observar la influencia de los distintos parámetros antropométricos y de composición corporal, sobre la prueba, y al expresar los resultados por kilo de peso se podría esconder una asociación con otros parámetros ligados al mismo.

APARTADO 1 - PWC 170.....

2.2.- VALORACIÓN DE LA PRUEBA POR EDADES Y ESTADÍOS MADURATIVOS.

En las figuras 1 y 2, aparecen los resultados de la prueba en forma de percentiles, para las hembras y los varones. Se observa que los varones obtienen mejores resultados que las hembras en todos los grupos de edades. Esto, es un hecho muy constatado, y aunque existen algunas discrepancias en el hecho de que antes de la pubertad los varones puedan tener ya una capacidad aeróbica mayor (Lange Andersen 1974), existe una total coincidencia en que durante la pubertad, el varón incrementa esta capacidad mucho más que la mujer (Rutenfranz J. 1984). Este fenómeno lo observamos también en nuestros resultados con una mayor pendiente de la curva de los varones.

La causa de esta diferencia respecto al sexo, la podríamos encontrar en el hecho de que existe un mayor y más prolongado desarrollo muscular del varón durante la pubertad (Hernandez M y cols. 1983). Podría también buscarse una explicación en diferencias entre la frecuencia cardíaca de los niños y de las niñas, si bien éstas son discutidas, y mientras algunos autores no las encuentran (Skinner J.S. y cols. 1971), otros afirman que se producen desde los 4 a los 18 años. En todo caso, difícilmente podríamos explicar la

..... *Discusión*

magnitud de las diferencias de los resultados de la PWC 170 entre ambos sexos a través de este fenómeno.

Otro hecho que cabe resaltar, es que en los niños, existe una mayor variabilidad de la prueba que se manifiesta por un aumento de los percentiles superiores, sobre todo a los 14 y 15 años. Esto se explicaría, porque en los varones el aumento de la fuerza muscular es más tardío (Hernandez M y cols. 1983), y concuerda con el hecho de que las mayores diferencias entre estadios madurativos, se producen entre G3 G4 y G5, estadios mucho más presentes en los últimos años del estudio.

Por lo que hace referencia a la evolución de la prueba con la edad, en las hembras no encontramos incrementos estadísticamente significativos desde los 12 a los 14 años, mostrándose unos resultados muy similares a los de otros estudios (Howella and Macnab 1966).

El hecho de no encontrar un incremento significativo con la edad pero sí con los estadios madurativos, podría deberse a una mayor importancia del componente madurativo sobre el simple componente cronológico de esta prueba. Al tener tan solo tres años de seguimiento, las variaciones inter-anales respecto a la maduración del grupo de niñas de 12 A 14 años, tienen una menor expresión, y por tanto la asociación con la edad no se observa.

APARTADO 1 - PWC 170.....

En el caso de los varones, los resultados que hemos obtenido muestran un incremento significativo con la edad cronológica, lo mismo que otros trabajos en los que se ha demostrado también un aumento estadísticamente significativo con la edad, desde los 94.9 Watios a los 13 años hasta los 118 a los 15 (Farralli M.R. y cols. 1980). Estos importantes incrementos se han visto también en otros estudios en los que entre las mismas edades de 13 y 15 años, se pasa de 116 a 142 Watios (Lockwood R. y cols. 1977), o de 107 a 119 Watios (Howell and MacNab 1967). Todos ellos, excepto el de Lockwood, poseen valores muy próximos a los de nuestro trabajo.

En los varones, hemos encontrado también diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes estadios madurativos, fijando la edad. Este hecho, parece contradecirse con las conclusiones obtenidas por un estudio realizado por Korol (Korol V.M. t col. 1984), en el que se concluye que no existen diferencias debidas a la maduración, aunque sí debidas al entrenamiento. Esta aparente discrepancia, podría deberse a que en que en el trabajo de Korol, se utilizan medidas relativas al peso corporal, y por eso encuentran unas diferencias muy pequeñas entre el grupo de baja maduración (2.65 W/kg) y el de maduración avanzada (2.79 W/kg). Por otra parte, a diferencia de nosotros, Korol

..... *Discusión*

agrupa a los individuos de estadios madurativos 1 y 2 en un grupo y a los de estadio 3 y 4 (Tanner G) en otro, lo que podría también influir en estos resultados, puesto que en nuestro caso, se han distinguido los 5 estadios madurativos.

2.3.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LAS VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS, DE COMPOSICIÓN CORPORAL Y PSICOLÓGICAS.

En el análisis de los resultados de las correlaciones con las variables antropométricas y de composición corporal, hemos encontrado dificultades para la comparación de nuestros datos con los de otros trabajos. Esto se debe a que la mayor parte de estos estudios utilizan medidas relativas al peso corporal. La razón de esto es que en esta prueba no se soporta el peso del cuerpo, a diferencia de otras pruebas de resistencia cardio-respiratoria, en las que se tiene en cuenta este hecho.

En nuestro caso, hemos creído mejor, analizar la prueba separadamente, puesto que no está muy claro el significado de las medidas relativas, tal y como también se apuntó en el segundo seminario europeo para la evaluación del valor físico (CDDS 1981).

APARTADO 1 - PWC 170

Algunos estudios, demuestran una relación lineal entre la PWC170 y el peso corporal, y por contra, una relación curvilínea con la talla (Macek M. y cols. 1971). Por este motivo piensan que la expresión de la PWC170 por kg de peso, es más consistente. Sin embargo, cuando se valora la prueba en función de la edad, dentro del marco puberal, entran en juego las variaciones de la composición corporal, de la grasa y del músculo, y los resultados se hacen más difíciles de interpretar; por este motivo el creador de esta prueba afirmaba que para obtener unas buenas interpretaciones, era posible reducir las medidas a la PWC170 y al porcentaje de grasa corporal (Waston A.W.S. 1979). Se trataba, en este caso de PWC170 relativa al peso.

Los resultados de nuestro estudio, analizados con medidas absolutas, nos hacen pensar que la otra medida que podría entrar en juego sería el componente muscular.

En el caso de las niñas, las asociaciones más fuertes se producen con el peso. Ello puede deberse a que los individuos con mayor peso, tienen también mayor componente muscular. Las razones de este fenómeno, podríamos encontrarlas en varios aspectos: por una parte, el peso puede considerarse un factor madurativo, si bien no es muy específico, y en las niñas la maduración produce una elevación no muy grande del componente muscular (Marshall W.

..... *Discusión*

1978). Esto nos lleva a otro factor que puede ser el incremento del peso no graso ligado al incremento del peso total en su vertiente no madurativa. En efecto, cuando realizamos las correlaciones con el peso no graso, observamos que éstas se muestran superiores a las que se establecían con el simple peso. Todo esto hace que, al tratarse de una actividad en la que la fuerza de la gravedad no actúa, el componente graso no juegue un papel importante por lo que la simple elevación del peso, que tiene siempre un componente no graso, hace que se obtengan buenas correlaciones.

En el caso de los varones, se produce un fenómeno muy parecido, si bien en éstos, el componente madurativo que se relaciona con la masa muscular, es mucho más importante. Este podría ser el motivo de que en la regresión múltiple, los varones muestren como primera variable en la ecuación a los estadios madurativos de Tanner y como segunda, al área muscular del brazo. Esta última variable se relaciona también con el componente muscular total. En el caso de las hembras, en la regresión múltiple, aparece como primera variable el peso y en segundo lugar y de forma negativa, el porcentaje de grasa corporal. En este caso, el porcentaje de grasa corporal, actúa "quitándole" al peso, el componente graso y dándole un significado que se acerca a lo que

APARTADO 1 - PWC 170.....

llamamos peso no graso.

El hecho de que en el análisis de regresión múltiple no aparezca ningún test psicológico, podría deberse a que en esta prueba, no interviene ningún componente de motivación (Richard A. y cols. 1984) y a que se trata de una prueba en la que el resultado es determinado por la frecuencia cardíaca y se realiza además con un tipo de movimiento relativamente sencillo que exige poca capacidad de coordinación.

2.4.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LOS RITMOS MADURATIVOS

En el estudio de los diferentes ritmos madurativos, observamos que los individuos con un ritmo madurativo rápido obtienen resultados significativamente mejores.

En el caso de las hembras, parece que las diferencias se establecen sólo hasta los 13 años, lo que resulta un año más tarde de lo que observan otros estudios (Koinzer K. y cols. 1981). Ello se puede deber a que en nuestro estudio hemos utilizado unos criterios distintos para definir estos ritmos madurativos.

La razón de que a los 14 años no se observen diferencias

..... *Discusión*

significativas entre los distintos ritmos, la podríamos encontrar en que a esta edad, existen ya muy pocas diferencias madurativas en las niñas.

En el caso de los niños, observamos que se producen diferencias en todos los grupos de edades valorados hasta los 15 años. Esto representa, al igual que en las niñas, un año más de lo que observan los trabajos de Koinzer (Koinzer K. y cols. 1981). Esta diferencia podría deberse también a la distinta metodología empleada para definir los ritmos madurativos.

Este hecho, se ha mostrado también en otros trabajos como el de Kemper (Kemper H.C.G. 1987), en el que se observan unos mejores resultados de los grupos de individuos con un ritmo de maduración más rápido, siempre que se utilicen medidas absolutas para su valoración. Esto se debe sin duda, a que con la utilización de medidas relativas perdemos gran parte del componente madurativo, que es el que se asocia a los incrementos de masa muscular.

APARTADO 1 - PWC 170.....

2.5.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON EL NIVEL SOCIOECONÓMICO.

El análisis de la influencia del nivel socioeconómico sobre esta prueba, no nos muestra asociaciones significativas con el mismo, ni en los varones ni en las hembras. Ello puede deberse a que no se detectan tampoco asociaciones con los tests psicológicos, que son los que parecen determinar las diferencias por niveles socioeconómicos (figuras 7 y 8 del Apartado 3 del salto vertical).

Este hecho podría explicarse también porque se trata, como ya hemos señalado anteriormente, de una prueba con poco componente subjetivo, que depende de la elevación de la frecuencia cardíaca con el aumento de las cargas de trabajo, y que no parece tener un importante nivel de coordinación motora.

Algunos autores postulan que podrían establecerse diferencias respecto a la clase social, por el hecho de tener o no una bicicleta (Shephard R.J. y cols. 1981). Creemos que en nuestro medio y a la vista de los resultados obtenidos, esto no sería suficiente para que se establecieran tales diferencias.

APARTADO 1 - PWC170

3.- CONCLUSIONES

APARTADO 1 - PWC 170.....

- 1.- El estudio longitudinal de la PWC170 muestra en las niñas un valor a los 12 años de 76.3 (DE = 17.2) y a los 14 años de 79.8 (DE = 21.3) sin que esta variación sea significativa. En cambio en los niños, los valores oscilan entre 100.9 (DE = 22.0) a los 13 años y 122.5 (DE = 26.6) a los 15 años, siendo este incremento significativo ($p < 0.0001$).

- 2.- Fijando la edad, el nivel puberal establece, tanto en hembras como en varones y en todas las edades, diferencias altamente significativas.

- 3.- El análisis de correlación muestra en las niñas que a los 13 y 14 años, edad en la que una gran mayoría llegan al final de su período puberal, se establece una relación significativa entre el peso y el área muscular del brazo con la PWC170.
En los niños, se establece en todas las edades estudiadas una correlación significativa de la PWC170 con el peso, la talla, el área del brazo y el área muscular del brazo.

..... **Conclusiones**

4.- El análisis de regresión múltiple, pone en evidencia que el factor explicativo fundamental de la PWC170 es la maduración puberal, y a través de ella, la constitución de la masa muscular.

En las niñas el mejor factor explicativo es el peso, seguido y en importancia mucho menor, del porcentaje de masa grasa. ($R^2 = 22.1 \%$ 13 años).

En los niños el factor explicativo fundamental es el estadio de Tanner seguido de la área muscular del brazo ($R^2 = 38.7 \%$ 14 años).

5.- Según los ritmos de maduración observamos que a los 12 años, en las niñas, la PWC 170 es distinta en los 4 grupos y en buena relación con el ritmo madurativo.

Dos años más tarde, a los 14 años, estas diferencias han dejado de ser significativas. Ello significa que si no puede tenerse en cuenta la variación que introduce la maduración puberal, la PWC170 es un test valorable en las niñas sólo a partir de los 14 años.

El aumento más significativo de la PWC 170 se produce durante el primer año de la pubertad a partir de S2 Tanner.

APARTADO 1 - PWC 170.....

6.- El análisis de los grupos de varones según el ritmo de maduración muestra muy importantes diferencias a los 13 años, que continúan siendo significativas a los 15 años. El máximo aumento de la PWC170 se produce durante el segundo año de la pubertad, a partir de P2 y del aumento del volumen testicular (mayor de 4 cm³).

Es de señalar la progresión aún significativa entre los 13 y 15 años del grupo que había iniciado la pubertad a los 11 años (Ritmo 1).

7.- El nivel socioeconómico no discrimina significativamente los resultados de la PWC170 ni por edades ni en los distintos sexos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

APARTADO 2 - SUSPENSIÓN EN BARRA

1.- RESULTADOS

APARTADO 2 - Suspensión en barra

1.1.- RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SUSPENSIÓN EN BARRA. DISTRIBUCIONES POR EDAD, SEXO Y NIVEL MADURATIVO

En las figuras 1 y 2 se muestra la evolución de la prueba de suspensión de brazos en barra con la edad y expresada en percentiles. Se observa un mayor valor de la pendiente de los varones, que aumenta hasta los 14 años, donde se establece un punto de inflexión en la subida. En las hembras, la curva es mucho más plana y tiene menor amplitud. Las curvas de percentiles nos muestran que en el caso de las niñas el percentil 10 se halla entre 0 y 5 segundos, mientras que a lo largo de todos los grupos de edades, hay más de un 3% de niñas que no consiguen sostenerse ni un solo segundo en la barra. Este fenómeno no es tan marcado en los niños, en los que el percentil 3 tan solo está en el punto cero a los 11 años de edad, manteniéndose superior desde los 12 hasta los 15 años.

Paralelamente a la superioridad en el grupo de varones, encontramos valores muy altos de los percentiles 90 y especialmente 97, lo que nos evidencia que existen unos pocos individuos que alcanzan unos resultados notablemente altos respecto al grupo. Esto se produce principalmente en los últimos años del estudio.

..... *Resultados*

En las tablas 1 y 2 se muestran los resultados de la prueba distribuidos por edades, sexos y estadios madurativos. Asimismo, se expresan las diferencias entre grupos madurativos y entre las diferentes edades respecto a los valores medios de la prueba en cada grupo.

Hemos de señalar que en ambos sexos se establecen diferencias significativas entre los valores que se alcanzan en cada grupo de edad. No ocurre lo mismo cuando analizamos las diferencias entre los distintos grupos madurativos dentro de un mismo grupo de edad: en el caso de las hembras, en ningún grupo de edad desde los 10 a los 14 años se establece ninguna diferencia estadísticamente significativa con la maduración. En el caso de los varones, se observan diferencias estadísticamente significativas a los 12, 13 y 14 años, mientras que a los 10 y 15 años no llegan a la significación.

En el caso de las niñas el mayor incremento anual en los resultados de la prueba se produce entre los 10 y 11 años, edades entre las cuales se incrementan de media 5.5 segundos. El total de segundos que se incrementan en todo el período que va desde los 10 a los 14 años es de 14 segundos. En los varones el mayor incremento se produce entre los 11 y 12 años, siendo su valor de 8.8 segundos. El incremento medio desde los 11 a los 15 años es de 19.6 segundos.

APARTADO 2 - Suspensión en barra

EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA CON LA EDAD. NIÑAS

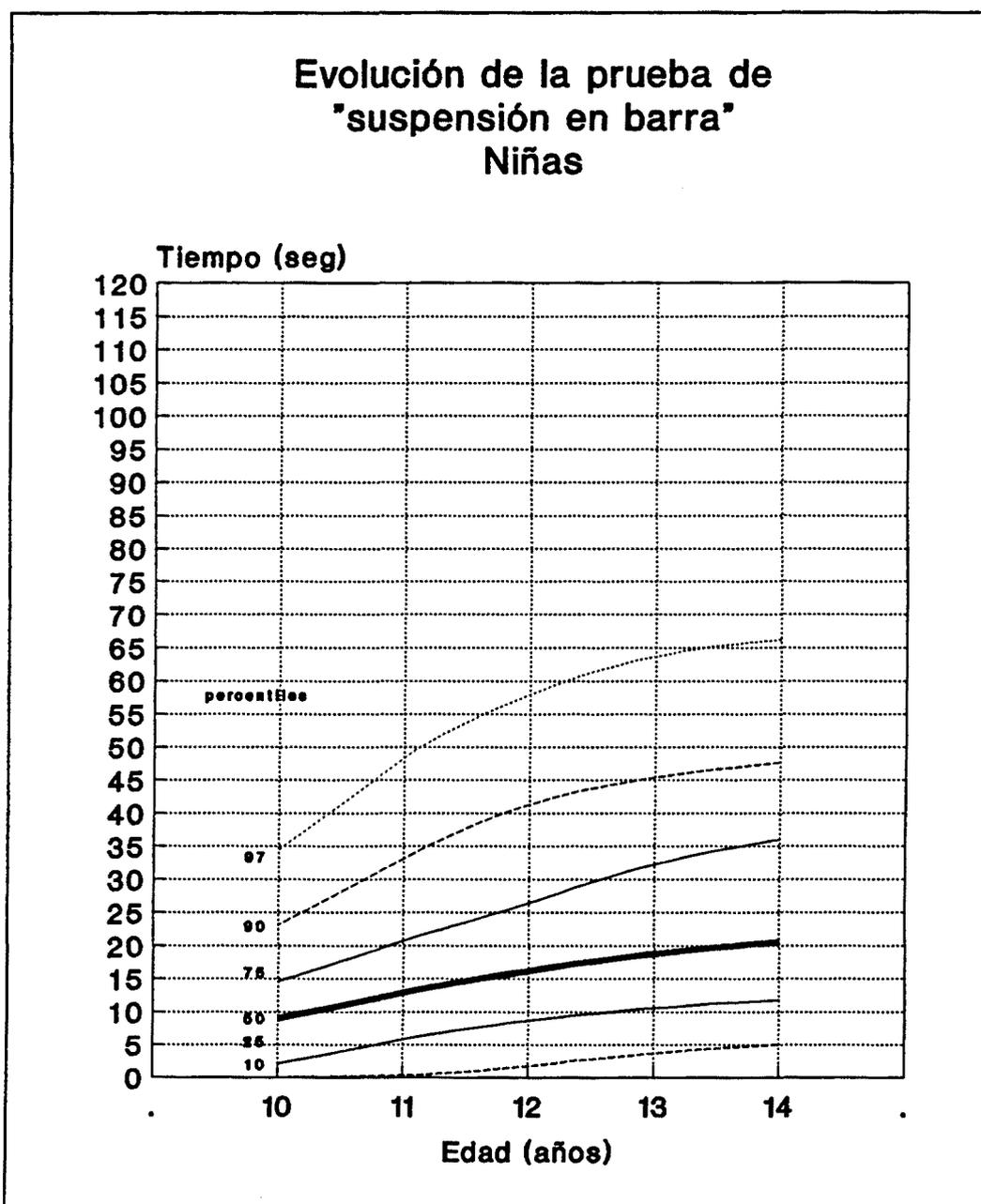


Fig. 1

EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA CON LA EDAD. NIÑOS

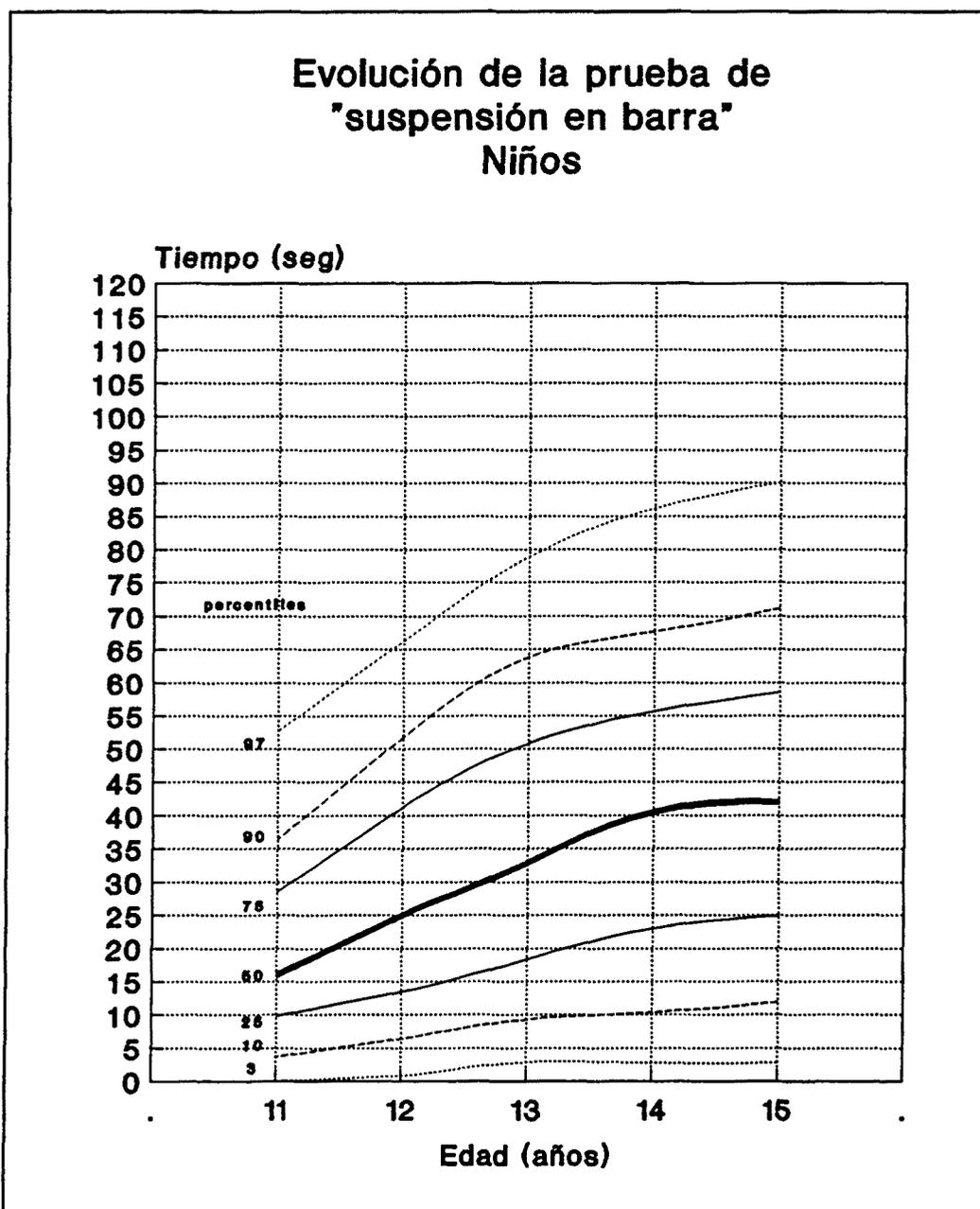


Fig. 2

APARTADO 2 - Suspensión en barra

SUSPENSIÓN EN BARRA (seg)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y ESTADÍOS PUBERALES (TANNER)

NIÑAS

TABLA 1

EDAD	10			11			12		
EST. PUB.	media	dv. std.	n	media	dv. std.	n	media	dv. std.	n
Total	10.6	10.6	236	16.1	13.7	219	19	15.1	206
S1	11.1	11.6	133	14.5	12.6	59	13.9	13.6	17
S2	10.6	10.0	64	20.4	15.1	63	16.1	11.7	34
S3	10.0	8.3	28	14.1	14.4	63	22.2	17.4	67
S4	3.8	3.7	10	16.0	11.0	25	19.6	15.5	52
S5	---	---	1	9.5	6.4	9	17.1	12.4	36
Prob. (p)	n.s.	---	---	n.s.	---	---	n.s.	---	---

SUSPENSIÓN EN BARRA (Continuación)

NIÑAS

TABLA 1 (continuación)

EDAD	13			14		
EST. PUB.	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>
Total	22.4	16.9	189	24.6	17.2	158
S1	21.8	14.8	6	---	---	---
S2	17.8	11.9	28	23.4	15.8	11
S3	25.5	20.4	52	23.4	17.3	29
S4	24.9	16.9	56	26.9	18.0	54
S5	19	14.4	47	23.4	16.8	64
Prob. (p)	n.s.	---	---	n.s.	---	---

Análisis de la varianza entre los grupos de edad $p < 0.001$

APARTADO 2 - Suspensión en barra

SUSPENSIÓN EN BARRA (seg)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS) Y

ESTADÍOS PUBERALES (TANNER)

NIÑOS

TABLA 2

EDAD	11			12			13		
	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>
EST. PUB.									
Total	18.2	15.3	325	27.0	20.5	303	29.5	21.9	286
G1	17.2	15.0	196	21.4	20.2	98	25.4	21.8	35
G2	19.7	14.8	114	29.5	20.6	136	26.7	23.3	114
G3	20.9	21.7	14	29.1	18.3	54	30.1	20.3	91
G4	---	---	---	37.0	23.1	13	37.7	19.1	41
G5	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Prob. (p)	n.s.	---	---	< .01	---	---	< .01	---	---

SUSPENSIÓN EN BARRA (Continuación)

NIÑOS

TABLA 2 (continuación)

EDAD	14			15		
EST. PUB.	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>
Total	34.9	22.8	245	37.8	24.0	172
G1	19.9	17.6	12	---	---	---
G2	29.1	24.7	52	32.0	20.8	16
G3	36.5	21.4	74	38.0	26.1	22
G4	38.9	22.6	82	38.4	26.0	58
G5	36.4	21.2	25	38.8	22.9	75
Prob. (p)	< .05	---	---	n.s.	---	---

Análisis de la varianza entre los grupos de edad $p < 0.0001$

APARTADO 2 - Suspensión en barra

1.2.- RELACIÓN CON LAS VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS Y DE COMPOSICIÓN CORPORAL.

Las tablas 3 y 4 muestran las correlaciones que se establecen entre las variables antropométricas y madurativas con la prueba de suspensión de brazos en barra, en hembras y varones respectivamente.

Tanto en el caso de las hembras como en el de los varones se observan un gran número de correlaciones estadísticamente significativas con las variables que hacen referencia a la composición corporal. Cabe señalar que las correlaciones que se establecen son de carácter negativo y las más potentes son las que hallamos con las variables relacionadas con la grasa corporal (% de masa grasa y área grasa del brazo).

En el caso de las hembras, se establecen correlaciones con el peso y con el área del brazo desde los 11 a los 13 años, apareciendo además una correlación significativa, aunque mucho menos potente, con la talla y con el área muscular del brazo a la edad de 11 años, edad en la que se establecen las correlaciones más potentes con las otras variables.

En los varones, al igual que en las hembras, aparecen también índices correlación significativos con el peso y el área del brazo desde los 11 a los 15 años de edad, además de las que se establecen con las otras variables más

..... **Resultados**

específicas de la grasa corporal.

Cabe señalar que a los 13 y 14 años aparecen las únicas correlaciones de signo positivo y que se establecen con una variable que se relaciona directamente con la maduración puberal (índice de volumen testicular).

Al igual que lo que ocurría en las hembras, en los varones también se han encontrado correlaciones negativas de bajo índice con el área muscular del brazo.

APARTADO 2 - Suspensión en barra

SUSPENSIÓN EN BARRA (seg)

RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES OBTENIDAS CON LAS VARIABLES

ANTROPOMÉTRICAS. DISTRIBUCIÓN POR EDADES

NIÑAS

TABLA 3

SUSPENSIÓN DE BRAZOS EN BARRA (seg)	10 años	11 años	12 años	13 años	14 años
Peso	-.35**	-.47**	-.44**	-.31**	--
Talla	--	--	--	--	--
% masa grasa	-.44**	-.57**	-.54**	-.39**	-.37**
Área Brazo	-.35**	-.47**	-.53**	-.35**	--
A. Musc. Brazo	--	-.22*	--	--	--
A. Grasa Brazo	-.39**	-.51**	-.54**	-.37**	-.35**

p < 0.005 **

0.005 < p < 0.05 *

..... **Resultados**

SUSPENSIÓN EN BARRA (seg)

RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES OBTENIDAS CON LAS VARIABLES

ANTROPOMÉTRICAS. DISTRIBUCIÓN POR EDADES

NIÑOS

TABLA 4

SUSPENSIÓN DE BRAZOS EN BARRA (seg)	11 años	12 años	13 años	14 años	15 años
Peso	-.37**	-.46**	-.36**	-.26**	-.29**
Talla	--	--	--	--	--
Índice de volumen testicular	--	--	.15*	.16*	--
½ masa grasa	-.54**	-.63**	-.59**	-.58**	-.47**
Área Brazo	-.42**	-.50**	-.46**	-.30**	-.34**
A. Musc. Brazo	-.26**	-.19**	--	--	--
A. Grasa Brazo	-.46**	-.56**	-.50**	-.53**	-.42**

p < 0.005 **

0.005 < p < 0.05 *

APARTADO 2 - Suspensión en barra

1.3.- RELACIÓN CON LAS VARIABLES PSICOLÓGICAS.

En las tablas 5 y 6 se muestran los resultados de las correlaciones obtenidas entre las variables psicológicas y el tiempo de suspensión de brazos en barra, para hembras y varones respectivamente.

El primer punto a destacar es que los varones muestran más correlaciones significativas y con un mayor índice que las hembras.

En cuanto al test de atención, las hembras no muestran ninguna correlación significativa en ningún grupo de edad. En los varones sin embargo, existen, aunque débiles, asociaciones en todos los grupos de edades excepto a los 15 años.

Por lo que se refiere a las variables que miden el desarrollo cognoscitivo y la inteligencia, podemos encontrar correlaciones significativas en prácticamente todos los grupos de edad para la casi totalidad de variables y en ambos sexos. Hay que señalar que dichas correlaciones muestran una 'r' baja.

SUSPENSIÓN EN BARRA (seg)

RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES OBTENIDAS CON LAS VARIABLES

PSICOLÓGICAS. DISTRIBUCIÓN POR EDADES

NIÑAS

TABLA 5

VARIABLES PSICOLÓGICAS	10 años	11 años	12 años	13 años	14 años
Test de atención (Caras)		--	--	--	--
Aptitud verbal (TEA.V)		--	.13*	--	
Aptitud razonamiento (TEA.R)		--	.19**	.20**	
Aptitud cálculo (TEA.C)		--	.15*	.20**	
Inteligencia (Raven)	.15*				.15*

p < 0.005 **

0.005 < p < 0.05 *

APARTADO 2 - Suspensión en barra

SUSPENSIÓN EN BARRA (seg)

RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES OBTENIDAS CON LAS VARIABLES

PSICOLÓGICAS. DISTRIBUCIÓN POR EDADES

NIÑOS

TABLA 6

VARIABLES PSICOLÓGICAS	11 años	12 años	13 años	14 años	15 años
Test de atención (Caras)		.14*	.16*	.15*	--
Aptitud verbal (TEA.V)		--	.17*	.12*	
Aptitud razonamiento (TEA.R)		.15*	.17*	.16*	
Aptitud cálculo (TEA.C)		.13*	.12*	.18*	
Inteligencia (Raven)	-.12*				.12*

p < 0.005 **

0.005 < p < 0.05 *

..... **Resultados**

1.4.- ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

En las tablas 7 y 8 se muestran los resultados del análisis de regresión múltiple realizado con el método Stepwise a la edad de 13 años en las hembras y la de 14 en los varones. Este análisis ha utilizando como variables independientes tanto las variables antropométricas y de composición corporal, como las psicológicas y las madurativas.

En la tabla 7 aparecen reflejadas las variables que han entrado en la regresión múltiple en las hembras. Como primera variable aparece el porcentaje de grasa corporal con una R múltiple = 0.39 y signo negativo. Después de esta variable, la siguiente que aparece en la ecuación es el TEA-cálculo, que incrementa la R múltiple hasta 0.45, lo que representa una R² de un 20.8%. Después de esta variable, ninguna otra aporta un incremento significativo a la explicación de la variabilidad de la prueba.

En el caso de los varones, la primera variable en aparecer en la ecuación es también el % de masa grasa con una R múltiple de 0.53. En segundo lugar aparece, como en el caso de las hembras, el TEA-cálculo, incrementando la R múltiple hasta 0.55. En tercer lugar aparece el área muscular del brazo aumentando la R múltiple hasta 0.57, que representa una R² del 32.8%.

APARTADO 2 - Suspensión en barra

SUSPENSIÓN EN BARRA (seg)

RESULTADOS DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE (método stepwise)

NIÑAS 13 años

TABLA 7

VARIABLES INDEPENDIENTES	M.R.	B	BETA	BETA 2
% DE MASA GRASA	.39	-1.66	-.41	16
TEA-CÁLCULO	.45	4.01	.23	5.3
CONSTANTE : 36.2 ES : 15.1 R2 x 100 : 20.8				

MR: Coeficiente de correlación múltiple
 R2 X 100: % de explicación total de la variabilidad
 ES: Error standard
 B: Coeficiente de regresión
 BETA: Coeficiente de Regresión estandarizado
 BETA2: % de contribución directa de la variable

Fórmula predictora

$$\text{SUSPENSIÓN EN BARRA(seg)} = 60.7 - 1.66 (\% \text{ masa grasa}) + 4.01 (\text{TEA-cálculo})$$

SUSPENSIÓN EN BARRA (seg)

RESULTADOS DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE (método stepwise)

NIÑOS 14 años

TABLA 8

VARIABLES INDEPENDIENTES	M.R.	B	BETA	BETA 2
% MASA GRASA	.53	-2.01	-.54	29
TEA-CÁLCULO	.55	3.40	.14	2
ÁREA MUSCULAR DEL BRAZO	.57	0.42	.13	1.7
CONSTANTE : 40.01 ES : 18.9 R2 x 100 : 32.8				

MR: Coeficiente de correlación múltiple
 R2 X 100: % de explicación total de la variabilidad
 ES: Error standard
 B: Coeficiente de regresión
 BETA: Coeficiente de Regresión estandarizado
 BETA2: % de contribución directa de la variable

Fórmula predictora

$$\text{SUSPENSIÓN EN BARRA(seg)} = 59.1 - 2.01 (\% \text{ de masa grasa}) + 3.4 (\text{TEA-cálculo}) + 0.42 (\text{Área muscular del brazo (cm}^2\text{)})$$

APARTADO 2 - Suspensión en barra

1.5.- EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA EN LOS DISTINTOS GRUPOS DE RITMOS MADURATIVOS.

En las tablas 9 y 10 se muestran los valores medios de la prueba de suspensión de brazos en barra de los distintos grupos de ritmos madurativos, para hembras y varones respectivamente. Estos valores quedan representados de forma gráfica en las figuras 3 y 4.

Se puede observar que en el caso de las hembras, la evolución de los diferentes grupos madurativos no muestra ninguna pauta de diferenciación entre ellos. Realizándose un análisis de la varianza entre los 4 grupos madurativos y en los 5 años que ha durado el estudio, no hemos podido apreciar ninguna diferencia entre ellos en las niñas.

La evolución que siguen los varones es bastante distinta y muestra algunas peculiaridades de los grupos de ritmos madurativos; mientras que a los 11 y 12 años los valores que alcanzan estos 4 grupos de ritmos madurativos son muy similares, a partir de esta edad se aprecia ya un despegue de los ritmos más rápidos (1 y 2), observándose algunas diferencias ya a los 13 años aunque sin significación estadística. A la edad de los 14 años se observan ya diferencias importantes entre los distintos ritmos madurativos. Estas diferencias alcanzan entre el ritmo 1 y

..... **Resultados**

4 un valor de 16.4 segundos y la diferencia entre los distintos ritmos se muestra, en el análisis de la varianza, estadísticamente significativa.

A la edad de 15 años las diferencias entre el ritmo 1 y 4 se han reducido a 9.9 segundos, pero siguen siendo estadísticamente significativas entre los ritmos madurativos cuando se realiza un análisis de la varianza.

APARTADO 2 - Suspensión en barra

SUSPENSIÓN EN BARRA (seg)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y RITMOS MADURATIVOS

NIÑAS

TABLA 9

	10 AÑOS	11 AÑOS	12 AÑOS	13 AÑOS	14 AÑOS
RITMO 1	Med. 9.7	Med. 15.1	Med. 20.6	Med. 23.9	Med. 27.6
	DS. 8.1	DS. 14.1	DS. 18.3	DS. 19.6	DS. 17.7
	Nº 45	Nº 46	Nº 45	Nº 40	Nº 29
RITMO 2	Med. 13.2	Med. 19.5	Med. 19.9	Med. 25.5	Med. 26.8
	DS. 12.9	DS. 15.9	DS. 15.4	DS. 18.7	DS. 20.1
	Nº 64	Nº 64	Nº 64	Nº 58	Nº 47
RITMO 3	Med. 8.9	Med. 14.2	Med. 17.0	Med. 21.4	Med. 24.8
	DS. 7.0	DS. 11.3	DS. 14.7	DS. 15.9	DS. 18.0
	Nº 37	Nº 37	Nº 37	Nº 32	Nº 27
RITMO 4	Med. 12.0	Med. 16.6	Med. 16.9	Med. 19.8	Med. 23.1
	DS. 11.4	DS. 15.5	DS. 13.2	DS. 10.9	DS. 14.3
	Nº 18	Nº 18	Nº 18	Nº 17	Nº 17

SUSPENSIÓN EN BARRA (seg)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y RITMOS MADURATIVOS

NIÑOS

TABLA 10

	11 AÑOS	12 AÑOS	13 AÑOS	14 AÑOS	15 AÑOS
RITMO 1	Med. 18.9	Med. 26.5	Med. 36.6	Med. 43.0	Med. 43.5
	DS. 15.4	DS. 20.1	DS. 20.6	DS. 20.1	DS. 23.3
	Nº 43	Nº 43	Nº 43	Nº 39	Nº 29
RITMO 2	Med. 17.2	Med. 26.7	Med. 30.7	Med. 36.9	Med. 39.4
	DS. 12.9	DS. 19.9	DS. 19.6	DS. 22.7	DS. 24.8
	Nº 83	Nº 82	Nº 83	Nº 71	Nº 53
RITMO 3	Med. 17.9	Med. 26.0	Med. 27.5	Med. 34.9	Med. 36.9
	DS. 14.2	DS. 20.5	DS. 26.5	DS. 23.2	DS. 25.9
	Nº 85	Nº 85	Nº 83	Nº 72	Nº 51
RITMO 4	Med. 15.9	Med. 24.4	Med. 25.9	Med. 26.6	Med. 33.6
	DS. 14.4	DS. 18.2	DS. 23.2	DS. 19.3	DS. 19.1
	Nº 42	Nº 42	Nº 41	Nº 37	Nº 22

APARTADO 2 - Suspensión en barra

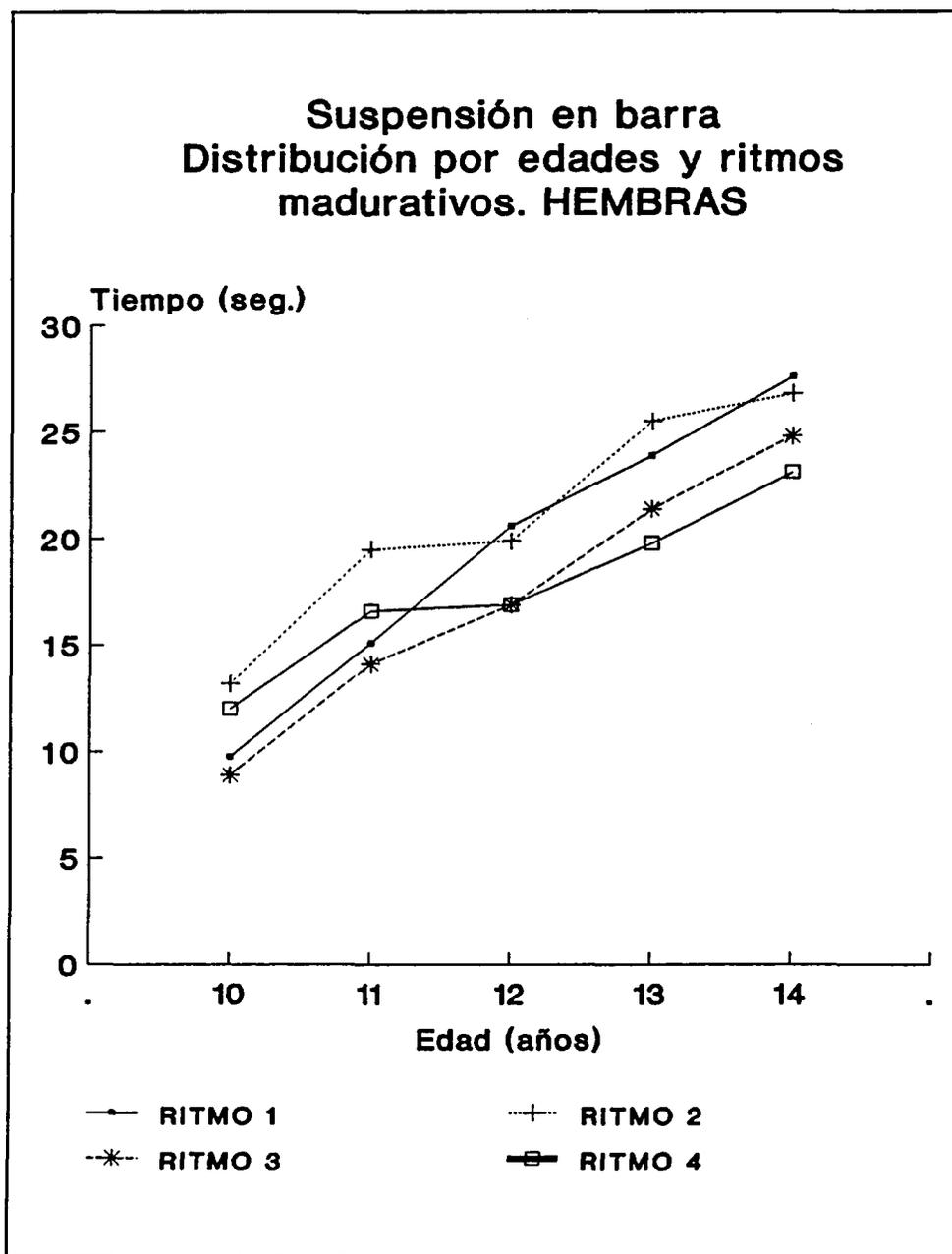


Fig. 3

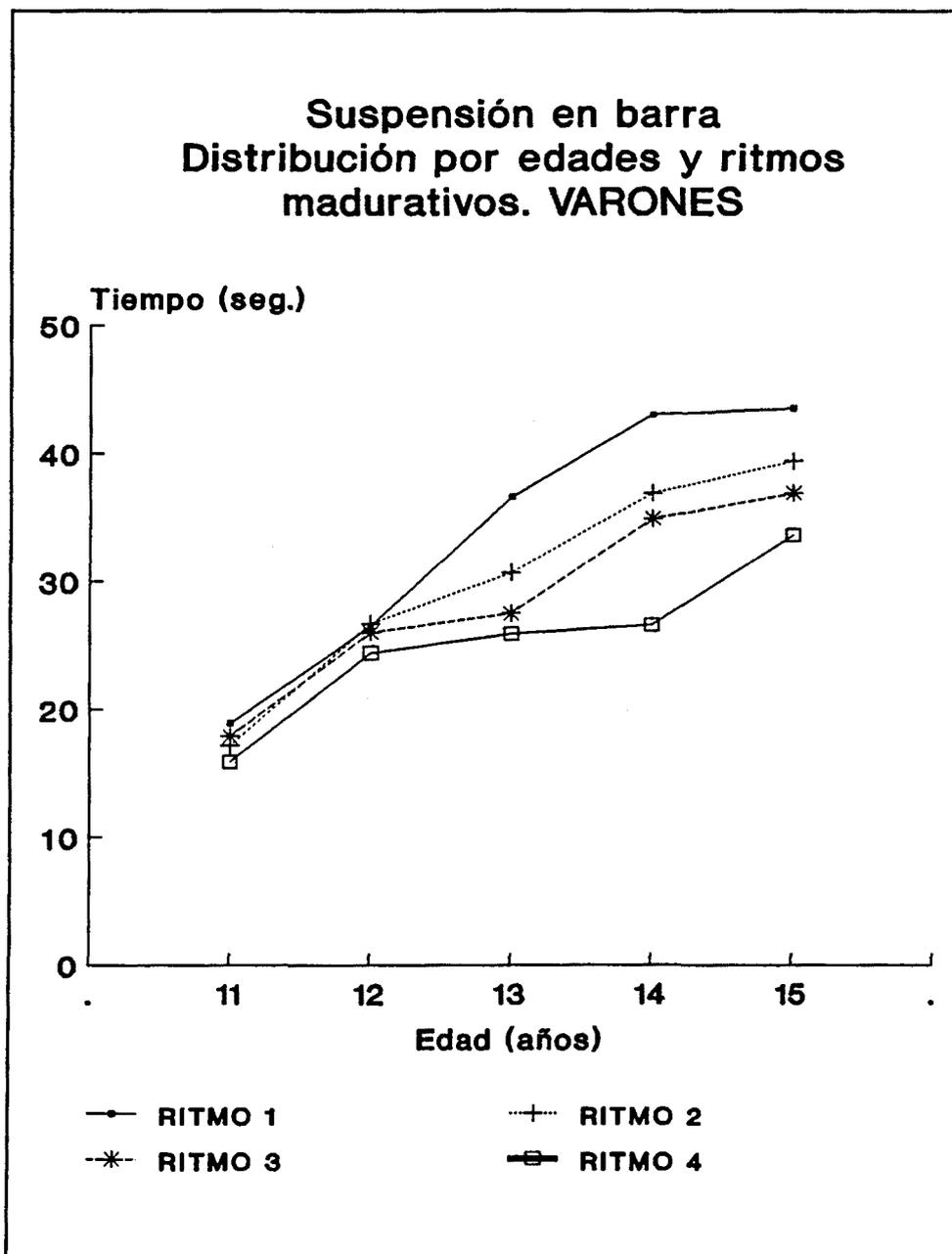


Fig. 4

APARTADO 2 - Suspensión en barra

1.6.- EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA EN LOS DISTINTOS GRUPOS DE NIVEL SOCIOECONÓMICO.

En las figuras 5 y 6 se muestran los valores medios de la prueba de suspensión de brazos en barra para los dos grupos de nivel socioeconómico, en hembras y varones respectivamente.

En las hembras, los grupos de nivel socioeconómico bajo muestran unos valores ligeramente superiores a los 10 y 11 años pero en ninguno de los casos son estadísticamente significativos.

A los 12, 13 y 14 años, el grupo de nivel socioeconómico más alto muestra valores superiores al de nivel socioeconómico más bajo, sin alcanzar tampoco una significación estadística.

En el caso de los varones, aparecen valores superiores en la prueba de suspensión de brazos en barra de los individuos con nivel socioeconómico más alto, desde los 11 a los 15 años.

Las diferencias que se muestran en los varones no son estadísticamente significativas en ningún grupo de edad excepto a los 14 años ($p < 0.05$).

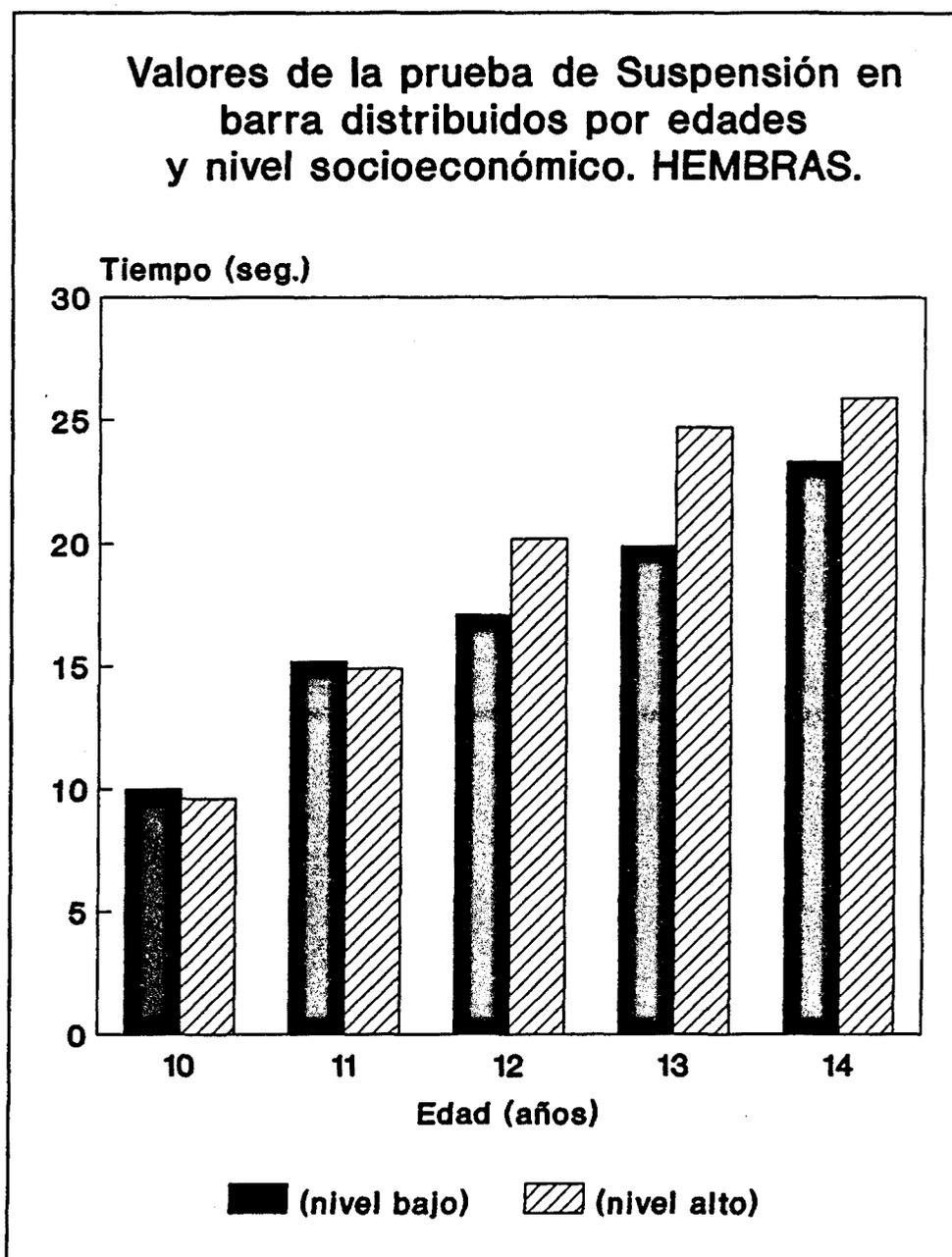


Fig. 5

APARTADO 2 - Suspensión en barra

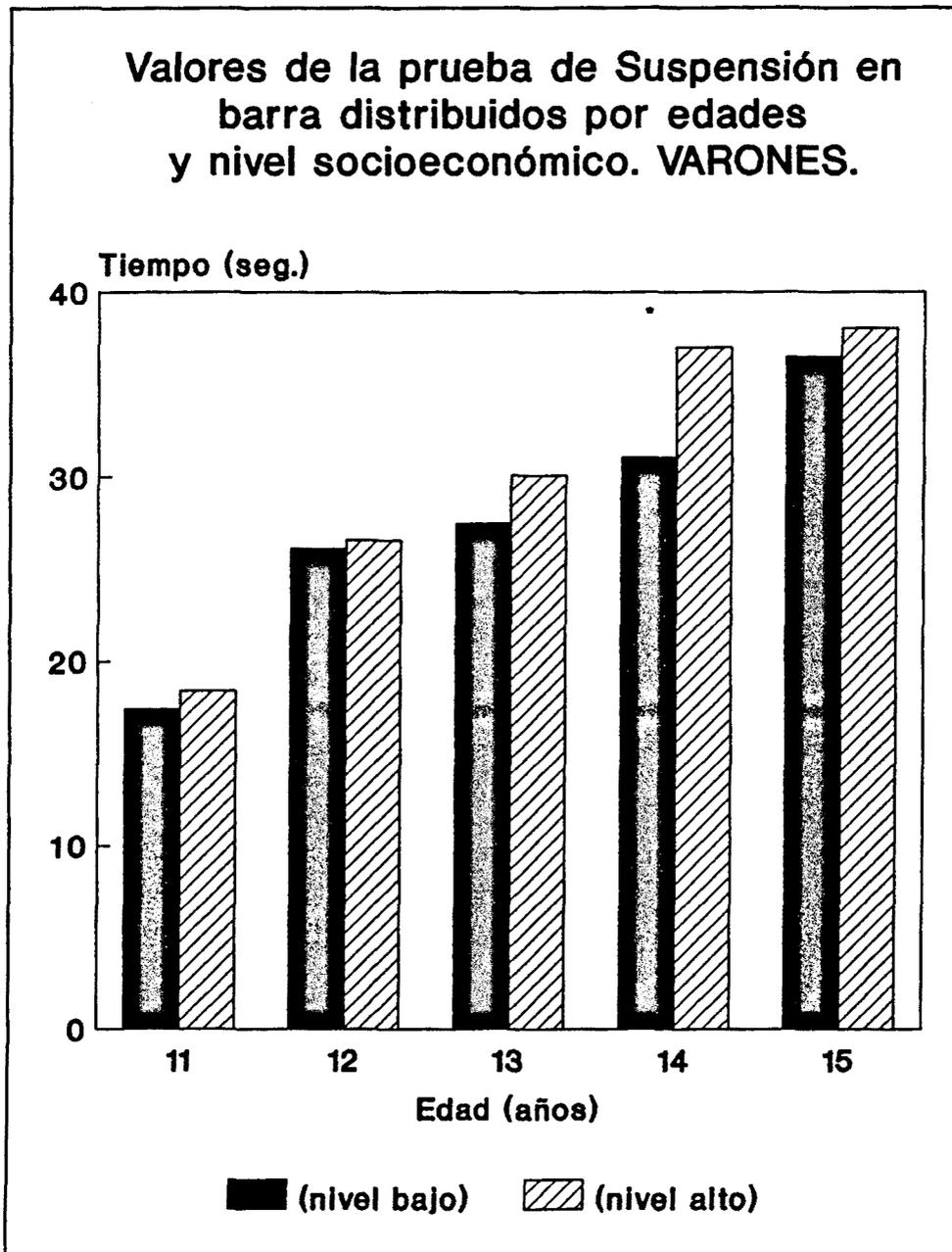


Fig. 6

APARTADO 2 - SUSPENSIÓN EN BARRA

2.- DISCUSIÓN

APARTADO 2 - Suspensión en barra

2.1.- METODOLOGÍA Y SIGNIFICADO DE LA PRUEBA

La prueba que analizamos en este apartado se denomina prueba de suspensión de brazos en barra, también llamada prueba de flexión de brazos (Prat J.A. 1988).

El significado de esta prueba responde a lo que se ha venido llamando fuerza funcional o fuerza-resistencia de los brazos (Beunen c. y cols. 1988) (Prat J.A. 1988) (Kemper H.C.G. 1985 (c)), y incluye además de la misma, otras pruebas como las de tirar con los brazos, o la de sentarse y levantarse repetidamente (Shephart R.J. 1982).

Desde otro punto de vista más descriptivo, podemos decir que la prueba de suspensión en barra es una prueba de fuerza estática, sin movimiento y antigravitatoria, que implica vencer la fuerza que ejerce nuestro propio cuerpo.

Otro dato a destacar sobre esta prueba es que, como ya han señalado algunos autores (Shephart R.J. 1982), se trata de una prueba cuya finalización es subjetiva, lo que implica que la motivación pueda jugar un papel importante en los resultados que se obtienen.

Por último, cabe señalar que tanto en nuestro estudio como en otros estudios realizados con poblaciones de similares características (Prat J.A. 1988), existe un cierto número de individuos que no son capaces de aguantar ni un solo segundo

..... *Discusión*

suspendidos en la barra, y que por tanto puntúan cero en la prueba.

Por todo ello, es perfectamente plausible que un individuo con mayor fuerza en sus brazos pueda obtener unos resultados inferiores en dicha prueba por el simple hecho de que su composición corporal es distinta, o porque tiene un nivel más bajo de motivación. Otro caso que tampoco se puede descartar es que dos individuos con diferente fuerza en los brazos, no sean capaces de realizar la prueba y por tanto, ésta no les discrimine en absoluto. Todo esto podría ser debido a que en principio, esta prueba se utilizó en grupos de deportistas en los que su mayor homogeneidad en la composición corporal, su alto grado de motivación y la ausencia de individuos que puntuasen cero en la prueba, la podrían hacer una prueba que midiese en realidad lo que se viene llamando fuerza-resistencia.

Metodológicamente, la prueba que hemos realizado nosotros tiene algunas diferencias con la de otros trabajos; la principal de ellas consiste en que la posición de flexión de brazos la conseguimos con los dedos hacia atrás, mientras que en otros trabajos se consigue con los dedos hacia delante. Esta diferencia, si bien nos hace perder comparabilidad con otros estudios, nos permite aumentar el número de individuos que obtienen valores superiores a cero

APARTADO 2 - Suspensión en barra

puesto que hemos observado que un mismo individuo realiza significativamente mejor la prueba con los dedos hacia atrás que hacia delante. Las diferencias observadas se pueden deber a que se utilizan grupos musculares distintos.

Otro aspecto metodológico a destacar en esta prueba es que en nuestro caso ha habido una estimulación constante de cada individuo, diciéndoles la marca del año anterior y los segundos que transcurrían durante la prueba.

2.2.- VALORES DE LA PRUEBA POR EDADES Y ESTADÍOS MADURATIVOS.

Los resultados obtenidos en este test nos muestran, tal y como apuntábamos anteriormente, que comparados con otros estudios de nuestro medio (Prat J.A. 1988), existe un menor porcentaje de individuos que no pueden aguantarse sobre la barra. A pesar de ello, el número es relativamente elevado, sobre todo en los primeros años de la pubertad y es mucho más evidente en las hembras en las que el porcentaje de ellas que no aguantan suspendidas en la barra supera el 10% a los 10 años. En nuestro trabajo hemos hallado un menor porcentaje de niñas que no aguantan sobre la barra que se sitúa de los 11 a los 14 años entre un 3 y un 10%.

..... *Discusión*

En el caso de los varones, el porcentaje de individuos que puntúan cero a los 11 años se sitúa por debajo del 10%, alcanzando ya proporciones inferiores al 3% a los 12 años. Este fenómeno hace que la prueba pueda tener un pequeño sesgo, puesto que la escala en la que se mide termina en el cero y no se pueden hacer gradaciones de este valor ni tampoco se pueden despreciar los individuos que alcanzan este valor puesto que tiene también su significado.

En las figuras 1 y 2 podemos apreciar que existen importantes diferencias entre ambos sexos respecto a los resultados de la prueba. Estas diferencias son poco importantes a la edad de 11 años (2.1 seg), aumentando a 8 y 7 segundos a los 12 y 13 años. Este hecho coincide con las diferencias que se establecen en otros trabajos a estas mismas edades y que oscilan, según el estudio, entre 6 y 8 segundos (Prat J.A. 1988) (Kemper H.C.G. 1985 (c)) (Bovend'eerd 1980). A los 14 años, las diferencias entre ambos sexos aumentan hasta situarse en 10 segundos. Lo mismo ocurre en el estudio de Prat, y en cambio, tanto en el trabajo de Kemper como en el de Bovend'eerd, las diferencias se mantienen iguales y experimentan un aumento un año más tarde. Ello puede deberse a diferencias de grupo dada la coincidencia con el trabajo de Prat que se ha realizado

APARTADO 2 - Suspensión en barra

sobre una población muy similar a la nuestra.

Se ha observado que las diferencias existentes entre ambos sexos sobre la fuerza de las extremidades, es mucho más marcada en las extremidades superiores que en las inferiores (Asmunssen E. y cols. 1962). La razón de este fenómeno no es bien conocida pero en el caso de las diferencias que se establecen en la prueba de suspensión de brazos podría deberse a un conjunto de circunstancias: en primer lugar, las diferencias fisiológicas provocadas por el aumento androgénico del varón durante la pubertad y en segundo lugar, por un diferente grado de motivación para la realización de este tipo de pruebas.

Algunos autores han encontrado que los valores de la prueba en el varón son ya mucho mayores en etapas prepuberales, lo que refuerza la idea de que el factor motivación puede estar jugando un papel muy importante (Shephart R.J. 1982).

Si comparamos los resultados de los percentiles de ambos sexos expresados en las figuras 1 y 2 con los obtenidos en otro estudio que analizaba también un grupo de población escolar catalana (Prat J.A. 1988), podemos apreciar que existen diferencias importantes en cuanto a los resultados de ambos estudios.

Las diferencias que se observan entre nuestro trabajo y el de Prat se producen principalmente en los últimos años del

..... *Discusión*

estudio, aunque se muestran ya desde el primer año de trabajo.

En las niñas de 10 años, el percentil 50 se halla en 9 segundos mientras que en el de Prat se sitúa en los 6.3 segundos. A esta edad, tanto en nuestro estudio como en el de Prat, encontramos a más de un 10% de las hembras con valores cero de la prueba y en cuanto a los percentiles superiores, el percentil 90 de nuestro trabajo se sitúa en 24 segundos mientras que en el estudio de Prat se sitúa en 17.3 segundos.

Estas diferencias de resultados entre nuestro estudio y el de Prat a los 10 años, se convierten a los 14 años en grandes diferencias que sitúan, por ejemplo, a nuestro percentil 97 sobre los 65 segundos mientras que el percentil 99 del estudio de Prat (Prat J.A. 1988) no llega a los 35 segundos. Un fenómeno parecido se produce en los varones en los que se aprecian incluso menores diferencias entre nuestros resultados y los del estudio de Prat a la edad de 11 años, pasando a diferenciarse en los años siguientes y haciendo que nuestro estudio muestre a los 15 años unos valores muy superiores en todos los percentiles.

La razón del establecimiento de estas discrepancias en los resultados de ambos trabajos la podemos encontrar en la diferencia entre los modelos de ambos estudios. Mientras

APARTADO 2 - Suspensión en barra

que nosotros hemos utilizado un modelo longitudinal, el estudio de Prat (Prat J.A. 1988) ha utilizado un modelo transversal. El hecho de medir siempre a los mismos individuos cada año ha hecho que nosotros nos hayamos podido servir de la medida alcanzada el año anterior, para así motivar a aguantar más en la barra; quizás por esto las diferencias que se establecen en el primer año del estudio no son muy importantes y se deben probablemente a la diferente colocación de las manos en la barra. A partir de entonces las diferencias van aumentando a medida que avanza el estudio, tanto en varones como en hembras. Este hecho se contradice con las conclusiones halladas por Kemper (Kemper H.C.G. 1985 (c)) al comparar su estudio longitudinal con otro transversal (Bovend'eerd 1980), en las que observa una influencia negativa del estudio longitudinal que él atribuía a una pérdida de motivación a lo largo del tiempo. Esto podría explicarse por el hecho de que en el estudio de Kemper no se informaba de la medida previa alcanzada.

En nuestro trabajo, además del simple hecho de decirles la marca alcanzada en los años anteriores, se ha ejercido una labor de estimulación constante a lo largo de toda la prueba, persuadiendo a cada individuo de que tenía que aguantar hasta el límite de sus fuerzas, lo que estamos convencidos ha hecho aumentar mucho los resultados de la

..... *Discusión*

prueba.

Si comparamos nuestros resultados medios por edades (Tablas 1 y 2), con los obtenidos por otros estudios internacionales, observamos que, mientras en nuestro estudio los resultados de los varones son inferiores a los obtenidos por un estudio realizado en Canadá (Hayden y Yuhasz 1965). En el caso de las hembras, comparadas con el mismo estudio, nuestros individuos obtienen mejores resultados desde los 11 a los 14 años, período en el que en nuestro trabajo se produce un aumento año a año, mientras que en el estudio de Hayden y Yuhasz se produce un descenso que va desde los 17 segundos a los 10 años, hasta los 12 segundos a los 12 años. Este fenómeno de descenso del tiempo de suspensión de brazos en las niñas no lo hemos encontrado en otros estudios (AAHPER 1976) (AAHPER 1965) (Ruskin 1978), si bien en éstos tampoco se produce un incremento claro. Tanto si comparamos los resultados de las hembras con los estudios anteriormente citados como con el de Kemper (Kemper H.C.G. 1985 (c)) o el de Bovend'eerd (Bovend'eerd 1980), encontramos que nuestro grupo obtiene valores superiores debidos probablemente a que, en la evolución de esta prueba con el tiempo nuestro estudio muestra incrementos significativos (tabla 1), mientras que los demás o se mantienen o descienden. En el caso de los varones, si comparamos nuestros resultados

APARTADO 2 - Suspensión en barra

con los obtenidos por Kemper (Kemper H.C.G. 1985 (c)) o con los de Bovend'eerd (Bovend'eerd 1980), observamos que, al igual que en las hembras, nuestros resultados se muestran superiores. En ello han podido influir las diferencias metodológicas señaladas anteriormente y que se basan en la posición de las manos sobre la barra y la mayor estimulación de los ejecutantes de la prueba en nuestro estudio

La maduración puberal parece tener una influencia en los varones de 12, 13 y 14 años (ver tabla 2), que son precisamente los años en los que se producen los mayores incrementos en esta prueba.

A diferencia de nuestro trabajo, algunos estudios han encontrado, en las niñas, asociaciones negativas entre la maduración, medida a través de la edad ósea, y los resultados del test; esto se ha observado principalmente a la edad de 10 años (Beunen G. y cols. 1988), perdiéndose dicha asociación en edades superiores (Beunen G. y cols. 1976).

En el caso de los niños, se ha encontrado una asociación positiva con la maduración, valorada mediante la edad ósea, que se establece en las etapas de maduración más avanzadas (Kemper H.C.G. 1985 (c)), lo que podría coincidir con el hecho de que en nuestro trabajo, las mayores diferencias las encontremos entre los estadios madurativos G4 y G5.

..... *Discusión*

La explicación de este fenómeno la encontraríamos en la propia fisiología de la maduración puberal, en la que se produce un incremento de la masa muscular de los varones en una fase puberal más tardía (Hernandez M. 1983), que se extiende desde los 12 hasta los 17 años en una fase de aceleración progresiva, pero que se puede prolongar hasta los 22 años en una fase de desaceleración (Marshall W. 1978). Esta puede ser la causa de que en estudios más largos como el de Kemper 1985 (c) se encuentren incrementos en los resultados de la prueba hasta el último año que se valoró (17 años).

2.3.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LAS VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS, DE COMPOSICIÓN CORPORAL Y PSICOLÓGICAS.

Analizando las correlaciones obtenidas entre la prueba de suspensión en barra y las variables antropométricas, observamos que no existe ninguna significación estadística con la talla. Esto ocurre así puesto que en nuestro caso las correlaciones se han realizado fijando la edad, mientras que cuando las realizamos con individuos de diferentes edades, encontramos una clara asociación con la talla (Kemper H.C.G.

APARTADO 2 - Suspensión en barra

1981) debida sin duda a la mayor expresión del componente madurativo que comporta, que de otra forma no es suficiente para mostrar una asociación. Otros estudios que analizan esta relación fijando la edad, no encuentran ninguna asociación con la talla ni en niños ni en niñas desde los 12 a los 16 años (Van Mechelen W. y cols. 1990).

En el caso del peso, la situación cambia por completo y aparecen coeficientes de correlación significativos y negativos en casi todas las edades y en ambos sexos; lo mismo ocurre en otros trabajos que han estudiado dicha relación (Van Mechelen W. y cols. 1990).

La causa de estos elevados índices de correlación negativos con el peso puede deberse al hecho de que se trate de una actividad antigravitatoria, que tal y como han observado algunos autores (Beunen G. 1984) (Malina R.M. 1975), tiene una relación inversa con el peso corporal. Esto se debe principalmente a que al aumentar el peso, debe de aumentar la fuerza necesaria para sostenerse y, aunque al aumentar el peso, aumenta por lo general la fuerza, ello dependerá principalmente de la composición corporal que se establezca. Si el aumento de peso se establece principalmente a partir del componente graso, el equilibrio entre fuerza muscular y peso corporal se desequilibrará hacia el peso, mientras que si es al revés, el aumento de peso podrá equilibrarse por un

..... *Discusión*

incremento de masa muscular que aumentaría la fuerza. Todo ello se corresponde con el hecho de que los índices de correlación hallados con el porcentaje de grasa, son siempre superiores a los que se establecen con el peso.

El hecho de que aparezca alguna correlación negativa con el área muscular del brazo, creemos que se debe a que existe también una relación entre el área muscular del brazo y la grasa corporal, lo que explica que en el análisis de regresión múltiple de los varones, una vez ya ha aparecido el % de masa grasa como variable explicadora de la variabilidad de la prueba, aparezca el área muscular del brazo pero esta vez con signo positivo.

Las correlaciones que se establecen con las variables psicológicas se centran principalmente en el área del desarrollo cognoscitivo y de inteligencia, si bien los niveles de asociación son bajos y de difícil explicación. Cuando realizamos el análisis de regresión múltiple, encontramos, como cabría esperar, que tanto en los varones como en las hembras, la variable con mayor peso específico dentro de la prueba es el % de grasa corporal y a bastante distancia un test cognitivo. En el caso de los varones aparece también la maduración puberal. Con ellos llegamos a niveles de explicación de la variabilidad de la prueba relativamente altos (32.8% en varones, 20.8% en hembras).

APARTADO 2 - Suspensión en barra

**2.4.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LOS RITMOS
MADURATIVOS**

En el caso de las hembras, parece que no se establecen diferencias entre la evolución de la prueba de suspensión de brazos en barra y el ritmo madurativo.

En los varones aparecen diferencias a partir de los 13 años y se mantienen aún a los 15.

Este fenómeno concuerda con los que afirman que los individuos que maduran antes tienen ventajas en la fuerza muscular (Jones H.E. y cols. 1949). Este hecho se pudo estudiar tanto en varones como hembras, observándose que los individuos con un ritmo de maduración más rápido, mantienen resultados mejores desde los 11 a los 17 años en los varones y desde los 11 a los 13 en las hembras. Otros estudios más recientes que han utilizado la valoración de los caracteres sexuales secundarios en varones, concluyen también que tales diferencias se observan entre los 11 y los 17 años. El hecho de que nosotros hayamos encontrado diferencias sólo en varones y que se manifiestan sólo a partir de los 13 años, podría deberse a que en los otros estudios no intervenía el peso del individuo dentro de la prueba.

..... *Discusión*

2.5.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON EL NIVEL SOCIOECONÓMICO.

El análisis de la influencia del nivel socioeconómico sobre esta prueba, nos muestra la poca o nula influencia del mismo sobre las hembras.

En el caso de los varones parece haber una tendencia que se expresa por una significación a los 14 años y que asociaría unos mejores resultados de la prueba con un nivel socioeconómico mayor.

La explicación de este fenómeno es difícil y no hemos encontrado tampoco estudios en la literatura que analicen este efecto en esta prueba. En todo caso, si existe alguna diferencia en la prueba, ésta es muy débil y influye poco sobre los resultados.

APARTADO 2 - SUSPENSIÓN EN BARRA

3.- CONCLUSIONES

..... **Conclusiones**

CONCLUSIONES

- 1.- Los cambios observados en relación a la edad muestran una progresión significativa tanto en el varón como en la mujer. A los 11 años los valores medios son muy semejantes, pero a los 14 años el valor medio en los niños es 10 segundos superior al de las niñas. Un número significativo de niños y de niñas no son capaces de realizar el test.

- 2.- La maduración puberal no discrimina significativamente los resultados de las niñas a ninguna edad.

- 3.- La maduración puberal discrimina significativamente a los niños a los 12, 13 y 14 años.

APARTADO 2 - Suspensión en barra

4.- Los análisis de correlación nos muestran relaciones altamente significativas de los resultados del test con el peso y con uno de los componentes del peso como es el porcentaje de masa grasa. Esto es así tanto en los varones como en las hembras. En ambos sexos la correlación con la masa muscular es más débil.

5.- El análisis de regresión múltiple nos muestra a una variable de composición corporal (porcentaje de grasa corporal), como la gran explicadora de los resultados del test, tanto en niños como en niñas.

6.- Aunque de forma débil, en este test encontramos diferencias significativas entre los resultados de los dos grupos socioeconómicos.

..... **Conclusiones**

7.- Si analizamos los resultados de los distintos grupos según el ritmo puberal, observamos que a pesar de que el análisis global de la muestra nos ha puesto de manifiesto la gran importancia del porcentaje de masa grasa en relación con los resultados, en los niños el ritmo puberal pone de manifiesto diferencias significativas a los 14 y 15 años, siendo mejores los resultados de aquellos que son más maduros. En las niñas no se observan tales diferencias.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

APARTADO 3 - SALTO VERTICAL

1.- RESULTADOS

APARTADO 3 - Salto vertical

1.1.- RESULTADOS DE LA PRUEBA DEL SALTO VERTICAL. DISTRIBUCIONES POR EDAD, SEXO Y NIVEL MADURATIVO

A continuación, presentamos las curvas de normalidad obtenidas en la prueba del salto vertical. En ellas se muestra, para cada sexo y en forma de percentiles, la evolución de dicha prueba con la edad (fig. 1 y fig. 2). Se observa, que existe un distinto comportamiento entre ambos sexos y cabe resaltar que en los varones, existen unos valores superiores y una mayor pendiente de la curva, así como una mayor dispersión en la distribución, en comparación a las hembras.

En la figura 3, se muestran los valores de las medias y errores estándar de los resultados de nuestro trabajo y del realizado por Kemper (Kemper H.C.G. 1985 (c)). En esta figura, se observa que nuestra población tiene unos valores inferiores en cada grupo de edades tanto en niños como en niñas.

Por último, en la tabla 1 y en la tabla 2 se presentan las medias y desviaciones estándar de esta prueba, distribuidos por edades y por estadios puberales. En estas tablas se presenta además, el análisis de la varianza entre los grupos de edades globales y también entre los distintos estadios

..... **Resultados**

puberales, dentro de cada grupo de edad. Estos resultados muestran que, tanto en los varones como en las hembras, existen unas diferencias estadísticamente significativas entre los distintos grupos de edad.

En los varones, los mayores aumentos respecto a la edad se producen entre los 13 y 14 años. En este período se produce un aumento medio de la altura del salto de 8.4 cm., frente a los 3.4 que se producen entre los 14 y 15 años.

En las hembras, el incremento medio que se produce entre los 13 y 14 años, es de tan solo 0.4 cm., mientras que entre los 12 y 13 años es de 5.1 cm.

En cuanto a las diferencias entre los saltos que realizan individuos de distinto estadio puberal fijada la edad, tan solo existe significación en los varones, y se mantiene de los 13 a los 15 años. A los 13 años, la media de los saltos de los individuos que están en estadio 1 y 2 es de 29.6 cm, mientras que los individuos que tienen estadio puberal 5, saltan de media 35.4 cm. Las mayores diferencias las encontramos entre los varones de estadio 1 y 5, a la edad de 14 años. Entre ellos, se establecen unas diferencias medias en el salto de 12 cm de altura. En el grupo de las hembras, sin embargo, no se observan en ningún grupo de edad diferencias estadísticamente significativas entre el salto de los individuos con distintos estadios puberales.

APARTADO 3 - Salto vertical

EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA CON LA EDAD. NIÑAS

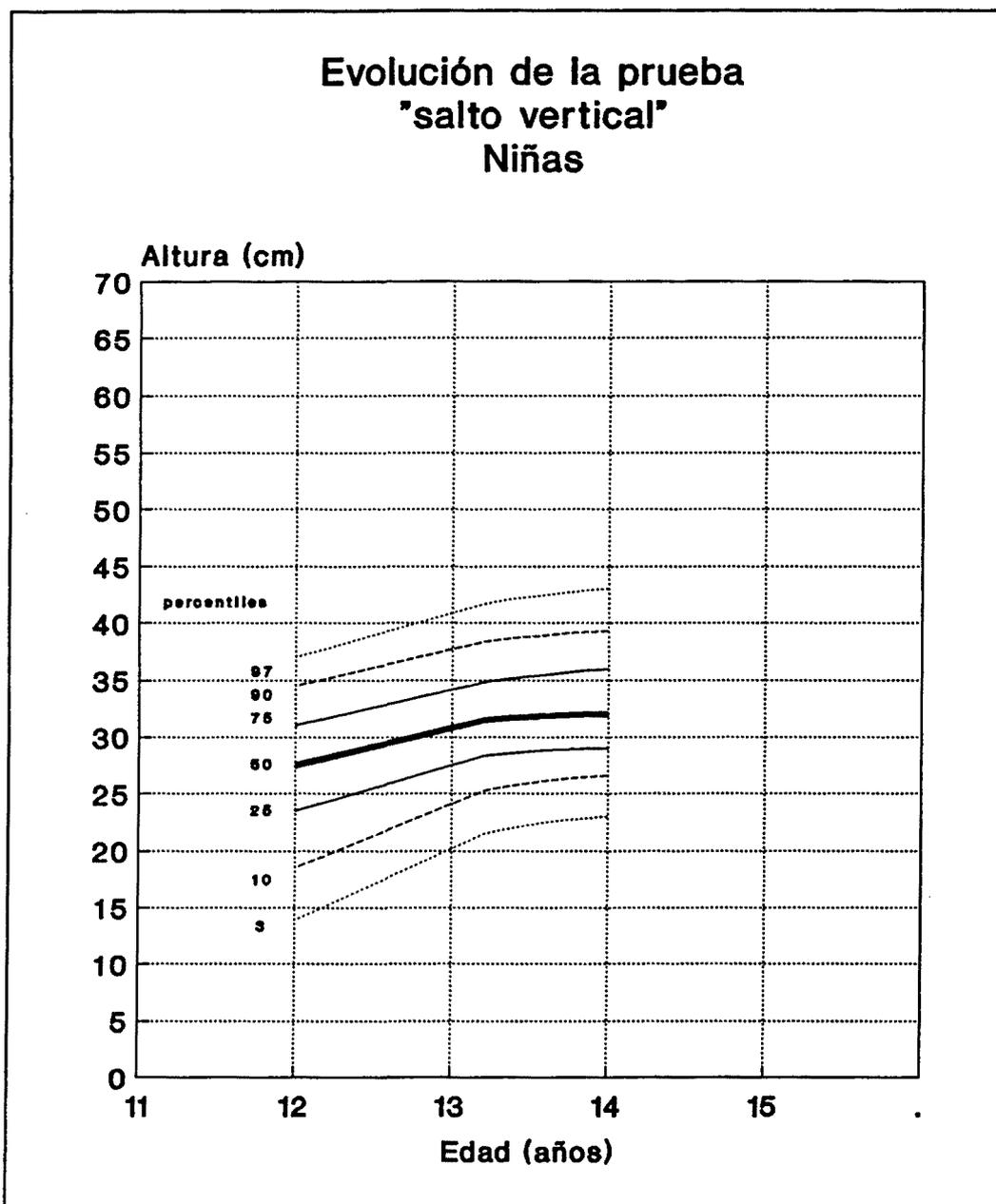


Fig. 1

EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA CON LA EDAD. NIÑOS

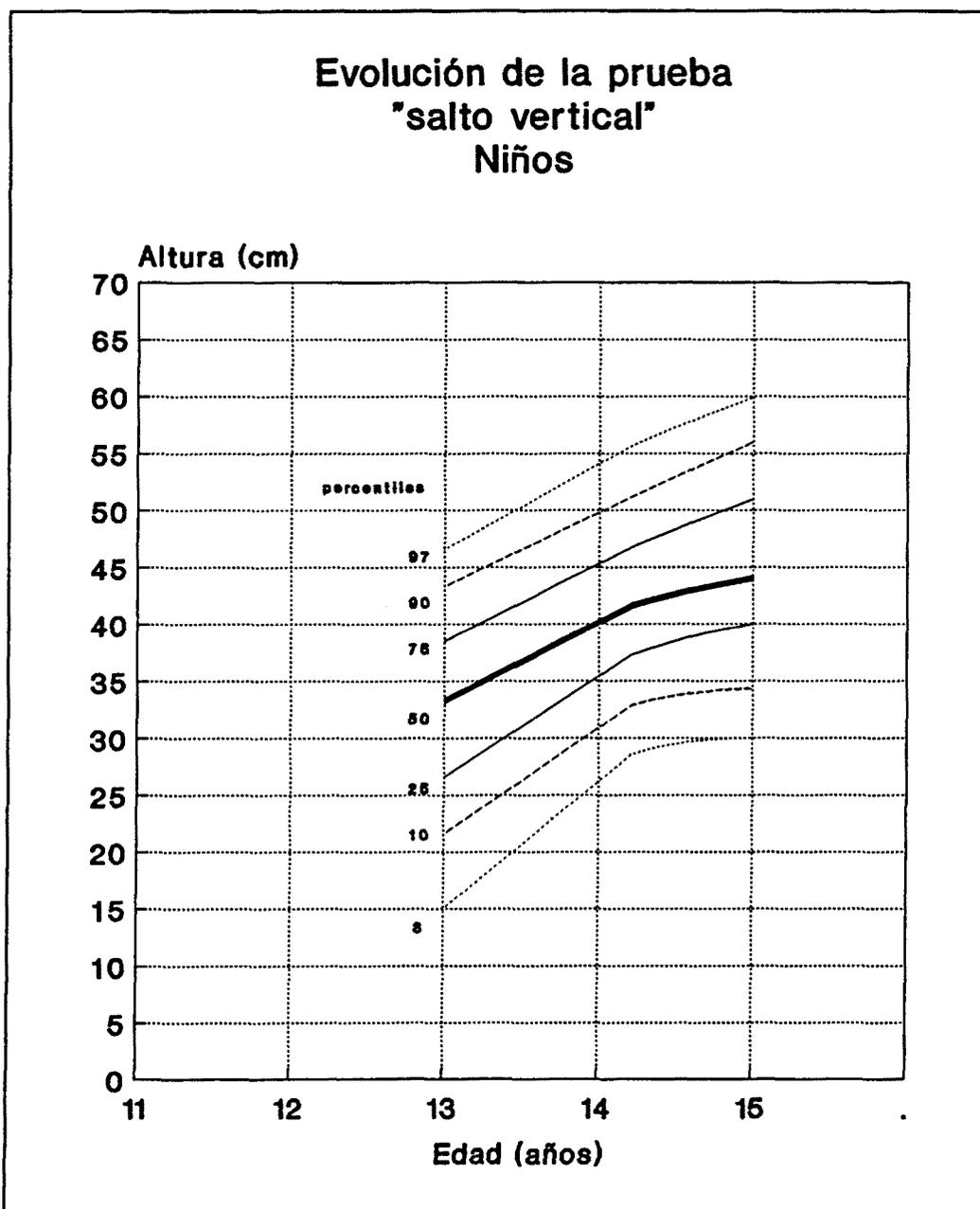


Fig. 2

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS

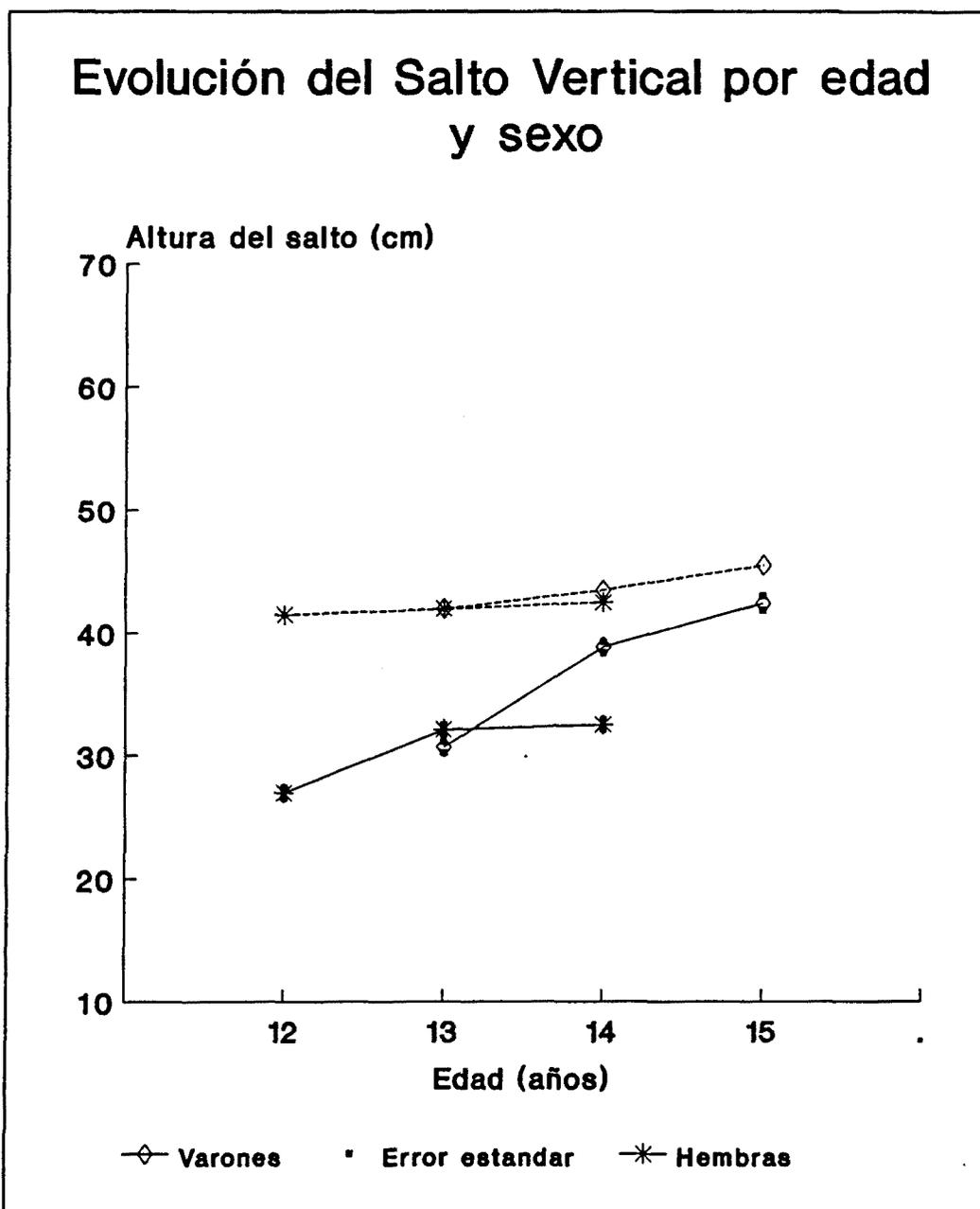


Fig. 3

En línea discontinua aparecen los resultados obtenidos por Kemper (1985) (c)

APARTADO 3 - Salto vertical

SALTO VERTICAL (Cm)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y ESTADÍOS PUBERALES (TANNER)

NIÑAS

TABLA 1

EDAD	12			13			14		
EST. PUB.	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>
TOTAL	27.0	5.8	205	32.1	4.8	191	32.5	5.0	161
S1	25.3	6.3	17	27.6	5.3	6	---	---	---
S2	25.1	5.5	34	30.4	4.9	28	31.3	5.9	11
S3	27.8	6.1	67	32.6	5.6	52	31.8	5.4	28
S4	27.6	6.2	52	32.6	4.0	56	32.2	5.1	58
S5	27.4	4.5	35	32.5	4.5	49	33.4	4.4	64
Prob. (p)	n.s.	---	---	n.s.	---	---	n.s.	---	---

Análisis de la varianza entre los grupos de edad $p < 0.001$

..... **Resultados**

SALTO VERTICAL (Cm)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y ESTADÍOS PUBERALES (TANNER)

NIÑOS

TABLA 2

EDAD	13			14			15		
EST. PUB.	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>
TOTAL	30.7	7.5	285	39.1	6.8	246	42.5	7.9	170
G1	29.6	7.3	35	32.3	5.6	11	---	---	---
G2	29.6	6.4	114	34.8	5.4	52	36.4	4.3	16
G3	30.4	8.0	91	38.7	6.2	77	38.0	6.9	22
G4	35.4	7.7	41	41.3	6.4	80	43.1	7.3	58
G5	---	---	---	44.7	4.9	26	44.7	8.1	74
Prob. (p)	< .001	---	---	< .001	---	---	< .005	---	---

Análisis de la varianza entre los grupos de edad $p < 0.001$

APARTADO 3 - Salto vertical

**1.2.- RELACIÓN CON LAS VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS Y
DE COMPOSICIÓN CORPORAL.**

A continuación, se presentan las tablas de correlaciones entre el salto vertical y las distintas variables antropométricas y de composición corporal (Tablas 3 y 4).

El primer dato que podemos observar, es que existen más correlaciones significativas en los niños que en las niñas, y que las "r" significativas son también mayores en los niños.

Otro dato que merece señalarse, es que la edad en la que se producen mayores correlaciones significativas y en la que las asociaciones son más fuertes, es la de los 13 años en las niñas y sobre todo la de los 14 años en los niños.

Tanto en los niños como en las niñas, las correlaciones que se mantienen constantes en todos los grupos de edad y que reflejan además mayor nivel de asociación, son las que se establecen, de forma negativa, con los parámetros que valoran la grasa corporal (porcentaje de grasa y área grasa del brazo).

Por otra parte, el área muscular del brazo, tan solo se relaciona con el salto en los varones a los 14 y 15 años de edad y lo hace de forma positiva.

La talla, se relaciona con el salto en los niños, en todos

..... **Resultados**

los grupos de edad, pero con más fuerza a los 14 años. En las niñas esta relación se produce de forma débil sólo a la edad de 13 años.

En la figura 4 se muestra, sobre la misma gráfica, la evolución de la talla y del salto en ambos sexos, observándose un paralelismo entre ambas determinaciones dentro del mismo sexo.

Parámetros madurativos como el índice de volumen testicular en los niños, se relacionan de forma positiva con el salto en todos los grupos de edad, pero sobre todo a la edad de 14 años.

APARTADO 3 - Salto vertical

SALTO VERTICAL (cm)

RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES OBTENIDAS CON LAS VARIABLES

ANTROPOMÉTRICAS. DISTRIBUCIÓN POR EDADES

NIÑAS

TABLA 3

VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS	12 años	13 años	14 años
Peso	--	--	--
Talla	--	.18 *	--
‡ masa grasa	-.23**	-.28**	-.24**
Área Brazo	--	--	--
A. Musc. Brazo	--	--	--
A. Grasa Brazo	-.21**	-.21**	-.21**

p < 0.005 **

0.005 < p < 0.05 *

SALTO VERTICAL (cm)

RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES OBTENIDAS CON LAS VARIABLES

ANTROPOMÉTRICAS DISTRIBUCIÓN. POR EDADES

NIÑOS

TABLA 4

VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS	13 años	14 años	15 años
Peso	--	--	--
Talla	.15*	.34**	.29**
Indice de volumen testicular	.15*	.41**	.24**
‡ masa grasa	-.36**	-.43**	-.34**
Área Brazo	-.20**	-.15*	--
A. Musc. Brazo	--	.25**	.23**
A. Grasa Brazo	-.36**	-.40**	-.31**

p < 0.005 **

0.005 < p < 0.05 *

APARTADO 3 - Salto vertical

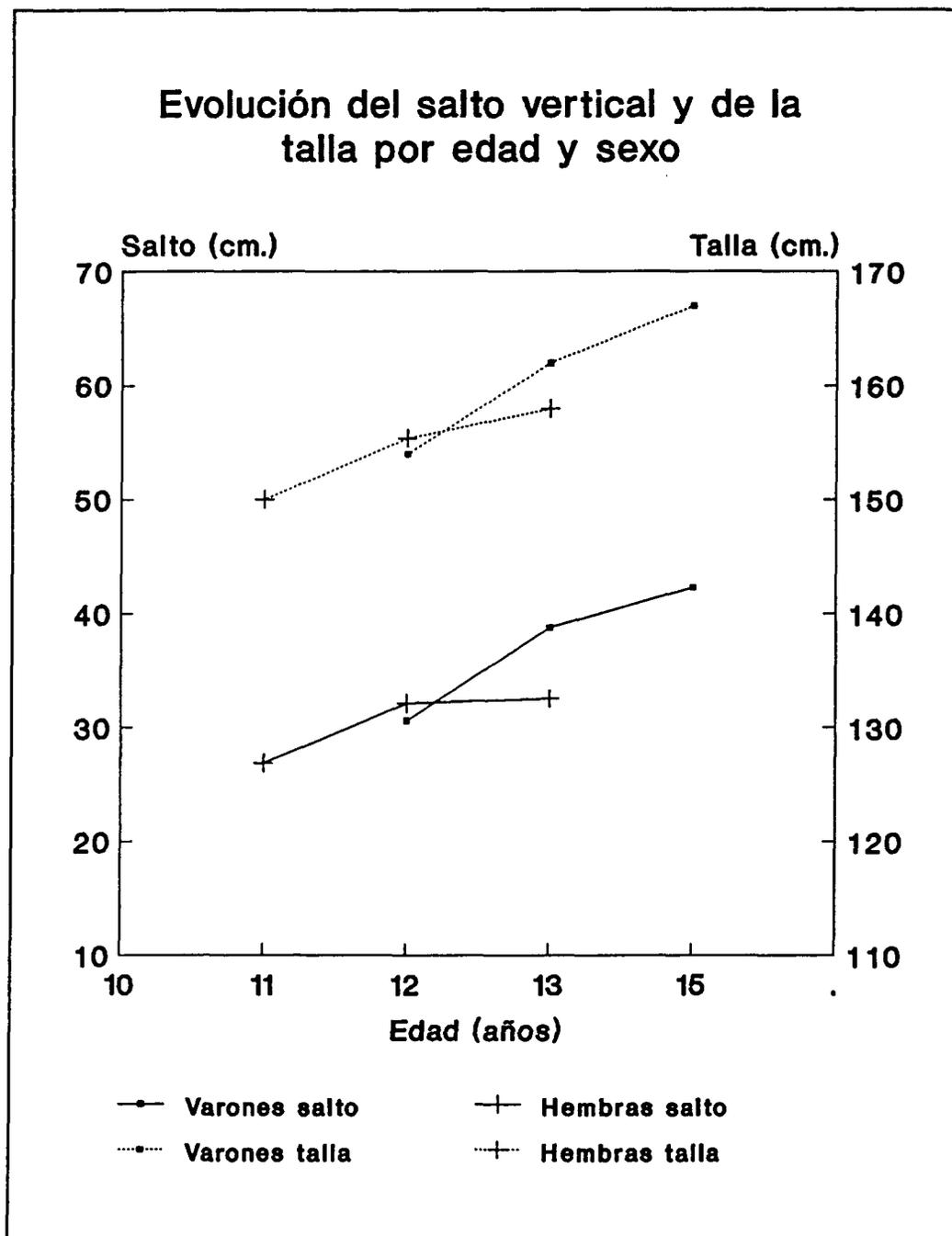


Fig. 4

..... **Resultados**

1.3.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LAS VARIABLES PSICOLÓGICAS.

En las tablas 5 y 6 se muestran las correlaciones entre las variables psicológicas y el salto vertical.

Al igual que como ocurría en el apartado anterior, se establece un mayor número de correlaciones en los niños que en niñas, y las de los niños son en general más potentes.

Los grupos de edades en los que las correlaciones son más potentes son los de 13 años en las niñas y la de 14 años en los niños.

Queremos señalar que las mayores asociaciones con el salto vertical, se establecen con los test de inteligencia, desarrollo cognoscitivo y el test de atención. Estas asociaciones se producen de forma constante en los varones, en todas las edades, mientras que en las hembras se producen principalmente a los 13 y 14 años y son más débiles.

Existen otras asociaciones significativas con los niveles de ansiedad, aunque aparecen de forma mucho más inconstante y con niveles de asociación menores.

APARTADO 3 - Salto vertical

SALTO VERTICAL (cm)

RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES OBTENIDAS CON LAS VARIABLES

PSICOLÓGICAS. DISTRIBUCIÓN POR EDADES

NIÑAS

TABLA 5

VARIABLES PSICOLÓGICAS	12 años	13 años	14 años
Test de atención (Caras)	--	.23**	.23**
Aptitud verbal (TEA.V)	--	.24**	
Aptitud razonamiento (TEA.R)	.12 *	.17 *	
Aptitud cálculo (TEA.C)	--	.25**	
Inteligencia (Raven)			.28**

p < 0.005 **

0.005 < p < 0.05 *

..... **Resultados**

SALTO VERTICAL (cm)

RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES OBTENIDAS CON LAS VARIABLES

PSICOLÓGICAS. DISTRIBUCIÓN POR EDADES

NIÑOS

TABLA 6

VARIABLES PSICOLÓGICAS	13 años	14 años	15 años
Test de atención (Caras)	.27**	.29**	.32**
Aptitud verbal (TEA.V)	.24**	.24**	
Aptitud razonamiento (TEA.R)	.21**	.25**	
Aptitud cálculo (TEA.C)	.25**	.25**	
Inteligencia (Raven)			.28**

p < 0.005 **

0.005 < p < 0.05 *

APARTADO 3 - Salto vertical

1.4.- ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE.

En las tablas 7 y 8, se muestran los resultados de la regresión múltiple realizada tomando como variable dependiente el salto vertical y como independientes, todas las variables antropométricas, de composición corporal psicológicas y madurativas incluidas en el estudio.

En los resultados del análisis, se aprecia que en las niñas existen 3 variables que participan en la ecuación predictiva:

La primera variable que aparece es el porcentaje de grasa corporal con una R múltiple negativa de 0.31.

En segundo lugar, aparece un test de desarrollo cognoscitivo (TEA cálculo), aumentando la R múltiple hasta 0.40.

Por último el peso que sitúa la predicción de la variabilidad en una R² del 24.1%.

En el caso de los niños, la primera variable que aparece en la ecuación es una variable de tipo madurativo: el estadio de Tanner. Con esta variable se alcanza una R de 0.44.

En segundo lugar aparece, al igual que ocurre en las niñas, el porcentaje de grasa corporal, incrementando la R múltiple hasta 0.53. Por último aparece un test psicológico (Test de

..... **Resultados**

atención (caras)), el cual aumenta la R múltiple hasta 0.60.
Con ello se consigue un nivel de predicción de la
variabilidad (R²) del 35.3 %.

APARTADO 3 - Salto vertical

SALTO VERTICAL

RESULTADOS DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE (método Stepwise)

NIÑAS 13 AÑOS

TABLA 7

VARIABLES INDEPENDIENTES	M.R.	B	BETA	BETA 2
% DE MASA GRASA	.31	- .59	- .50	25
TEA CALCULO	.40	1.14	.23	5.3
PESO	.46	.18	.29	8.7
CONSTANTE : 36.6 ES : 4.45 R2 x 100 : 21.1				

MR: Coeficiente de correlación múltiple
 R2 X 100: % de explicación total de la variabilidad
 ES: Error estándar
 B: Coeficiente de regresión
 BETA: Coeficiente de Regresión estandarizado
 BETA2: % de contribución directa de la variable

FÓRMULA PREDICTIVA

SALTO VERTICAL = 36.6 - 0.59 (% de masa grasa) + 1.14 (TEA cálculo) + 0.18 (peso)

SALTO VERTICAL

RESULTADOS DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE (método Stepwise)

NIÑOS 14 AÑOS

TABLA 8

VARIABLES INDEPENDIENTES	M.R.	B	BETA	BETA 2
ESTADÍOS DE TANNER	.44	2.3	.36	13
% DE MASA GRASA	.53	-.33	-.28	8
ATENCIÓN (CARAS)	.60	.19	.26	6.7
CONSTANTE : 28.18 ES : 5.4 R2 x 100 : 35.3				

MR: Coeficiente de correlación múltiple
 R2 X 100: % de explicación total de la variabilidad
 ES: Error estándar
 B: Coeficiente de regresión
 BETA: Coeficiente de Regresión estandarizado
 BETA2: % de contribución directa de la variable

FÓRMULA PREDICTIVA

SALTO VERTICAL = 28.18 + 2.37 (Estadio de Tanner) - 0.33 (% de masa grasa) + 0.19 (Test de atención: caras)

APARTADO 3 - Salto vertical.....

1.5.- EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA EN LOS DISTINTOS GRUPOS DE RITMOS MADURATIVOS.

En este apartado, se muestran los resultados de la prueba del salto vertical en los distintos grupos de ritmos madurativos.

Los resultados aparecen en las tablas 9 y 10, en las que los ritmos se distribuyen agrupados del 1 al 4 en las hembras y en los varones, siendo el ritmo 4 aquel en el que los primeros signos puberales aparecen de forma más tardía.

En las figuras 5 y 6, aparecen reflejados gráficamente los resultados medios de cada ritmo madurativo y su evolución con la edad.

Se ha de señalar que los que presentan los ritmos madurativos más lentos (3 y 4), obtienen unos resultados inferiores, y que dichos resultados se mantienen inferiores en todos los grupos de edades tanto en los varones como en las mujeres.

Por otra parte, las diferencias entre los resultados

..... **Resultados**

obtenidos por los distintos grupos de ritmos madurativos, se muestran estadísticamente significativos en los varones a los 15 años.

APARTADO 3 - Salto vertical

SALTO VERTICAL (Cm)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y RITMOS MADURATIVOS

NIÑAS

TABLA 9

	12 AÑOS	13 AÑOS	14 AÑOS
RITMO 1	Med. 28.1 DS. 6.3 Nº 45	Med. 33.5 DS. 4.6 Nº 40	Med. 33.8 DS. 4.9 Nº 31
RITMO 2	Med. 27.2 DS. 5.7 Nº 64	Med. 32.6 DS. 5.2 Nº 58	Med. 33.0 DS. 5.4 Nº 46
RITMO 3	Med. 26.3 DS. 6.3 Nº 37	Med. 31.5 DS. 5.1 Nº 33	Med. 32.3 DS. 6.1 Nº 27
RITMO 4	Med. 25.4 DS. 6.1 Nº 18	Med. 29.0 DS. 4.3 Nº 16	Med. 30.0 DS. 4.1 Nº 17

SALTO VERTICAL (Cm)
RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)
Y RITMOS MADURATIVOS
NIÑOS

TABLA 10

	13 AÑOS	14 AÑOS	15 AÑOS
RITMO 1	Med. 34.4 DS. 8.3 Nº 42	Med. 43.4 DS. 5.7 Nº 39	Med. 47.6 DS. 7.8 Nº 29
RITMO 2	Med. 30.7 DS. 8.0 Nº 83	Med. 40.6 DS. 6.8 Nº 69	Med. 43.9 DS. 6.8 Nº 53
RITMO 3	Med. 29.7 DS. 6.1 Nº 83	Med. 37.0 DS. 5.8 Nº 75	Med. 40.8 DS. 7.3 Nº 50
RITMO 4	Med. 29.3 DS. 7.4 Nº 40	Med. 34.0 DS. 5.8 Nº 32	Med. 36.1 DS. 6.5 Nº 21

APARTADO 3 - Salto vertical

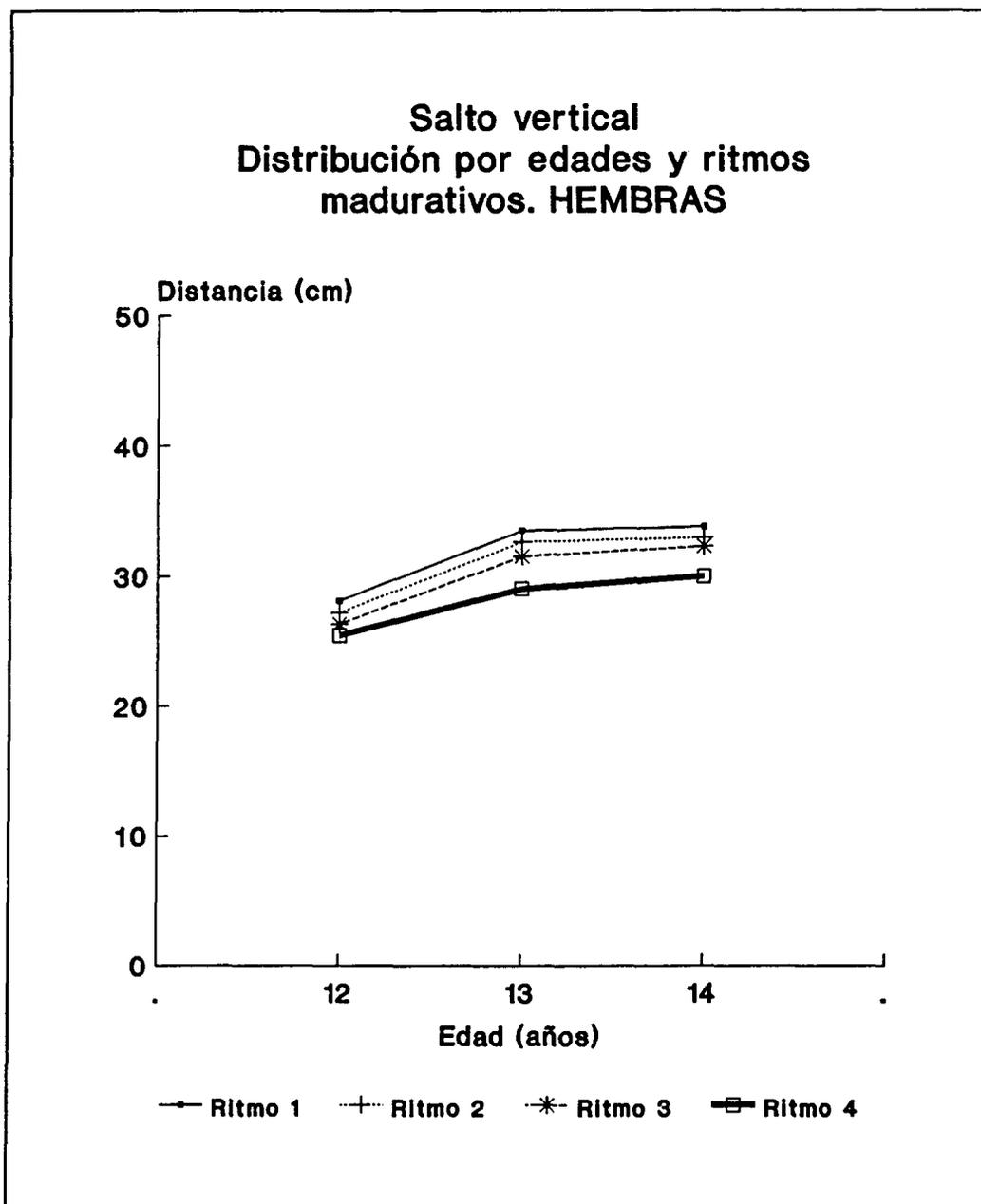


Fig. 5

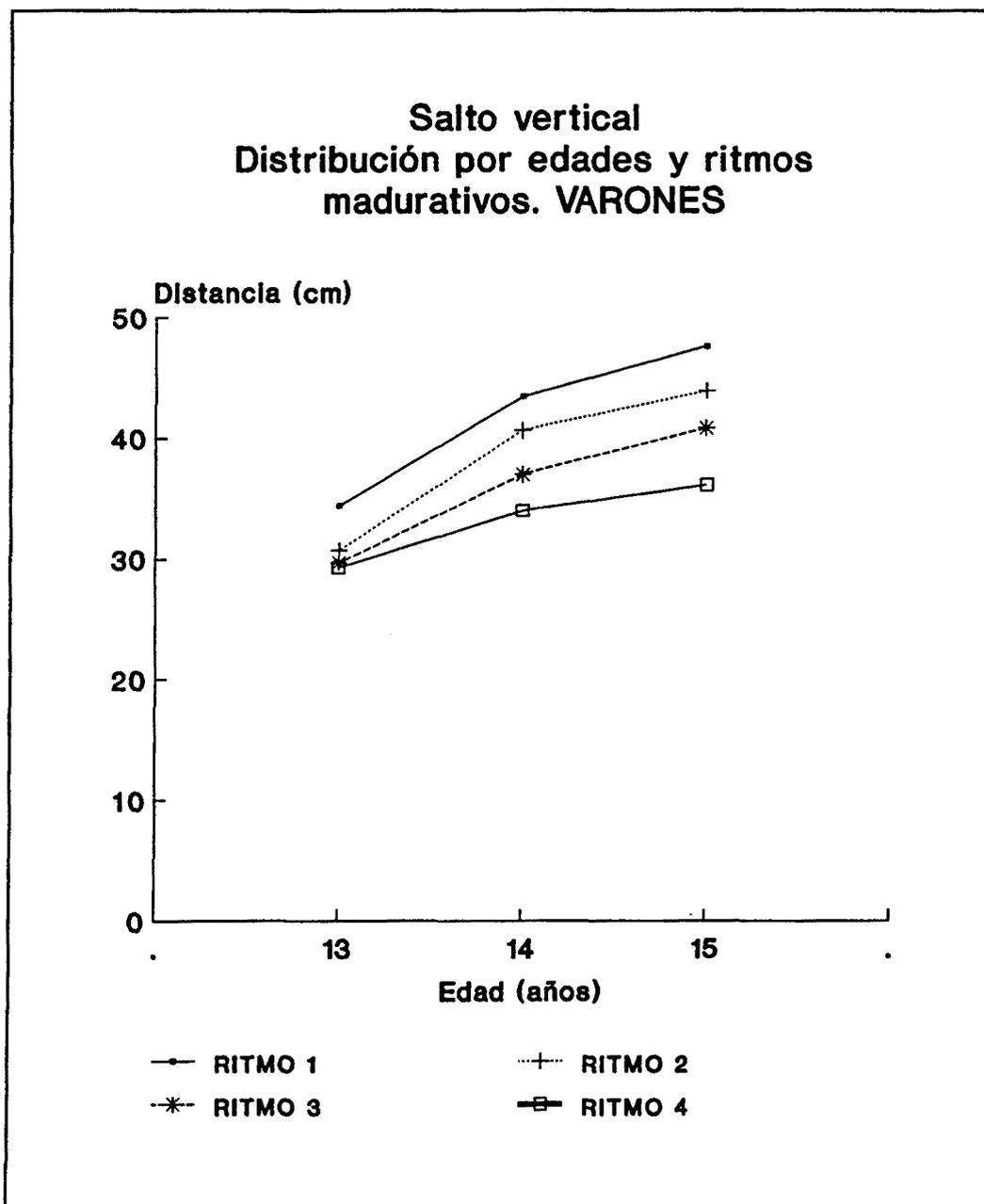


Fig. 6

APARTADO 3 - Salto vertical

1.6.- RELACIÓN DEL SALTO VERTICAL CON EL NIVEL SOCIOECONÓMICO

Por lo que hace referencia a las diferencias que se establecen con el nivel socioeconómico y que se muestran en las figuras 5 y 6, se observa que en las niñas, pese a que parece haber una tendencia que se mantiene en todo los años y que daría unas medias superiores del salto al grupo de nivel socioeconómico superior, apenas muestra una significación estadística.

En el caso de los niños, una vez realizada una T de Student para comparar las medias de los dos grupos socioeconómicos, éstas se muestran estadísticamente distintas en todos los grupos de edades, obteniéndose unas medias superiores en el grupo de nivel socioeconómico más alto.

En las figuras 9 y 10, aparece reflejada la evolución de la prueba de atención, así como la talla, de forma separada para el grupo de nivel socioeconómico alto y bajo. Cabe señalar que en todos los grupos de edades, la comparación de medias de las tallas de los dos grupos socioeconómicos (T de Student), muestra diferencias estadísticamente significativas, de tal forma que se mantienen unas tallas medias superiores en los individuos de nivel socioeconómico más alto. Lo mismo ocurre con el test de atención, en el que

..... **Resultados**

los individuos de nivel socioeconómico más alto obtienen unas medias de puntuación superiores.

Se han analizado otras variables antropométricas y psicológicas para intentar evidenciar si existía alguna diferencia entre los individuos de distintos niveles socioeconómicos. No se ha hallado ninguna otra variable antropométrica que mostrara diferencias por el nivel socioeconómico, pero sí alguna variable psicológica. Se han hallado diferencias significativas con los resultados de los test TEA, tanto en su nivel verbal, de razonamiento o de cálculo, y en el test de inteligencia RAVEN. Todos estos resultados se producen tanto en varones como en hembras y en todos los grupos de edad.

APARTADO 3 - Salto vertical

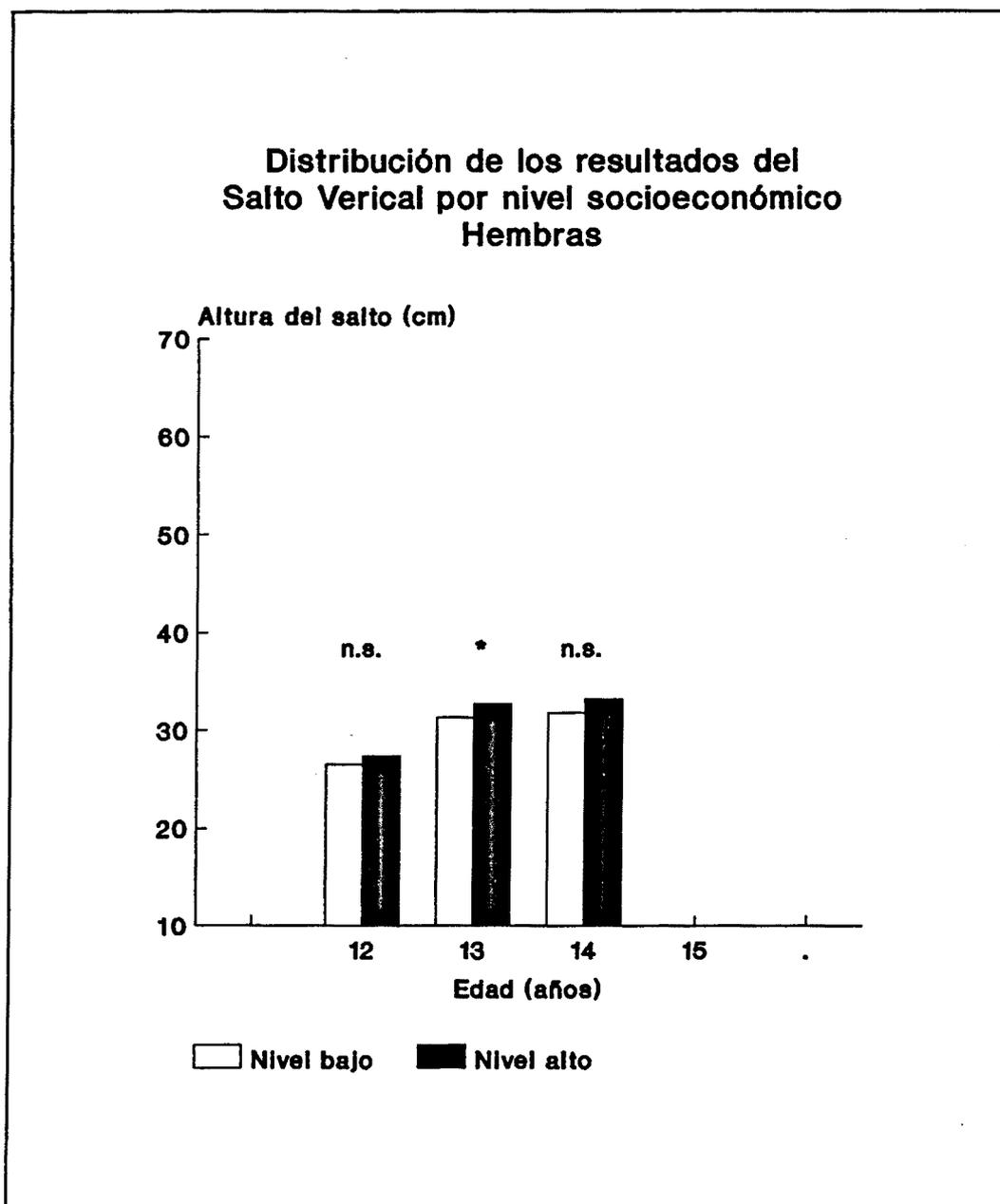


Fig. 7

T de Student: $p < 0.005 **$

$0.005 < p < 0.05 *$

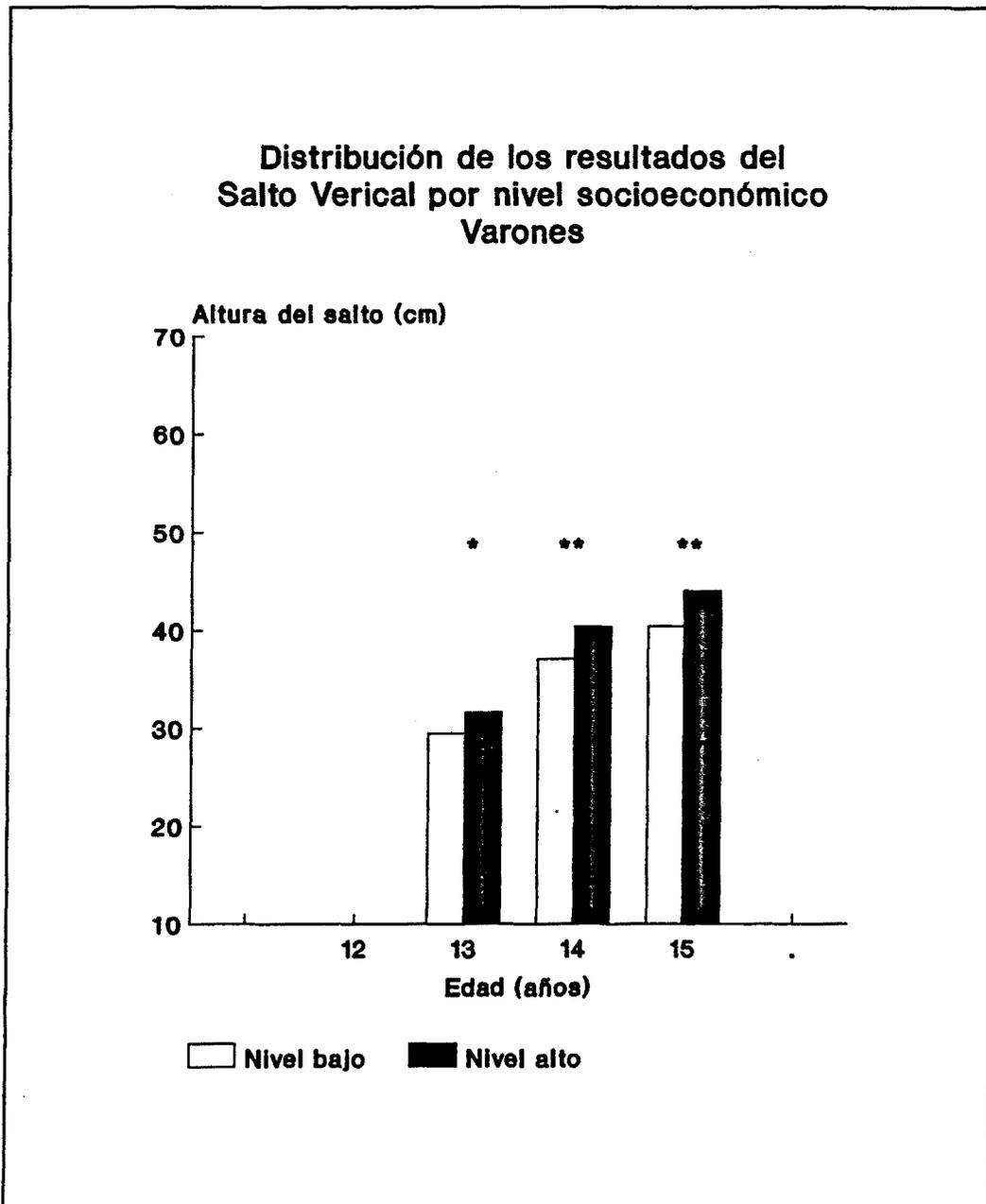


Fig. 8

T de Student: $p < 0.005$ **

$0.005 < p < 0.05$ *

APARTADO 3 - Salto vertical

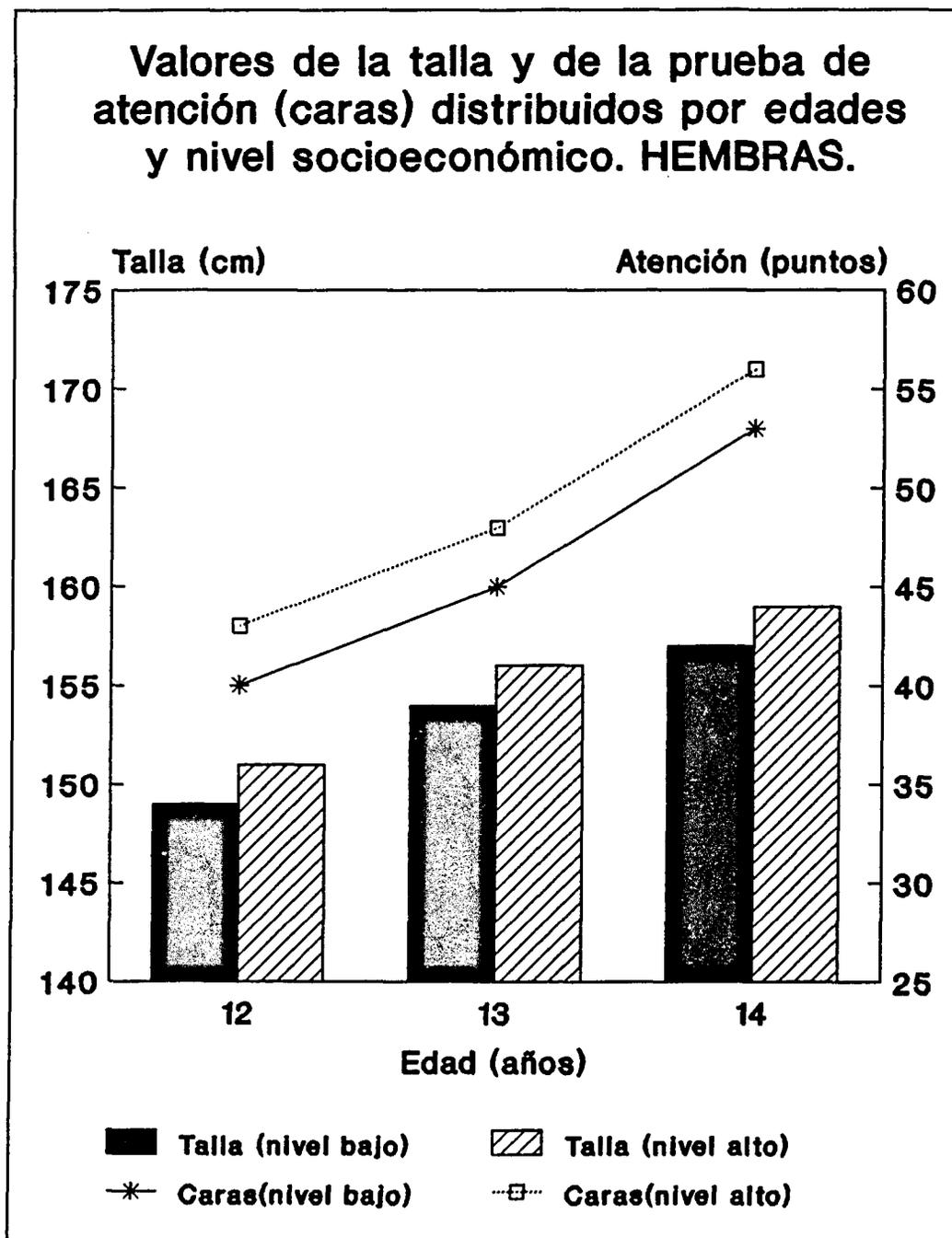


Fig. 9

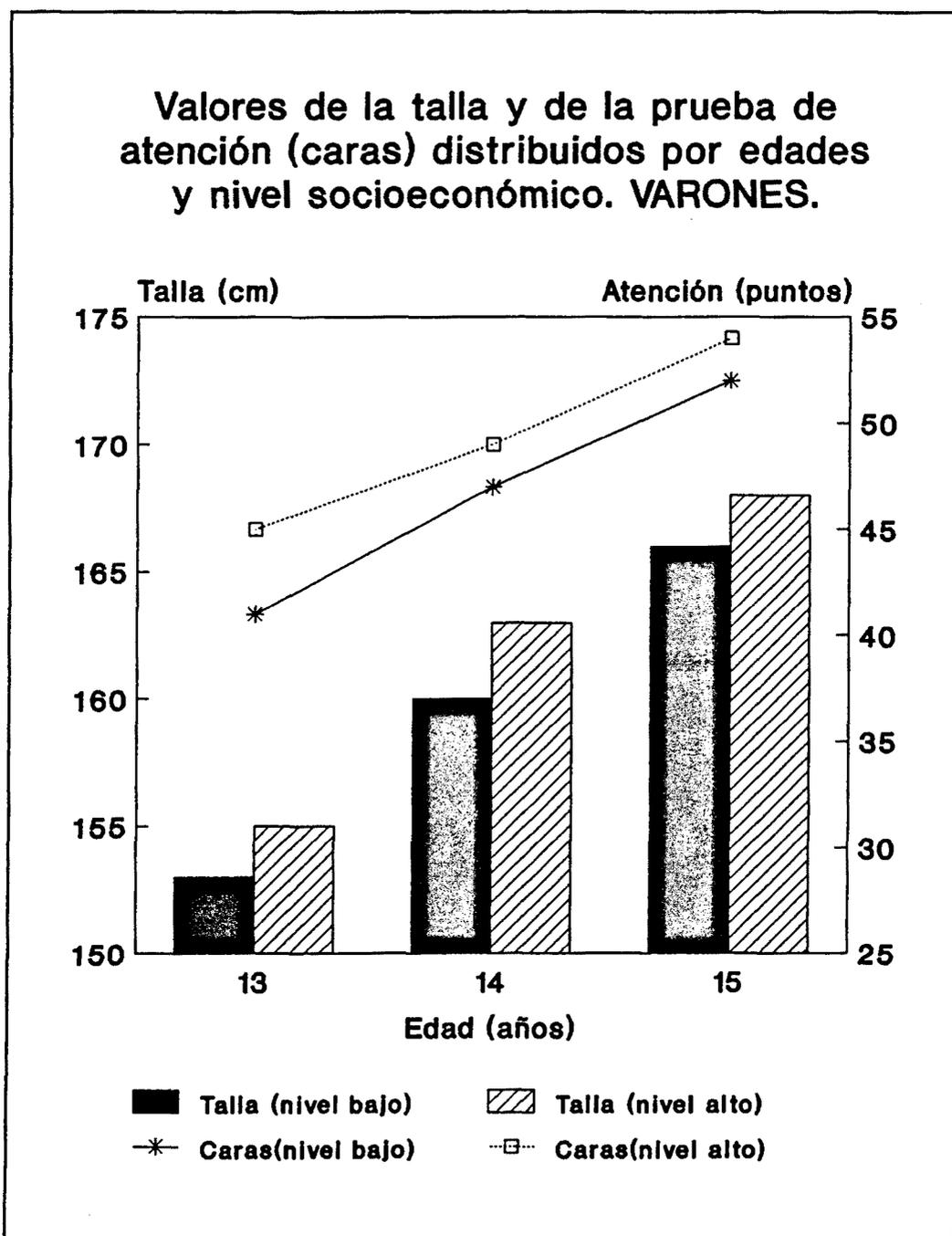


Fig. 10

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

APARTADO 3 - SALTO VERTICAL

2.- DISCUSIÓN

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

..... *Discusión*

2.1.- METODOLOGÍA Y SIGNIFICADO DE LA PRUEBA.

En los apartados 1.2.3 y 1.3.1 de la introducción, se analizan las líneas maestras de lo que es el metabolismo energético anaerobio alactático y de las pruebas que se utilizan para su medición.

El salto vertical, a parte de ser un componente muy importante en algunos deportes, puede ser considerado como un test que valora la potencia anaeróbica (Shephard R.J. 1982) (Sherry E. 1983), aunque otros autores prefieren denominar al salto vertical como un test que mide la fuerza explosiva de las piernas, dando así una calificación mucho más descriptiva de la prueba (Kemper H.C.G. 1985).

Existen otros muchos tests que sirven para valorar la potencia anaeróbica, basados principalmente en la realización de esfuerzos máximos muy cortos. Este es el caso del test Margaria (Margaria R. 1966) o de las carreras cortas.

Asimismo, dentro de la variedad del salto vertical, existen también numerosas modalidades, dependiendo de que se permita o no el movimiento de los brazos, que algunos estudios consideran que influye en un 5% (Payne A.H. y cols. 1968) o un 10% (Everestt A. y cols. 1990, Luhtanen P. y cols. 1976). Además, el salto vertical se puede realizar o no con

APARTADO 3 - Salto vertical

"countermovement", que es la flexión rápida de las rodillas que se realiza antes de efectuar el salto y que puede aumentar alrededor de 4 centímetros la altura del salto (Everestt A. y cols. 1990).

De todas estas modalidades, la que hemos utilizado en el presente estudio es la que se considera más natural y que no requiere un entrenamiento previo, permitiendo el movimiento de los brazos y la flexión rápida antes de realizar el salto (countermovement).

A parte de las variantes propias del salto, existen también varias mediciones que se pueden realizar a partir de éste (Komi P.V. 1973) y que no serán consideradas en el presente trabajo.

Se ha podido comprobar en grupos de deportistas, que el salto vertical está relacionado con el tipo de deporte que se realiza, así por ejemplo, los esprinters obtienen unos resultados mejores en el salto que los deportistas de fondo (Vandewalle H. y cols. 1987) (Gerard D. y cols. 1986). Este hecho, se ha relacionado de forma estadísticamente significativa con el número de fibras rápidas y lentas del vasto lateral del cuádriceps (Gerard E.S. 1986 y cols., Mero A. y cols. 1981).

La relación de los resultados de la prueba del salto vertical con el tipo de fibras musculares, ha hecho que el

..... *Discusión*

salto vertical se haya utilizado principalmente como prueba de campo, que dada su fácil aplicación, puede permitir aconsejar a cada individuo sobre el tipo de esfuerzo más adecuado a sus posibilidades. Por ejemplo, en el caso de pruebas de atletismo, se aconsejaría a los que obtuviesen mejores resultados en el salto vertical que realizasen pruebas de velocidad y potencia (100 m lisos, salto de longitud...), mientras que a los que obtuviesen unos resultados más bajos se les debería aconsejar pruebas de fondo.

2.2.- VALORACIÓN DE LA PRUEBA POR EDADES Y ESTADÍOS MADURATIVOS.

Los valores de la prueba, se muestran por percentiles en las figuras 1 y 2 y se observa que existe una mayor pendiente en la curva de los varones. Este hecho lo atribuimos a la mayor expresividad del fenómeno puberal en la prueba del salto, debida a la androgenización del varón que favorece muy intensamente el desarrollo de la musculatura (Martí-Henneberg C. 1987).

Esta presencia importante de andrógenos en la pubertad masculina, podría ser la causa de que cuando observamos las

APARTADO 3 - Salto vertical

diferencias en el salto de grupos de individuos de distintos estadios puberales, fijando la edad (Tablas 1 y 2), existen significaciones estadísticas en los varones pero no en las hembras, en las que sólo se demuestra una leve tendencia. Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros estudios, en los que se encuentran diferencias significativas asociadas a diferencias en la edad ósea a los 12, 13, 14, y 15 años (Beunen G. y cols. 1978), mientras que en las hembras tan solo aparece una correlación significativa muy débil a la edad de 12 años ($r=.11$) con la edad ósea, sin que puedan demostrarse asociaciones ni a los 13 ni a los 14 años (Beunen G. y cols. 1988). En ello puede influir también que en el varón, el desarrollo muscular es más tardío y en cambio en las hembras éste se frena a edades mucho más tempranas (Marshall W. 1978).

Los valores de nuestro estudio son sensiblemente inferiores a los obtenidos por Kemper (1985 (c)) (Fig. 3) y por Bovend'eerd (1980). Estas diferencias pueden deberse a rasgos diferentes del grupo. Mientras que en el estudio de Kemper los resultados del salto vertical de los varones y las hembras se mantienen muy parecidos hasta los 14 años, en nuestro estudio a esta edad se produce un gran distanciamiento. Estas diferencias empiezan a entenderse si analizamos lo que ocurre en los años posteriores del estudio

..... *Discusión*

de Kemper: mientras que a los 14 años los valores del salto de los varones y las hembras son prácticamente iguales, coincidiendo con unas tallas muy similares, a los 15 años los varones superan ya a las hembras en más de 3 centímetros, coincidiendo con unas diferencias de talla de más de 5 centímetros, y a los 16 años las diferencias que se establecen en el salto son de más de 7 centímetros y en la talla de más de 10.

Estos hechos, parecen revelar que las diferentes evoluciones del salto vertical entre nuestra población y la de Kemper podrían deberse a diferencias en el ritmo madurativo entre ambas poblaciones.

2.3.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LAS VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS, DE COMPOSICIÓN CORPORAL Y PSICOLÓGICAS.

Se ha observado que el salto vertical está relacionado con la sección muscular, la composición corporal (Watson A.W.S. 1984, Clarke H.H. y Borms J. 1968, Malina R.M. 1975, Sherry E. 1983) y con la maduración sexual (Hollman W. and Bowchard C. 1970).

En nuestro trabajo hemos encontrado una relación negativa

APARTADO 3 - Salto vertical

entre las variables relacionadas con la grasa corporal (% de masa grasa y el área grasa del brazo) y el salto vertical. La interpretación que damos a estos resultados es que, dado que el salto vertical es una prueba en la que se debe desplazar el peso del cuerpo, el hecho de que porcentualmente exista más grasa, hace que haya una parte mayor del peso que no contribuye al movimiento como lo haría el músculo. Este es un hecho observado en la mayoría de actividades con un componente antigravitatorio (Malina R.M. y cols. 1975). Por este motivo, estudios que valoran la potencia anaeróbica alactática máxima de las piernas mediante un test sin componente antigravitacional, no encuentran asociaciones con el porcentaje de grasa corporal (Erguen E. y cols. 1983).

En los varones, existen también buenas asociaciones con parámetros más ligados a la pubertad (índice de volumen testicular, talla, área muscular del brazo). Tanto el índice de volumen testicular como el área muscular del brazo, tienen una relación directa con la androgenización y se asocian con una presencia mayor de musculatura total. La talla, pese a que sólo muestra correlaciones significativas en los varones y en las hembras a la edad de 13 años, parece tener una cierta importancia en la prueba. En la figura 4 se muestran las curvas de la talla y del salto para los dos

..... *Discusión*

sexos, observándose un gran paralelismo entre ambas curvas dentro de cada sexo. Ello hace pensar, que pese a que en las hembras, como hemos dicho, la asociación se produce tan solo en un año, a nivel de grupo sí parece existir una tendencia a dicha asociación cuando se valora sin fijar la edad. Ello se pone de manifiesto en algunos trabajos como el de Kemper (Kemper H.C.G. 1981), en el que se observan asociaciones también en las hembras aunque inferiores a las que se establecen en el varón.

Algunos estudios señalan que podrían existir otros factores determinantes del salto; en un estudio realizado por A. Mero (Mero A. y cols. 1988) se señala que cuando sometemos a entrenamiento a un individuo en edad prepuberal, el incremento en la masa muscular que se produce, no explica el incremento de la fuerza, lo que podría sugerir algún factor ligado a la coordinación que explicase este hecho. Este fenómeno se observó más pronto en pruebas de velocidad, que requiere determinadas habilidades, a parte del crecimiento de la masa muscular (Shephart R. J. 1982).

Otros estudios hacen referencia explícita al salto vertical y su relación con habilidades motoras básicas (Sherry E. 1983, Mero A. 1988).

Se ha observado que cuando medimos la fuerza muscular, el

APARTADO 3 - Salto vertical

hecho de estar más o menos familiarizado con la máquina de medición, hace variar los resultados. Ello sugiere para algunos autores, que la fuerza muscular puede estar limitada por la habilidad del sistema nervioso central para activar al máximo los músculos agonistas o controlar los antagonistas (Secher N.H. 1988).

En este sentido, hemos aplicado una serie de tests psicológicos y hemos observado asociaciones con aquellos relacionados con el nivel de inteligencia y desarrollo cognoscitivo (TEA, RAVEN) y con el nivel de atención (CARAS). Este hecho nos hace pensar que, a parte de existir un componente físico, los resultados de esta prueba se ven sujetos a un determinado nivel de atención del individuo e incluso a su nivel intelectual que podría influir a dos niveles: por una parte en la comprensión de la prueba y por otra, a través de una asociación entre el nivel intelectual y la coordinación motora.

La aparente simplicidad del salto esconde, para algunos autores, una gran complejidad motora (Jensen J.L. 1991) mayor incluso que la carrera (Shephard R.J. 1982). Esta relativa complejidad en la coordinación motora, podría ser la que, por si sola, o a través de una tercera variable como la propia actividad motriz habitual (Volle M. y cols. 1984), se relacionase con los tests de desarrollo cognoscitivo o la

..... *Discusión*

inteligencia.

El análisis de regresión múltiple, nos muestra como datos comunes para los dos sexos, que esta prueba está determinada negativamente por la grasa corporal. Cabe señalar que tanto en los varones como en las hembras, aparece una variable de tipo psicológico en la ecuación y que como hemos discutido anteriormente podría estar relacionada con las capacidades de coordinación motora.

Por último, señalaremos que existe un tercer nivel de variables en el análisis de regresión, que son los estadios madurativos en los varones y el peso en las hembras. Creemos que ambas variables tienden a representar el componente muscular, en los varones a través de la asociación con los niveles de andrógenos y en las hembras porque, una vez aparecida la grasa en la ecuación, el peso cogería un significado más cercano al componente muscular. A pesar de ello, creemos que en las hembras este componente se debería más a las propias diferencias interindividuales que a las que se puedan derivar de diferencias madurativas, dado que a la edad de 13 años, la variabilidad madurativa ha descendido mucho en las hembras y no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes estadios.

APARTADO 3 - Salto vertical

2.4.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LOS RITMOS MADURATIVOS

Si observamos la evolución de los resultados de los diferentes ritmos madurativos, se aprecia un comportamiento distinto en ambos sexos.

En los varones, existe una relativa proximidad entre los ritmos 2, 3 y 4 a la edad de 13 años, mientras que el ritmo 1 (individuos que empezaron la pubertad a los 11 años), se encuentra a unos 4 segundos por encima de los anteriores. A los 14 años, las diferencias entre los ritmos se acentúan y a los 15 años se muestran ya estadísticamente significativas. Los individuos que empezaron antes la pubertad obtienen unos resultados significativamente superiores.

Ello podría estar en relación con la mayor variabilidad madurativa del varón a estas edades y con el desarrollo más tardío de la masa muscular en el varón (Marshall W. 1978).

En el caso de las niñas, la situación es completamente distinta observándose una gran proximidad entre las 4 curvas de ritmos madurativos, sin que se muestre ninguna diferencia estadísticamente significativa. Ello refleja la relativamente poca importancia de una maduración más o menos precoz en las niñas, sobre los resultados de esta prueba a

..... *Discusión*

la edad de 12, 13 y 14 años. Las pequeñas diferencias que se observan podrían deberse a diferencias de grupo que podrían tener relación tanto con la fuerza muscular como con la habilidad motora para la realización de la prueba, o con la cantidad de grasa corporal.

2.5.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON EL NIVEL SOCIOECONÓMICO.

En las figuras 5 y 6 se mostraban los resultados medios de la prueba del salto vertical distribuidos por niveles socioeconómicos, demostrándose unos mejores resultados para el nivel socioeconómico alto en todos los grupos de edades y en ambos sexos. Este hecho tenía sin embargo una significación estadística mayor en los varones.

Las posibles explicaciones de este fenómeno podríamos encontrarlas en diferencias antropométricas y diferencias psicológicas entre ambos grupos. En las figuras 7 y 8 se puede observar que los individuos con mayor nivel socioeconómico tienen una talla superior y obtienen mejores resultados en el test de atención y como señalábamos anteriormente, también hemos encontrado unas diferencias significativas con los test cognoscitivos y de inteligencia.

APARTADO 3 - Salto vertical

Otros autores, han encontrado también diferencias en los tests de desarrollo cognoscitivo verbal y matemático (Lindgren G.W. y cols 1988) respecto al nivel socioeconómico. Puesto que existe una asociación entre estas medidas y el salto, y dichas medidas varían con el nivel socioeconómico, nos inclinamos a pensar que tales diferencias en el salto respecto al nivel socioeconómico podrían producirse a través de estas variables.

APARTADO 3 - SALTO VERTICAL

3.- CONCLUSIONES

APARTADO 3 - Salto vertical

CONCLUSIONES

- 1.- La maduración puberal juega un papel importante en el desarrollo de la capacidad del salto vertical y ello es especialmente manifiesto en los niños y no en las niñas porque éstas han sido estudiadas al final de su pubertad mayoritariamente.

- 2.- La matriz de correlación simple con las variables antropométricas indica que en los niños existen correlaciones altamente significativas y positivas entre el resultado del salto y la talla, el volumen testicular y el área muscular del brazo. En las niñas el número de variables con un alto índice de correlación es mucho menor ya que sólo es de señalar una correlación negativa con el porcentaje de masa grasa y el área grasa del brazo.

..... *Conclusiones*

3.- Nuestro estudio deja aparecer claramente una relación significativa entre el salto y la capacidad cognitiva del individuo.

En los niños existe una relación con la capacidad de atención, con la inteligencia y con el desarrollo cognitivo verbal y de cálculo.

En las niñas la misma tendencia se manifiesta observándose también relación con la capacidad de atención, la inteligencia y el desarrollo cognitivo en las áreas verbal, de razonamiento y cálculo.

4.- El análisis de regresión múltiple pone de manifiesto que durante la pubertad el salto vertical está relacionado significativamente con tres áreas diferentes: la maduración, la composición corporal y la capacidad cognitiva. Ello se pone de manifiesto en ambos sexos aunque es visible con más nitidez en los varones.

APARTADO 3 - Salto vertical

5.- El estudio de los grupos con distinto ritmo madurativo en nuestra muestra nos permite poner de manifiesto que en un grupo de niños normales, a pesar de que el fenómeno puberal se inicia en muchos de ellos a los 11 años, cuatro años después (a los 15 años), existen aún diferencias significativas debidas a su ritmo de maduración.

6.- Al analizar la influencia del nivel socioeconómico sobre las áreas antropométricas, madurativas, de desarrollo cognitivo y composición corporal, observamos que este factor tiene una incidencia significativa sobre la talla, la maduración y el desarrollo cognitivo. Ello contribuye a explicar las diferencias observadas en los resultados del salto en los niños cuando se les agrupa según su nivel socioeconómico.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

APARTADO 4 - CARRERA 5 x 10 m

1.- RESULTADOS

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

1.1.- RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LA CARRERA DE 5 x 10 m. DISTRIBUCIONES POR EDAD, SEXO Y NIVEL MADURATIVO

En las figuras 1 y 2 se muestran las distribuciones de la prueba a lo largo de la edad en los dos sexos y expresadas en percentiles. Tanto en niños como en niñas se produce un descenso de los tiempos en los que se realiza la prueba a lo largo de la edad. Como se observa en las tablas 1 y 2, estos descensos son estadísticamente significativos y expresan descensos de más de 2 segundos en las hembras entre los 10 y 14 años y de casi 3 segundos en los varones en el período que va de los 11 a los 15 años de edad.

Observando la figura 2 apreciamos que los mayores descensos se producen a partir de los 12 años, en donde se observa una inflexión de la curva así como un aumento de la dispersión de los resultados. En las hembras, por el contrario, parece que no existe esta inflexión y en cambio se produce un descenso de la dispersión en los últimos años de estudio.

A la edad de 11 años los varones obtienen unos resultados iguales a los de las hembras en sus valores medios (24.9 seg). A partir de este momento las hembras obtendrán unos resultados ligeramente superiores (tardan más tiempo) aunque no estadísticamente diferentes hasta la edad de 14 años, en la que las diferencias que se establecen entre niños y niñas

..... **Resultados**

son de poco más de 1 segundo.

Cuando estudiamos en las tablas 1 y 2 las diferencias entre los distintos grupos madurativos, valorados por los estadios de Tanner, dentro de un mismo grupo de edad, no encontramos diferencias estadísticamente significativas ni en varones ni en hembras y en ninguno de los grupos de edades.

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA CON LA EDAD. NIÑAS

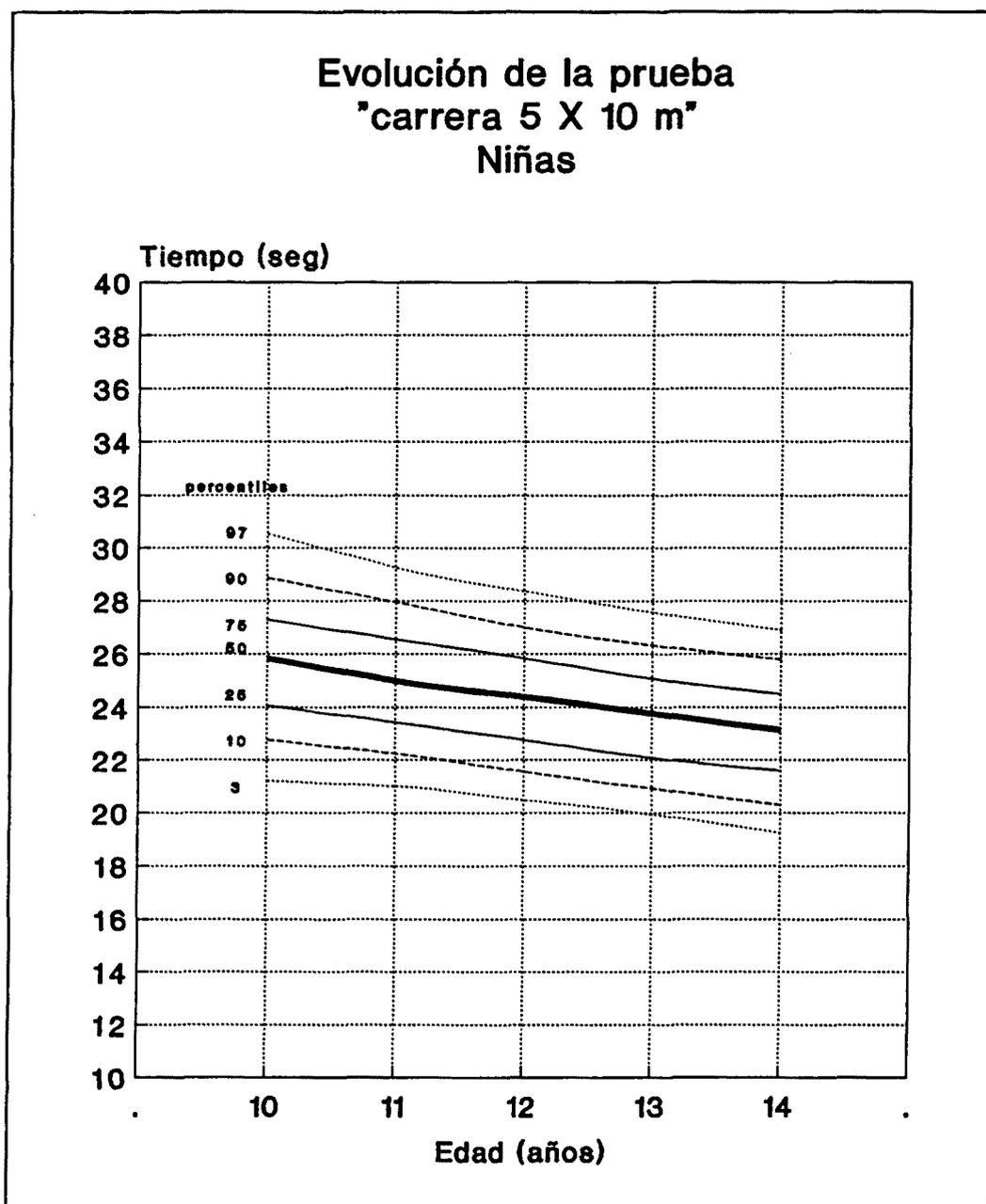


Fig. 1

EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA CON LA EDAD. NIÑOS

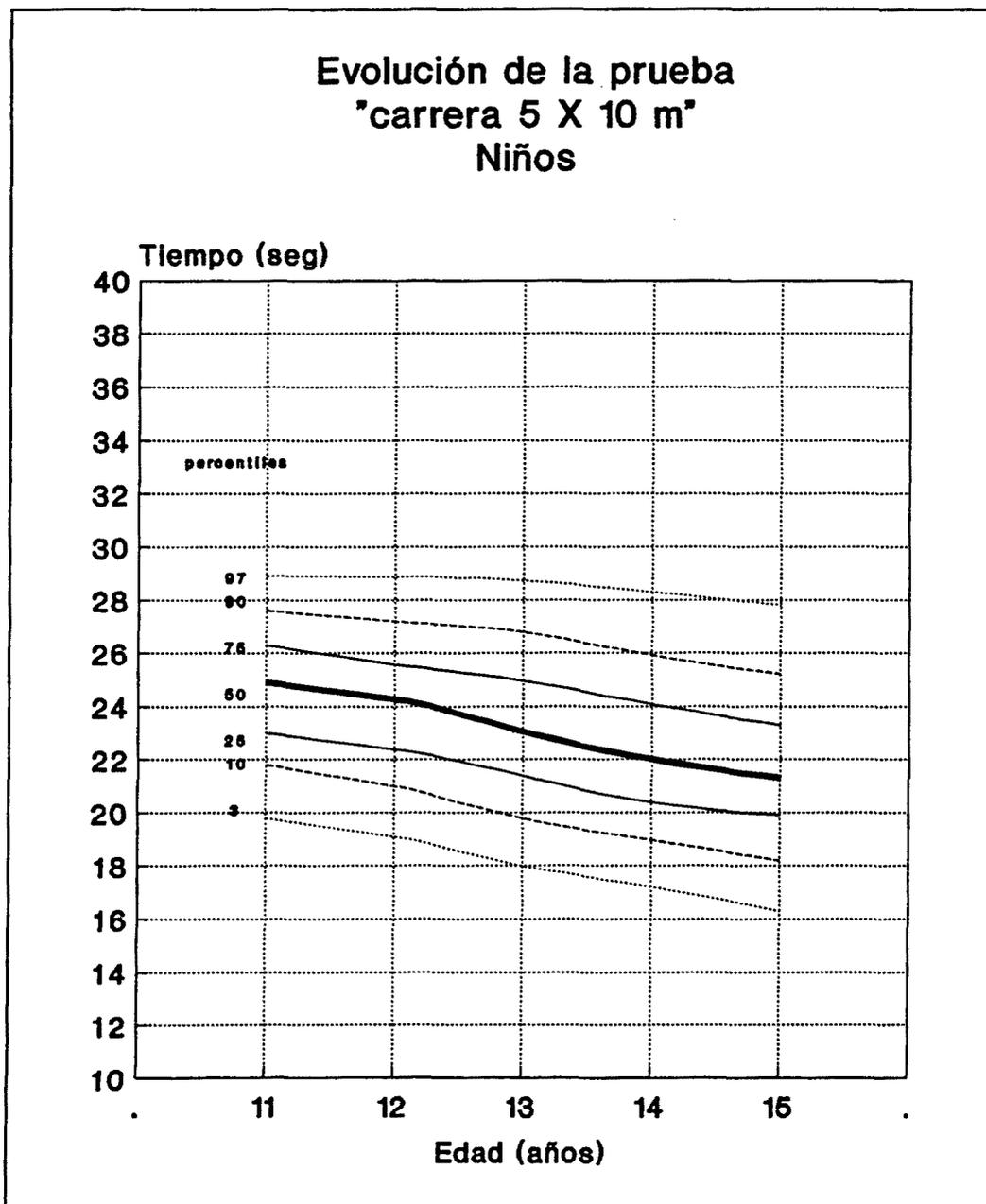


Fig. 2

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

CARRERA 5 X 10 m (seg)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y ESTADÍOS PUBERALES (TANNER)

NIÑAS

TABLA 1

EDAD	10			11			12		
EST. PUB.	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>
Total	25.6	2.3	235	24.9	2.1	218	24.4	2.4	206
S1	25.6	2.4	133	24.8	2.3	59	24.5	2.5	17
S2	25.7	2.0	63	24.7	1.9	63	24.3	2.4	34
S3	25.5	2.4	28	25.1	2.2	62	24.4	2.5	67
S4	25.4	1.6	10	25.2	2.0	25	24.5	2.3	52
S5	24.5	0.0	1	24.7	2.3	9	24.4	2.3	36
Prob. (p)	n.s.	---	---	n.s.	---	---	n.s.	---	---

..... **Resultados**

CARRERA 5 X 10 m (Continuación)

NIÑAS

TABLA 1 (continuación)

EDAD	13			14		
EST. PUB.	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>
Total	23.5	1.9	181	23.1	1.9	151
S1	23.5	2.6	6	---	---	---
S2	23.7	2.3	23	22.8	2.1	11
S3	23.5	2.0	52	23.5	2.0	27
S4	23.4	1.8	54	22.7	1.7	53
S5	23.4	1.8	46	23.3	2.0	60
Prob. (p)	n.s.	---	---	n.s.	---	---

Análisis de la varianza entre los grupos de edades $p < 0.001$

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

CARRERA 5 X 10 m (seg)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS) Y

ESTADÍOS PUBERALES (TANNER)

NIÑOS

TABLA 2

EDAD	11			12			13		
EST. PUB.	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>
Total	24.9	2.5	325	23.9	2.2	302	23.0	2.8	284
G1	25.0	2.5	196	23.9	2.2	97	23.2	2.1	35
G2	24.9	2.5	114	24.0	2.3	136	23.3	2.7	114
G3	25.1	2.6	14	24.0	2.1	54	22.7	2.7	19
G4	25.9	0.0	1	23.2	2.1	13	22.8	3.7	41
G5	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Prob. (p)	n.s.	---	---	n.s.	---	---	n.s.	---	---

CARRERA 5 X 10 m (Continuación)

NIÑOS

TABLA 2 (continuación)

EDAD	14			15		
EST. PUB.	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>
Total	22.0	2.7	245	21.4	2.0	166
G1	23.2	2.6	12	---	---	---
G2	22.2	1.9	52	21.4	1.7	16
G3	21.7	3.3	74	21.4	1.8	20
G4	22.0	2.8	82	21.5	1.9	57
G5	21.6	2.3	25	21.3	2.2	73
Prob. (p)	n.s.	---	---	n.s.	---	---

Análisis de la varianza entre los grupos de edades $p < 0.0001$

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

**1.2.- RELACIÓN CON LAS VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS Y
DE COMPOSICIÓN CORPORAL.**

En las tablas 3 y 4 se muestran las correlaciones que se establecen entre las variables antropométricas y de composición corporal y los resultados de la prueba. Cabe destacar que tanto en varones como en las hembras, existen muy pocas asociaciones y que además son débiles e inconstantes a lo largo de la edad.

No observamos ninguna correlación con las variables antropométricas y tan solo se produce una correlación con el porcentaje de grasa corporal, que se asocia positivamente con el tiempo de realización de la prueba a los 11 y 14 años en las hembras y en los varones, mostrando éstos una 'r' inferior a la de las hembras y que en ningún caso supera el 0.2.

..... *Resultados*

1.3.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LAS VARIABLES PSICOLÓGICAS.

En las tablas 5 y 6 se muestran las correlaciones que se observan entre las variables psicológicas y la carrera de 5 x 10 m.

Lo primero que cabe señalar es que la edad en la que se produce un mayor número de asociaciones, es a los 13 años en las hembras y a los 12 en los varones y que en ningún caso estas correlaciones tienen un índice elevado.

Si se analizan los distintos grupos de tests psicológicos, observamos que en el caso del test de atención (caras) se producen correlaciones negativas con el tiempo de realización de la prueba en todos los años, excepto a los 12 años en las hembras y a los 15 en los varones. Las correlaciones con esta prueba tienen unos coeficientes de correlación más elevados en las hembras que en los varones. Tanto el test de desarrollo cognoscitivo como el test de inteligencia muestran mayores asociaciones en las niñas que en los niños, sobre todo en los últimos años del estudio (13 y 14 años en las niñas y 14 años en los niños).

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

CARRERA 5 X 10 m (seg)

**RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES OBTENIDAS CON LAS VARIABLES
 PSICOLÓGICAS. DISTRIBUCIÓN POR EDADES**

NIÑAS

TABLA 5

VARIABLES PSICOLÓGICAS	10 años	11 años	12 años	13 años	14 años
Test de atención (Caras)		-.17*	--	-.23**	-.16*
Aptitud verbal (TEA.V)		--	--	-.14*	
Aptitud razonamiento (TEA.R)		--	-.16*	-.16*	
Aptitud cálculo (TEA.C)		-.14*	--	-.14*	
Inteligencia (Raven)	--				-.20**

p < 0.005 **

0.005 < p < 0.05 *

..... **Resultados**

CARRERA 5 X 10 m (seg)

RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES OBTENIDAS CON LAS VARIABLES

PSICOLÓGICAS. DISTRIBUCIÓN POR EDADES

NIÑOS

TABLA 6

VARIABLES PSICOLÓGICAS	11 años	12 años	13 años	14 años	15 años
Test de atención (Caras)		-.15*	-.13*	-.11*	-.23**
Aptitud verbal (TEA.V)		--	--	-.16*	
Aptitud razonamiento (TEA.R)		--	--	-.12*	
Aptitud cálculo (TEA.C)		--	--	-.20*	
Inteligencia (Raven)	-.14*				--

p < 0.005 **

0.005 < p < 0.05 *

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

1.4.- ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

El análisis de regresión múltiple realizado con el método Stepwise revela que, en el caso de las niñas, la primera variable que aparece como predictora es el test de atención (caras) que se relaciona negativamente con el tiempo de realización de la prueba y que obtiene una $r = 0.22$ que es la misma de la correlación simple. Tras esta variable, ninguna otra variable entra de nuevo en la ecuación, por lo que se llega tan solo a una r^2 del 5.1%.

En el caso de los niños, aparece también una sola variable en la ecuación; se trata del test de desarrollo cognitivo TEA-cálculo que obtienen una $r = 0.20$.

Tanto en los niños como en las niñas, existe un nivel predictivo de la variabilidad de la prueba bajo.

..... **Resultados**

1.5.- EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA EN LOS DISTINTOS GRUPOS DE RITMOS MADURATIVOS.

En las tablas 7 y 8 se muestran los resultados de los valores medios de la prueba de cada uno de los grupos de ritmos madurativos. En las figuras 3 y 4, se puede observar la evolución de cada uno de los ritmos madurativos desde los 10 a los 14 años en las hembras y de los 11 a los 15 años en los varones. Se puede apreciar la gran similitud de los resultados medios de los 4 ritmos madurativos y que no muestran diferencias estadísticamente significativas a ninguna edad y en ninguno de los sexos.

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

CARRERA 5 x 10 m (seg)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y RITMOS MADURATIVOS

NIÑAS

TABLA 7

	10 AÑOS	11 AÑOS	12 AÑOS	13 AÑOS	14 AÑOS
RITMO 1	Med. 24.8 DS. 2.2 Nº 45	Med. 24.9 DS. 2.0 Nº 46	Med. 24.8 DS. 2.3 Nº 45	Med. 22.0 DS. 1.8 Nº 40	Med. 22.4 DS. 1.8 Nº 27
RITMO 2	Med. 25.2 DS. 2.4 Nº 64	Med. 24.6 DS. 1.9 Nº 64	Med. 23.9 DS. 2.5 Nº 64	Med. 23.5 DS. 1.9 Nº 56	Med. 23.0 DS. 1.9 Nº 46
RITMO 3	Med. 25.5 DS. 2.5 Nº 37	Med. 25.1 DS. 2.2 Nº 37	Med. 24.6 DS. 2.5 Nº 37	Med. 23.3 DS. 1.9 Nº 31	Med. 23.4 DS. 1.9 Nº 26
RITMO 4	Med. 25.6 DS. 2.3 Nº 18	Med. 24.6 DS. 2.6 Nº 18	Med. 24.7 DS. 2.4 Nº 18	Med. 23.7 DS. 2.5 Nº 15	Med. 23.5 DS. 2.0 Nº 17

..... **Resultados**

CARRERA 5 x 10 m (seg)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y RITMOS MADURATIVOS

NIÑOS

TABLA 8

	11 AÑOS	12 AÑOS	13 AÑOS	14 AÑOS	15 AÑOS
RITMO 1	Med. 24.2	Med. 23.9	Med. 23.4	Med. 21.1	Med. 21.1
	DS. 2.9	DS. 2.2	DS. 3.8	DS. 2.3	DS. 2.3
	Nº 43	Nº 43	Nº 42	Nº 39	Nº 28
RITMO 2	Med. 25.1	Med. 24.4	Med. 22.5	Med. 22.0	Med. 21.7
	DS. 2.7	DS. 2.4	DS. 2.8	DS. 3.3	DS. 2.3
	Nº 83	Nº 82	Nº 82	Nº 71	Nº 52
RITMO 3	Med. 24.9	Med. 24.0	Med. 23.4	Med. 22.0	Med. 21.4
	DS. 2.2	DS. 2.3	DS. 2.6	DS. 2.9	DS. 1.6
	Nº 85	Nº 85	Nº 83	Nº 72	Nº 47
RITMO 4	Med. 25.5	Med. 23.9	Med. 23.6	Med. 22.2	Med. 21.8
	DS. 2.5	DS. 2.0	DS. 3.0	DS. 2.2	DS. 1.7
	Nº 42	Nº 42	Nº 40	Nº 37	Nº 22

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

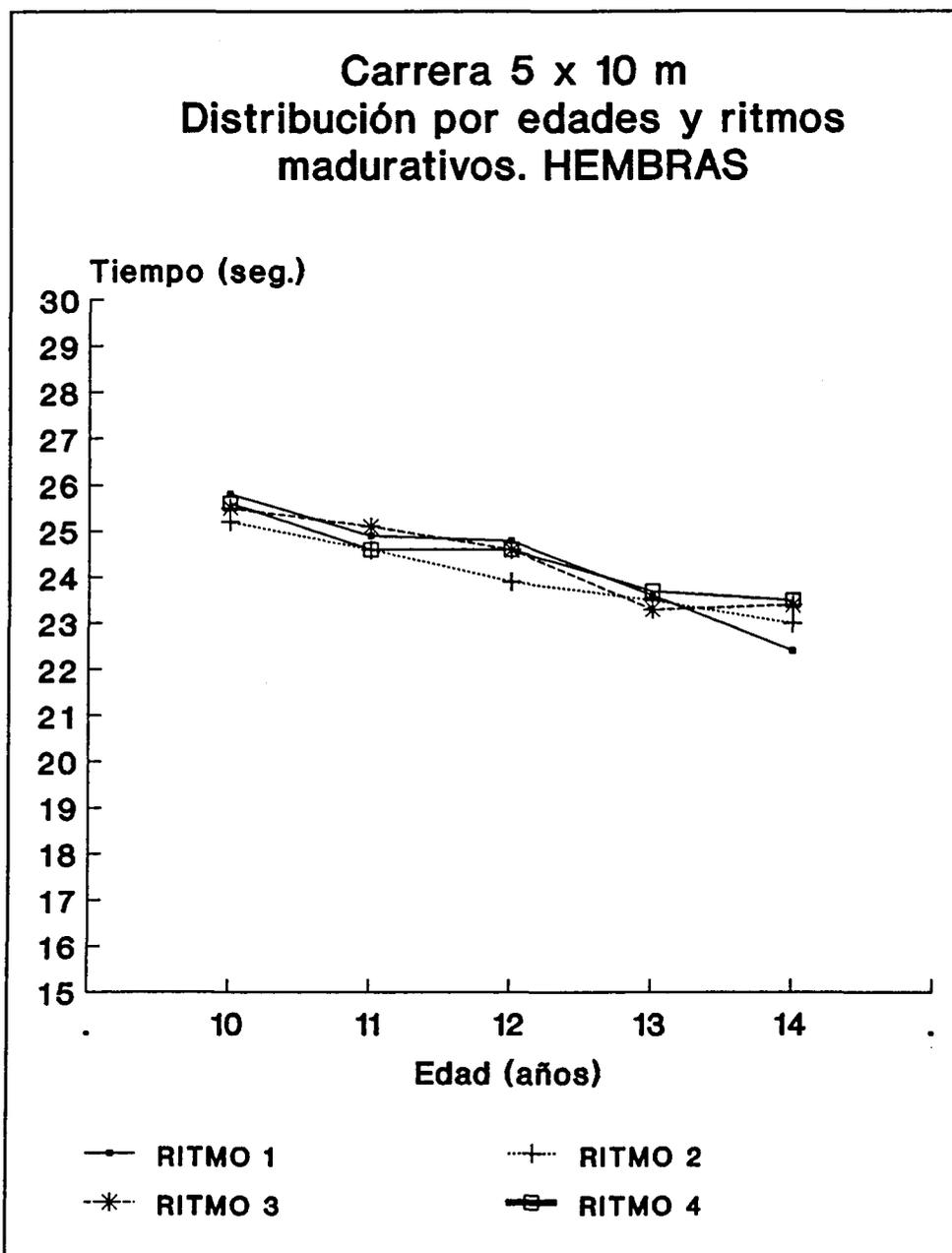


Fig. 3

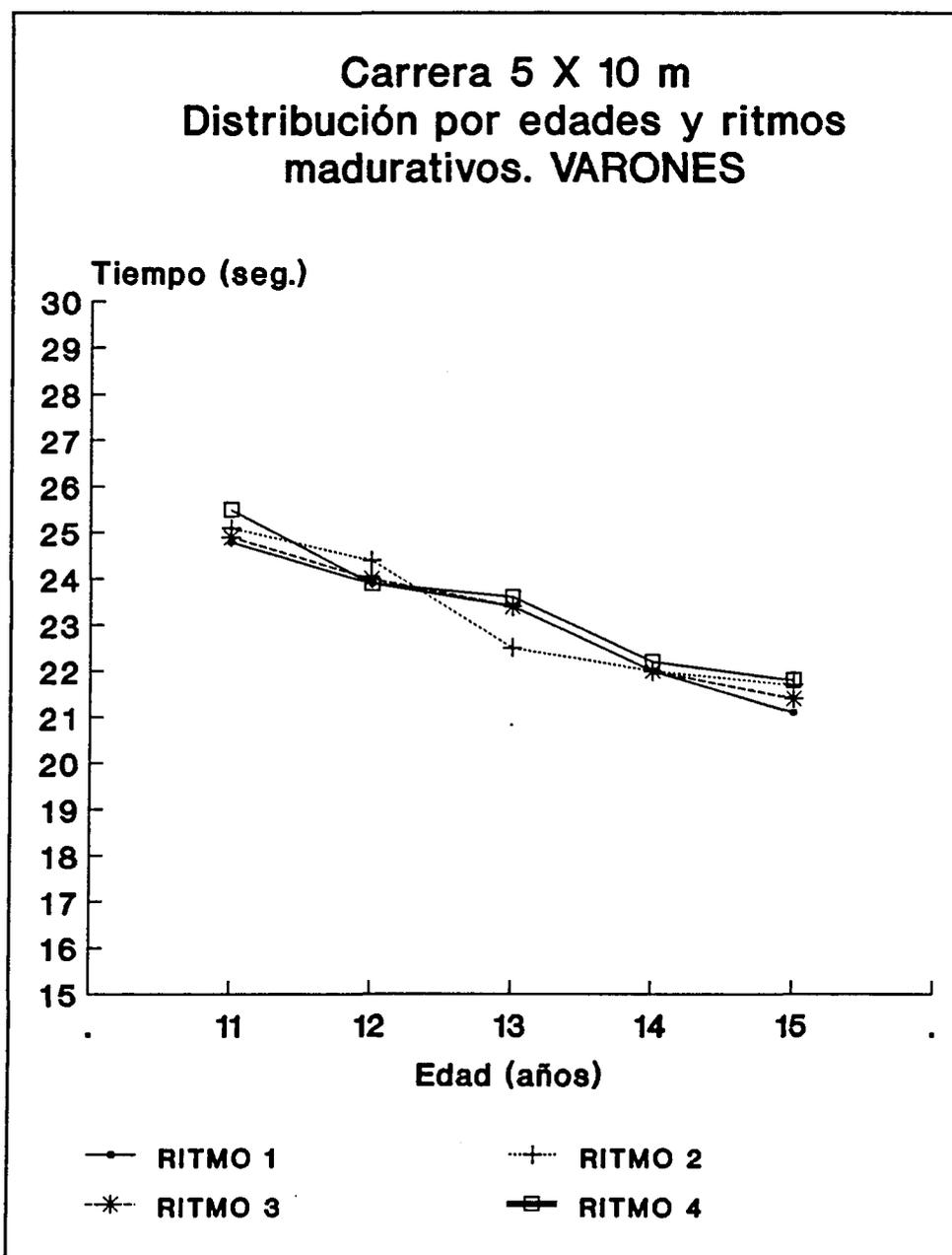


Fig. 4

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

1.6.- EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA EN LOS DISTINTOS GRUPOS DE NIVEL SOCIOECONÓMICO.

En las figuras 5 y 6 se hallan representados los valores medios de los resultados de la prueba de la carrera de 5 x 10 m. a lo largo de la edad y separados por clases sociales. Lo primero que puede constatarse es que el grupo que se encuentra definido como de nivel socioeconómico bajo, obtiene resultados superiores y por tanto peores en la prueba (tarda más tiempo en realizar la prueba). Esto ocurre tanto en varones como en hembras.

En las figuras 5 y 6 se hallan también representados con asteriscos los niveles de significación (p) de la comparación de medias mediante la t de Student-Fisher (** $p < 0.005$ * $p < 0.05$ > 0.005). Hemos de destacar que se observan mayores diferencias y con mayor significación en las mujeres, en las que estas diferencias se muestran altamente significativas desde los 11 a los 14 años. En los varones estas diferencias son más débiles.

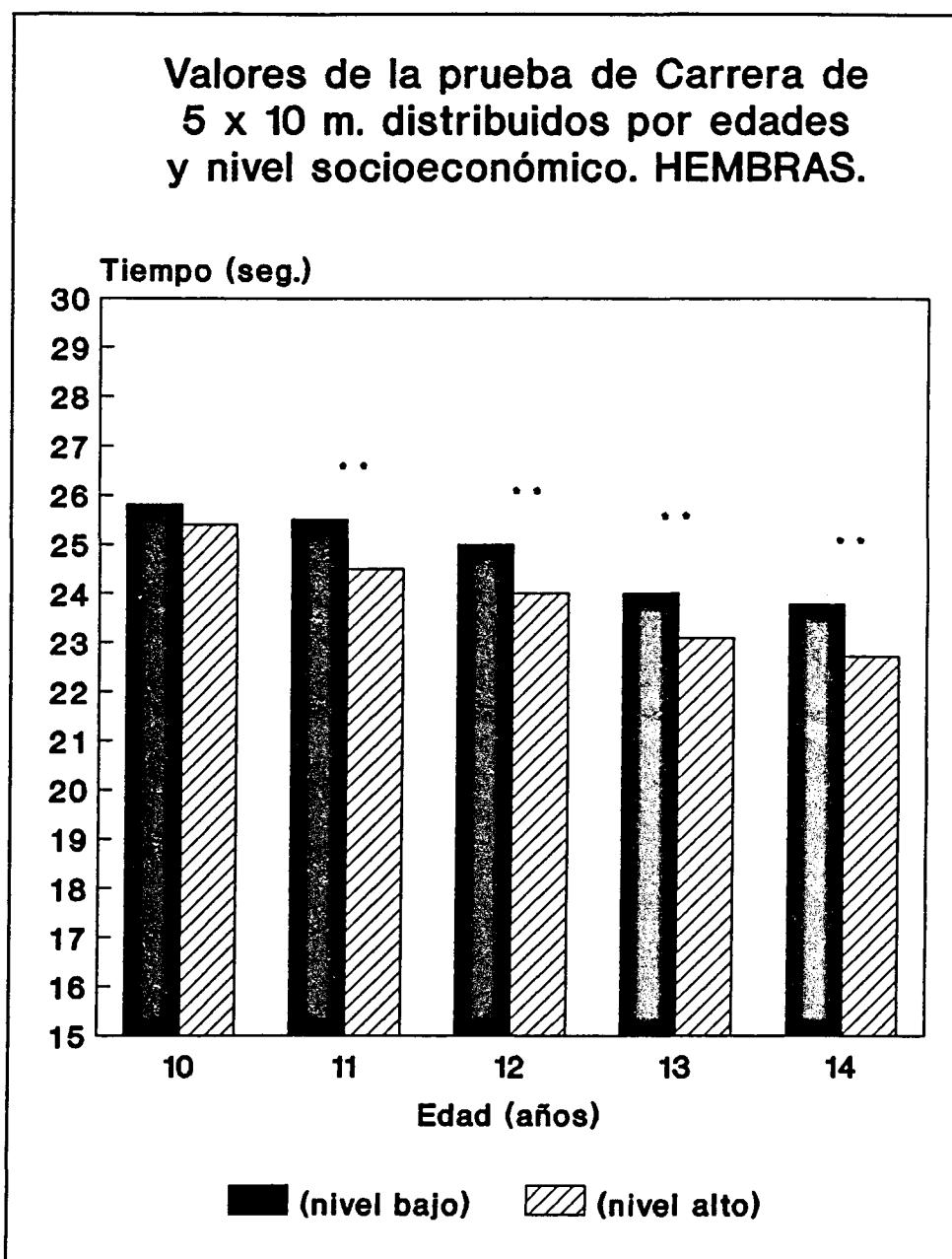


Fig. 5

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

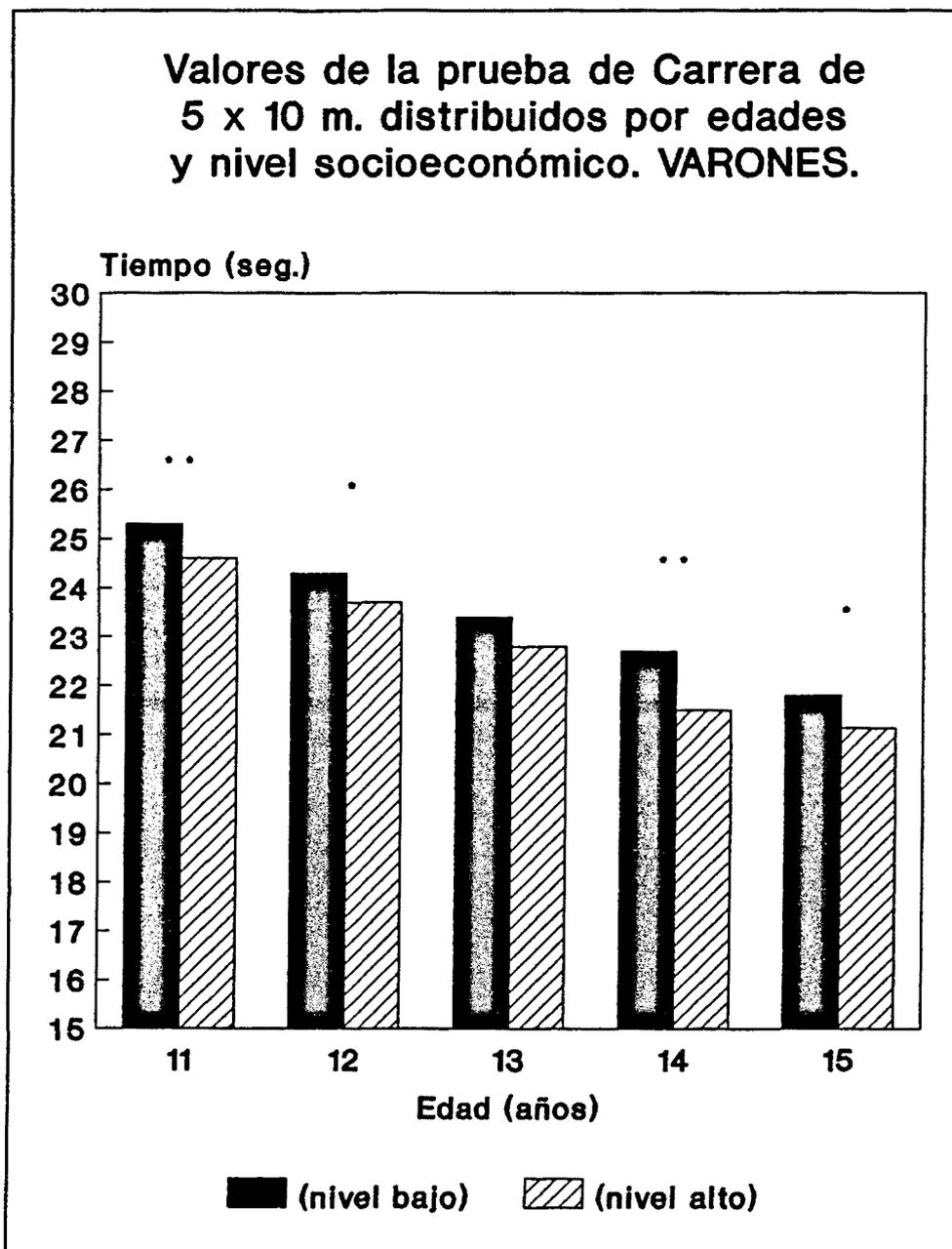


Fig. 6

APARTADO 4 - CARRERA 5 X 10 m

2.- DISCUSIÓN

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

2.1.- METODOLOGÍA Y SIGNIFICADO DE LA PRUEBA

Como detallamos en el apartado de Material y métodos, este test consiste en recorrer una distancia de 5 metros 10 veces lo más rápidamente posible, ida y vuelta.

La significación de este test físico no siempre se ha expuesto de forma clara quedándose la mayoría de veces en una forma descriptiva como carrera de velocidad 5 X 10 metros o llamada también course navette 10 X 5 m.

En la actualidad se utiliza esta prueba dentro de la batería Eurofit y según ella, la carrera de 5 X 10 m valora la dimensión velocidad y concretamente el factor velocidad - coordinación (CDDS 1986).

Este factor velocidad-coordinación tiene, como es evidente, dos partes con unas características concretas y diferenciadas: en primer lugar la velocidad, que podemos considerarla compuesta también de 2 factores: un factor nervioso, que podría constituirlo el tiempo de reacción y un factor muscular. Estos dos factores tendrían que producirse, para ajustarse al concepto de velocidad, en un mínimo de tiempo y a una intensidad máxima (Prat J.A. y cols. 1984). El sub-factor de coordinación sería aún mucho más complejo; por una parte, pese a que se ha constatado que el tiempo o la rapidez de conducción del impulso nervioso, valorado con

..... **Discusión**

potenciales evocados en nervios motores y sensitivos, es muy parecido de unas personas a otras, el tiempo de asociación cortical de las áreas sensitivas y motoras no es, sin embargo igual, y depende de otros muchos factores (Jost-Relyveld A. y cols. 1985). Estos otros factores que intervienen en el movimiento podrían considerarse como la coordinación y se describirían como diferentes aspectos o habilidades básicas y su grado de automatización (Schnücker B. y cols 1984).

Si hacemos referencia a aspectos mucho más fisiológicos del test de la carrera de 5 X 10 m lisos, no hemos encontrado ningún estudio que haya querido entrar en valoraciones o interpretaciones fisiológicas de los resultados de dicho test.

La habilidad para correr no es un proceso sencillo ni se desarrolla de forma rápida en la infancia. Los primeros intentos reales de correr se suelen dar a los 2 ó 3 años de edad, sufriendo un progresivo desarrollo hasta los 6 ó 7 años en los que se adquiere un estilo adulto (Shephard R. J. 1982). A partir de esta edad, la velocidad de la carrera sufre dos grandes aumentos, el primero hacia los 8 ó 9 años motivado por el desarrollo del SNC y que podría coincidir con lo que algunos autores han llamado época de oro de la maduración motora. En esta etapa se ha descrito un gran

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

aprendizaje de nuevos movimientos, así como la automatización de otros, y se suele desarrollar entre los 9 y 12 años (Singer R.N. y cols. 1970).

El segundo período de crecimiento rápido de la velocidad de la carrera lo constituiría la etapa que va desde los 12 a 15 años (en varones) y que coincide con el incremento en la masa muscular debido a la maduración puberal (Mero A. y cols. 1988). Estas etapas podrían no quedar perfectamente reflejadas en la prueba que nos ocupa dado que, a pesar de que se trata de una prueba de carrera corta, existe un componente mucho más importante de habilidad determinado por los giros que deben hacerse en la misma y que impiden que se alcance un máximo de velocidad y obligan a desarrollar la habilidad motora o coordinación, que se podría convertir en un factor determinante.

..... *Discusión*

2.2.- VALORES DE LA PRUEBA POR EDADES Y ESTADÍOS MADURATIVOS.

Los resultados de nuestro estudio muestran que los varones tardan un tiempo muy parecido a las niñas en realizar la prueba desde los primeros años del estudio. Esto no coincide con la afirmación de que la superioridad del varón en la carrera se manifiesta ya desde antes de la pubertad y que esto se debe a fenómenos de aprendizaje motor que se relacionan con las actividad que realizan cada uno de los sexos (Shephard R.J. 1982); ello puede deberse a las especiales características de este tipo de carrera que no permiten alcanzar máximos de velocidad. Otros estudios observan también unas diferencias medias de aproximadamente 1 segundo desde los 12 a los 14 años (Kemper H.C.G. y cols. 1985 (c)), si bien no encuentran como en nuestro caso una coincidencia de resultados a la edad de 12 años.

Otro punto a destacar es la poca influencia que ejerce la maduración puberal sobre esta prueba y que, al igual que lo encontrado en otros estudios (Kemper H.C.G. y cols 1985 (c)), parece que el componente principal que la determina es la edad, que podría llegar a influir en un 3% de la variabilidad en las hembras y hasta en un 25% en los varones de edades comprendidas entre los 12 y 16 años (Kemper H.C.G.

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m.....

y cols. 1981). Esta importancia de la edad cronológica sobre determinadas habilidades motoras, es un fenómeno que ha sido atribuido al propio tiempo de vida, a las experiencias psicomotrices y no a la propia maduración (Jost-Relyveld A. y cols. 1985). Este podría ser el motivo por el cual las jóvenes gimnastas, que en general tienen bajos niveles de maduración respecto a su edad cronológica, sean capaces de adquirir altos niveles de coordinación motora.

En cuanto a los resultados de nuestro estudio respecto a otros trabajos, cabe señalar que nuestros resultados son mayores (tardan más tiempo en realizar la prueba). Si lo comparamos con el estudio de Kemper (Kemper H.C.G. y cols. 1985 (c)), observamos que en nuestro estudio existen unas diferencias medias de más de 5 segundos a los 12 años que se reducen a alrededor de 4 segundos a los 15 años en los varones, observándose un comportamiento parecido en las hembras. Uno de los factores que podría explicar en parte este fenómeno es que, en el estudio de Kemper la prueba fue realizada tomando a los individuos en grupos, lo que le confería a la prueba un aspecto más competitivo, competitividad que influye positivamente en los resultados de los tests físicos (Shephart R.J. 1982).

La diferencia media debida a la participación del sentido competitivo en la presente prueba, podríamos valorarla en

..... *Discusión*

alrededor de un segundo, que sería la diferencia media existente entre el estudio de Kemper y otro de iguales características realizado por Bovend'eerd (Bovend'eerd 1980), en el cual las únicas diferencias existentes respecto al de Kemper serían que: en primer lugar, las pruebas se realizaban de forma individual, y en segundo lugar que se trataba de un estudio transversal mientras que el estudio de Kemper era un estudio longitudinal. Las diferencias que podía representar el hecho de tratarse de un estudio longitudinal, serían que pudiese haber un componente de aprendizaje en la repetición de la prueba año tras año. Estas diferencias se hubieran demostrado por una falta de paralelismo en la evolución de la prueba en ambos estudios a lo largo de la edad; estas diferencias no se encontraron. A pesar de que se ha demostrado que pueden haber diferencias por el hecho de haber realizado ya una prueba con anterioridad (Shephart-Lavallée 1977), en el caso de la prueba que actualmente nos ocupa, parece que no se han podido demostrar tales diferencias.

Por todo ello, el componente competitivo podría ser la principal causa de las diferencias observadas en los mencionados estudios y que no estuvo presente en nuestro trabajo. A pesar de ello, nuestro estudio se encuentra lejos aún del estudio de Kemper, y aunque menos, también del de

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

Bovend'eerd. Por ello tenemos que pensar que podrían existir otras causas de tales diferencias. La primera causa que tenemos que descartar es que se trate de poblaciones de características diferentes, lo que querría decir que otra población de similares características a la nuestra obtendría resultados muy parecidos. Esto no ocurre así cuando comparamos nuestros resultados con otros obtenidos también sobre una población escolar catalana (Prat J.A. 1988), en los que se aprecian similares diferencias a las observadas con Bovend'eerd. El último aspecto que nos falta por valorar, es si existieron algunas diferencias en la aplicación del test (Shephart R.J. 1972) o bien diferencias de tipo ambiental, que también se ha visto que pueden tener una influencia en los resultados de una prueba (Strydom 1978). Las únicas diferencias que hemos podido encontrar son que la prueba no se desarrolló en un ambiente deportivo conocido para los alumnos, y que se detectó un pequeño grado de deslizamiento sobre la superficie donde se desarrolló la prueba. A pesar de ello se decidió mantener las características del suelo para no afectar la comparabilidad con los primeros resultados, manteniendo así la validez interna del estudio a costa de perder parte de validez externa.

2.3.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LAS VARIABLES ANTRÓPOMÉTRICAS, DE COMPOSICIÓN CORPORAL Y PSICOLÓGICAS.

El análisis de las correlaciones entre este test y las variables antropométricas y de composición corporal, nos muestra que no existen significaciones estadísticas ni con el peso ni con la talla. Estos resultados parecen estar en desacuerdo con los obtenidos por Kemper (Kemper H.C.G. 1981), en los que encontraba unas r^2 con la talla de 0.18 y 0.3 en varones y hembras respectivamente y con el peso de 0.15 y 0.6 en varones y hembras respectivamente. Estos resultados no demuestran sin embargo una asociación ni con la talla ni con el peso, puesto que se realizaron con individuos de edades diferentes y esconden una tercera asociación con la edad. Otros estudios que han estudiado estas asociaciones fijando la edad, tampoco han encontrado realciones significativas (Van Mechelen y cols 1990).

Las únicas correlaciones significativas con la composición corporal que hemos encontrado para esta prueba han sido con el porcentaje de grasa corporal, que se asocia negativamente con los resultados del test aunque de forma poco potente. La posible explicación de este fenómeno sería similar a la que ocurre con el salto vertical; cuando hay que desplazar el

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

peso del cuerpo, la parte grasa actúa como "lastre" dificultando el movimiento. Aunque este fenómeno se da principalmente en actividades antigravitatorias (Beunen G. 1984 y cols.) (Malina R.M. y cols. 1975), la carrera también tiene un pequeño componente de desplazamiento vertical que explicaría en parte estas pequeñas asociaciones.

En cuanto a las correlaciones obtenidas con los tests psicológicos cabe destacar las que se establecen con el test de atención y los tests que miden el desarrollo cognoscitivo (TEA), los cuales podrían tener relación con el nivel de coordinación motora del individuo, si bien en este estudio las asociaciones encontradas son muy débiles.

Algunos estudios han analizado la influencia del incremento en el número de horas de educación física y han encontrado un aumento en el desarrollo psicomotor y en las habilidades matemáticas (Volle M. y cols. 1984)(Shephard R.J.1984)(Rigal R.A. y cols. 1976). Según estos estudios podríamos pensar que la asociación de los mejores resultados de la prueba y los tests cognitivos, especialmente el TEA-cálculo, podrían deberse a su vez a una mayor experiencia motriz lo cual explicaría la fuerte asociación con la edad. Todo ello coincide con la afirmación de Piaget (Piaget J.L. 1957), que afirmaba que el aprendizaje y el desarrollo de los mecanismos cognitivos dependen en gran parte del movimiento.

..... *Discusión*

2.4.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LOS RITMOS MADURATIVOS.

El estudio de la evolución de los distintos individuos agrupados por ritmos madurativos revela que no existen diferencias entre los mismos. Esto parece que concuerda con la poca relación que esta prueba muestra con los componentes musculares y grasos de la composición corporal y con el nivel de maduración que en parte los determina y que ya hemos analizado en el apartado 2.2 de esta discusión.

2.5.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON EL NIVEL SOCIOECONÓMICO.

En el análisis de los resultados de este test en relación con el nivel socioeconómico, se observa que los individuos de nivel socioeconómico más alto obtienen unos resultados medios mejores, tanto en los varones como en las hembras. Estos resultados podrían contradecirse con algunos estudios que afirman que el nivel socioeconómico no se asocia con los valores de un test físico durante la pubertad (Beunen G. 1984) (Malina R.M. 1975). La explicación de esta aparente contradicción podría ser que en los estudios citados se han analizado tests en los que el componente fisiológico es muy

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

importante y por este motivo se hallan muy ligados a la pubertad, que según ellos, enmascararía cualquier otra asociación con fenómenos más de tipo motriz cuya influencia no se apreciaría.

Se ha visto, por otra parte, que el nivel socioeconómico se asocia a los resultados de los tests de desarrollo cognoscitivo (verbal y matemático) (Lindgren G.W. y cols 1988), lo cual hemos encontrado también en nuestro estudio (ver figuras 7 y 8 del apartado 3). Pese a ello, las asociaciones encontradas no son muy altas en esta prueba, lo que podría deberse a la poca especificidad de los tests psicológicos para valorar el desarrollo psicomotor y a la influencia de otras variables de tipo psicológico (motivación, ansiedad, personalidad etc.) que no han sido valoradas en el presente estudio.

Creemos que las diferencias entre ambos niveles socioeconómicos podrían deberse a la influencia de las capacidades cognoscitivas y psicomotoras ligadas a un tercer factor que podríamos llamar la experiencia motora.

APARTADO 4 - CARRERA 5 X 10 m

3.- CONCLUSIONES

APARTADO 4 - Carrera 5 X 10 m

CONCLUSIONES

- 1.- El tiempo de realización del test disminuye con la edad. A edad igual, el promedio en segundos es muy similar en ambos sexos. Esta disminución con la edad es altamente significativa.

- 2.- Ningún grupo de edad o sexo muestra, en sus resultados, correlación con la maduración puberal.

- 3.- La relación entre la composición corporal y los resultados de este test es muy débil en ambos sexos.

- 4.- Los análisis de regresión múltiple ponen de manifiesto que ninguna de las variables explicativas empleadas por nosotros mantiene una relación significativa con los resultados.

..... **Conclusiones**

5.- Al comparar los grupos de niños o de niñas según su ritmo de maduración puberal, no se encuentran nunca diferencias significativas, lo que confirma que el ritmo de la maduración puberal no interviene en los resultados de este test.

6.- En esta prueba se observan diferencias altamente significativas en relación al nivel socioeconómico y este fenómeno se observa en ambos sexos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

APARTADO 5 - TAPAR PLATOS

1.- RESULTADOS

APARTADO 5 - Tapar platos

1.1.- RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TAPAR PLATOS.
DISTRIBUCIONES POR EDAD, SEXO Y NIVEL
MADURATIVO

En las figuras 1 y 2, se muestra la evolución de los resultados de la prueba de tapar platos expresados en percentiles, a través de la edad. En estas gráficas se puede observar que los varones obtienen mejores resultados (tardan menos tiempo) que las hembras; esto, sólo ocurre cuando los comparamos en el mismo año de la realización de la prueba; en tal caso los niños son un año mayores que las niñas y se produce casi una superposición entre el percentil 50 de las niñas y el percentil 75 de los niños, manteniéndose así hasta el último año del estudio. Si comparamos los dos sexos a las mismas edades, la situación es a la inversa; los varones obtienen unos resultados peores (superiores) que las hembras, situándose su percentil 50 entre el 75 y el 90 de las hembras. Esto ocurre en los primeros años, pero poco a poco se van igualando hasta que a la edad de 14 años, los varones muestran valores inferiores (mejores) a los de las hembras.

Hay que señalar que el mayor descenso en el tiempo de tapar platos, es el que se produce entre el primer y segundo año del estudio. En este período, las niñas disminuyen de media

..... **Resultados**

más de 9 segundos y los niños casi 6.

Los menores incrementos, se producen entre el 4º y 5º año, en los que los valores medios de esta prueba, prácticamente no varían.

Cuando analizamos los resultados obtenidos por estadios puberales y edad (Tablas 1 y 2), cabe señalar que ni en el grupo de niños, ni en el grupo de niñas, se observan diferencias significativas entre los valores obtenidos por los diferentes grupos madurativos, dentro de la misma edad. El análisis de la varianza entre los distintos grupos de edad cogidos globalmente, muestra unos descensos estadísticamente significativos, tanto en los varones como en las hembras.

APARTADO 5 - Tapar platos

EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA CON LA EDAD. NIÑAS

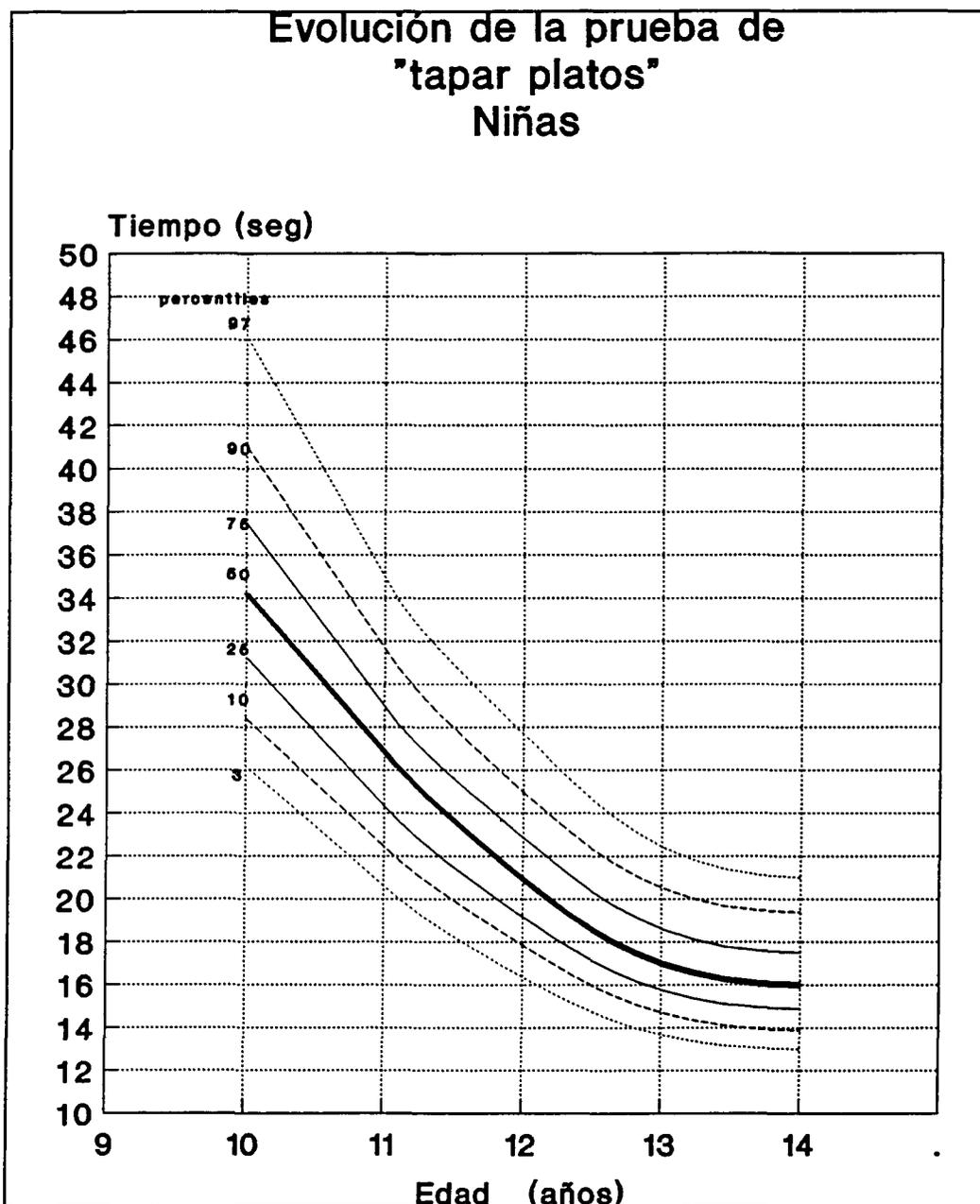


Fig. 1

EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA CON LA EDAD. NIÑOS

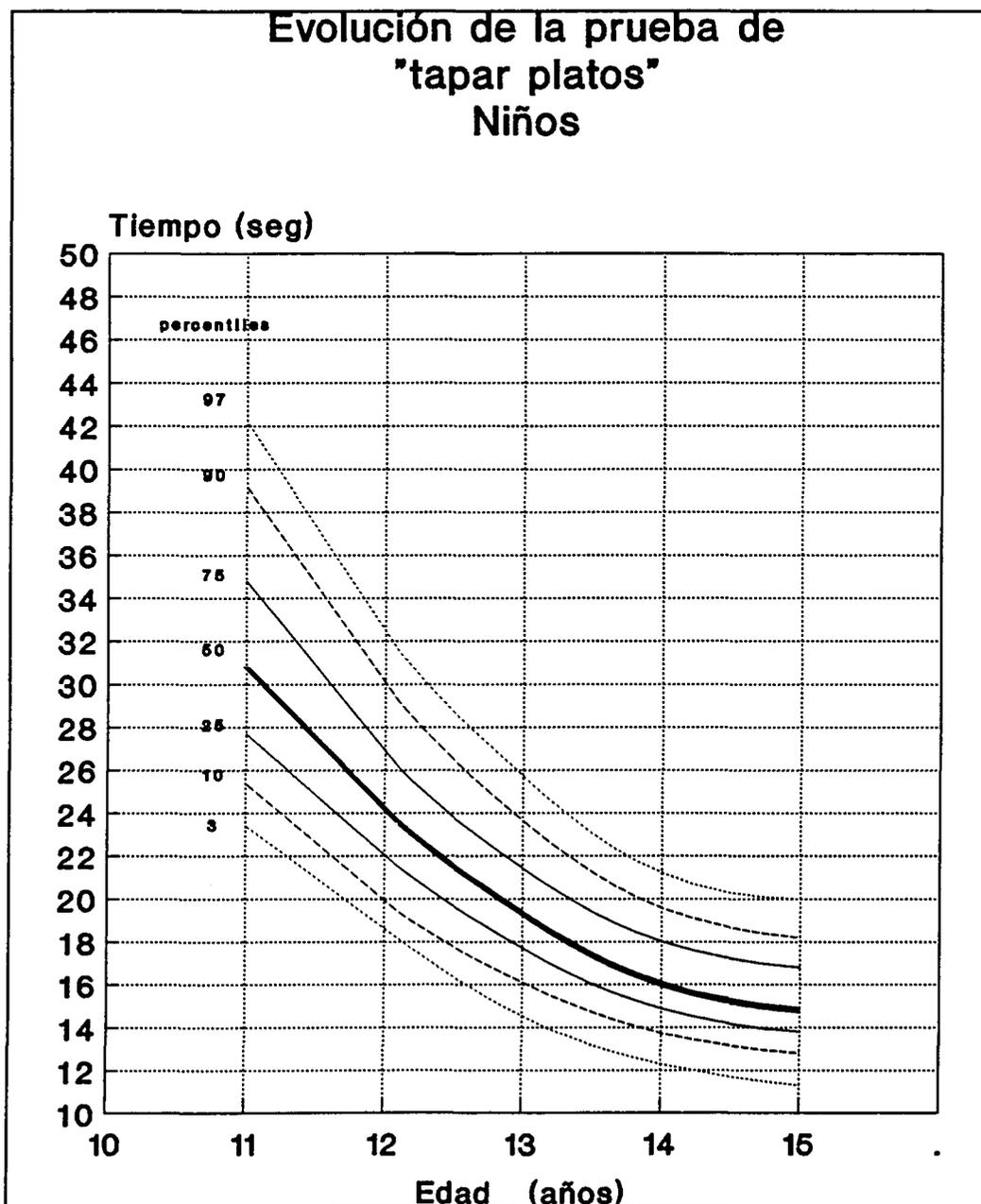


Fig. 2

APARTADO 5 - Tapar platos

TAPAR PLATOS (seg)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y ESTADÍOS PUBERALES (TANNER)

NIÑAS

TABLA 1

EDAD	10			11			12		
	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>
EST. PUB.									
Total	34.6	5.2	237	25.8	3.2	219	21.3	3.05	206
S1	34.6	4.8	133	25.3	3.6	59	20.9	3.4	17
S2	34.9	5.5	65	25.1	2.6	63	20.7	2.8	34
S3	34.2	6.6	28	26.7	3.2	63	21.6	3.4	67
S4	34.0	4.2	10	25.8	2.5	25	21.5	2.9	52
S5	---	---	1	26.8	3.6	9	21.1	2.4	36
Prob. (p)	n.s.	---	---	n.s.	---	---	n.s.	---	---

TAPAR PLATOS (Continuación)

NIÑAS

TABLA 1 (continuación)

EDAD	13			14		
EST. PUB.	media	dv. std.	n	media	dv. std.	n
Total	16.5	2.1	192	16.4	2.3	162
S1	16.5	2.8	6	---	---	---
S2	16.6	2.4	29	16.1	3.1	11
S3	16.4	2.2	52	16.5	2.2	29
S4	16.6	1.8	56	16.4	2.0	58
S5	16.2	2.1	49	16.4	2.4	64
Prob. (p)	n.s.	---	---	n.s.	---	---

Análisis de la varianza entre los grupos de edad $p < 0.0001$

APARTADO 5 - Tapar platos

TAPAR PLATOS (seg)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS) Y

ESTADÍOS PUBERALES (TANNER)

NIÑOS

TABLA 2

EDAD	11			12			13		
	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>
PUB.									
Total	31.2	5.1	325	23.3	3.0	303	19.5	3.1	287
G1	30.9	5.1	196	22.9	2.9	98	19.3	2.4	35
G2	31.8	5.1	114	23.4	2.9	136	19.2	3.0	115
G3	30.5	4.8	14	24.0	3.8	54	19.9	3.0	91
G4	---	---	1	23.0	2.3	13	19.2	4.0	41
G5	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Prob. (p)	n.s.	---	---	n.s.	---	---	n.s.	---	---

TAPAR PLATOS (Continuación)

NIÑOS

TABLA 2 (continuación)

EDAD	14			15		
EST. PUB.	media	dv. std.	n	media	dv. std.	n
Total	15.9	2.5	236	15.1	2.3	171
G1	16.01	1.4	11	---	---	---
G2	15.9	1.9	51	15.2	2.4	17
G3	16.0	2.2	71	15.2	3.0	22
G4	15.9	3.3	79	15.1	2.2	57
G5	15.8	1.7	24	15.0	2.2	75
Prob. (p)	n.s.	---	---	n.s.	---	---

Análisis de la varianza entre los grupos de edad $p < 0.0001$

APARTADO 5 - Tapar platos

1.2.- RELACIÓN CON LAS VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS Y DE COMPOSICIÓN CORPORAL.

Después de realizar análisis de correlaciones entre las variables antropométricas y la prueba de tapar platos, no hemos podido observar ninguna correlación estadísticamente significativa en ningún grupo de edad y en ningún sexo.

Las variables antropométricas que se han intentado correlacionar han sido: el área muscular del brazo, el área grasa del brazo, el porcentaje de grasa corporal, el peso, y la talla. En los varones, se intentó correlacionar también con el índice de volumen testicular, no obteniéndose tampoco resultados que demostrasen asociación alguna.

1.3.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LAS VARIABLES PSICOLÓGICAS.

En las tablas 3 y 4 se muestran los resultados de las correlaciones entre la prueba de tapar platos y las variables psicológicas.

Lo que cabe destacar en primer lugar, es que el test que más asociaciones y mayor potencia muestra con la prueba de tapar platos, es el test de las caras (test de atención). Este

..... **Resultados**

test se correlaciona con la prueba de tapar platos en todos los grupos de edad y en ambos sexos. Dichas correlaciones son negativas, lo que quiere decir que cuanto mejor sea el resultado en el test de atención, menos tiempo tardará en la prueba de tapar platos. La asociación entre el test de atención y la prueba de tapar platos muestra una mayor potencia en el caso de los niños que en el caso de las niñas.

Otras asociaciones que cabe mencionar, son las que se establecen con los tests cognoscitivos (TEA) y con la inteligencia (RAVEN). En el caso de los niños, esta asociación se muestra estadísticamente significativa con todos los tests y en todos los grupos de edad, observándose una mayor potencia en la asociación a partir del tercer año del estudio (13 años). En el caso de las niñas, las asociaciones son de menor potencia y existen algunos tests en los que, en algún año, no se demuestra significación estadística. Hemos de señalar que, a diferencia de los niños, en las niñas las mejores asociaciones las encontramos en los dos primeros años del estudio (10 y 11 años).

APARTADO 5 - Tapar platos

TAPAR PLATOS (seq)

RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES OBTENIDAS CON LAS VARIABLES

PSICOLÓGICAS. DISTRIBUCIÓN POR EDADES

NIÑAS

TABLA 3

VARIABLES PSICOLÓGICAS	10 años	11 años	12 años	13 años	14 años
Test de atención (Caras)		-.24**	-.20**	-.21**	-.23**
Aptitud verbal (TEA.V)		-.24**	--	--	
Aptitud razonamiento (TEA.R)		-.16*	-.16*	-.16*	
Aptitud cálculo (TEA.C)		--	-.19**	-.13*	
Inteligencia (Raven)	-.23**				-.16*

p < 0.005 **

0.005 < p < 0.05 *

TAPAR PLATOS (seg)

RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES OBTENIDAS CON LAS VARIABLES

PSICOLÓGICAS. DISTRIBUCIÓN POR EDADES

NIÑOS

TABLA 4

VARIABLES PSICOLÓGICAS	11 años	12 años	13 años	14 años	15 años
Test de atención (Caras)		-.30**	-.28**	-.31**	-.23**
Aptitud verbal (TEA.V)		-.23**	-.18**	-.28**	
Aptitud razonamiento (TEA.R)		-.18**	-.15*	-.23**	
Aptitud cálculo (TEA.C)		-.13*	-.25*	-.30**	
Inteligencia (Raven)	--				-.25**

p < 0.005 **

0.005 < p < 0.05 *

APARTADO 5 - Tapar platos

1.4.- ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

Los resultados del análisis de regresión múltiple en niños de 14 años se muestran en la tablas 5.

En el caso de las niñas, se intentó el análisis de regresión múltiple por el método stepwise, pero tras aparecer la primera variable en la ecuación (test de atención), ninguna otra variable incrementaba el poder predictivo de esta primera.

Tanto en los niños como en las niñas, aparece como primera variable en la ecuación el test de atención (caras)

En las niñas, el test de atención consigue una R de 0.21 negativa con el tiempo de realización de la prueba.

En el caso de los niños, el nivel de predicción es superior. La prueba de la atención, consigue una R de 0.33. La siguiente variable que aparece, es un test que valora el desarrollo cognoscitivo en su dimensión de cálculo (TEA-Cálculo). Este test, eleva la R múltiple hasta 0.40, consiguiéndose una predicción de la variabilidad de la prueba del 16%.

TAPAR PLATOS (seg)

RESULTADOS DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE (método stepwise)

NIÑOS 14 años

TABLA 5

VARIABLES INDEPENDIENTES	M.R.	B	BETA	BETA 2
TEST DE ATENCIÓN (caras)	.33	-.07	-.24	5.7
TEA CÁLCULO	.40	-.60	-.22	4.8
CONSTANTE : 18.9 ES : 2.4 R2 x 100 : 16				

- MR: Coeficiente de correlación múltiple
R2 X 100: % de explicación total de la variabilidad
ES: Error estándar
B: Coeficiente de regresión
BETA: Coeficiente de Regresión estandarizado
BETA2: % de contribución directa de la variable

Fórmula predictora

$$\text{TIEMPO EN TAPAR PLATOS} = 18.9 - 0.07 (\text{Atención}) - 0.6 (\text{TEA cálculo})$$

APARTADO 5 - Tapar platos

1.5.- EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA EN LOS DISTINTOS GRUPOS DE RITMOS MADURATIVOS.

El estudio de la evolución del salto vertical por ritmos madurativos, no revela ninguna relación entre los resultados de la prueba de tapar platos con los distintos grupos de ritmos de maduración.

En las tablas 6 y 7, se muestran las medias y desviaciones estándar de la prueba de tapar platos distribuidas por edades y estadios madurativos en las niñas (tabla 6) y en los niños (tabla 7).

Tanto en los niños como en las niñas, las máximas diferencias que se establecen entre los resultados de la prueba obtenidos por los distintos grupos de ritmos madurativos son, en su mayoría, inferiores a 1 segundo.

Tal y como se puede apreciar por la homogeneidad de resultados obtenidos por los 4 ritmos de maduración de las figuras 3 y 4, no parece haber independencia entre los grupos madurativos.

Se ha realizado un análisis de la varianza entre los grupos

..... **Resultados**

de ritmos madurativos, no observándose diferencias significativas en ningún grupo de edad, ni en los niños ni en las niñas.

APARTADO 5 - Tapar platos

TAPAR PLATOS (seg.)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y RITMOS MADURATIVOS

NIÑAS

TABLA 6

	10 AÑOS	11 AÑOS	12 AÑOS	13 AÑOS	14 AÑOS
RITMO 1	Med. 34.8	Med. 26.0	Med. 21.7	Med. 16.6	Med. 15.9
	DS. 5.3	DS. 3.1	DS. 3.4	DS. 2.5	DS. 2.3
	Nº 46	Nº 46	Nº 45	Nº 40	Nº 29
RITMO 2	Med. 34.5	Med. 25.5	Med. 21.5	Med. 16.7	Med. 16.4
	DS. 4.9	DS. 2.8	DS. 2.8	DS. 2.1	DS. 2.0
	Nº 64	Nº 64	Nº 64	Nº 58	Nº 47
RITMO 3	Med. 34.0	Med. 25.8	Med. 20.7	Med. 16.0	Med. 16.4
	DS. 5.1	DS. 3.1	DS. 3.2	DS. 2.3	DS. 2.5
	Nº 37	Nº 37	Nº 37	Nº 33	Nº 27
RITMO 4	Med. 33.5	Med. 24.2	Med. 21.8	Med. 16.4	Med. 16.3
	DS. 5.1	DS. 4.3	DS. 3.8	DS. 2.4	DS. 2.8
	Nº 18	Nº 18	Nº 18	Nº 17	Nº 17

TAPAR PLATOS (seg.)
RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)
Y RITMOS MADURATIVOS
NIÑOS

TABLA 7

	11 AÑOS	12 AÑOS	13 AÑOS	14 AÑOS	15 AÑOS
RITMO 1	Med. 31.8	Med. 24.0	Med. 19.9	Med. 15.9	Med. 15.4
	DS. 4.9	DS. 3.3	DS. 3.5	DS. 2.2	DS. 2.2
	Nº 43	Nº 43	Nº 43	Nº 38	Nº 29
RITMO 2	Med. 30.6	Med. 23.5	Med. 19.6	Med. 15.8	Med. 14.6
	DS. 4.5	DS. 3.0	DS. 3.0	DS. 3.2	DS. 2.1
	Nº 83	Nº 82	Nº 83	Nº 68	Nº 53
RITMO 3	Med. 31.7	Med. 23.2	Med. 19.1	Med. 15.5	Med. 14.8
	DS. 5.1	DS. 2.7	DS. 3.0	DS. 2.2	DS. 2.1
	Nº 85	Nº 85	Nº 83	Nº 70	Nº 50
RITMO 4	Med. 30.8	Med. 23.2	Med. 19.3	Med. 16.5	Med. 16.0
	DS. 3.8	DS. 2.5	DS. 2.3	DS. 2.0	DS. 2.9
	Nº 42	Nº 42	Nº 42	Nº 37	Nº 22

APARTADO 5 - Tapar platos

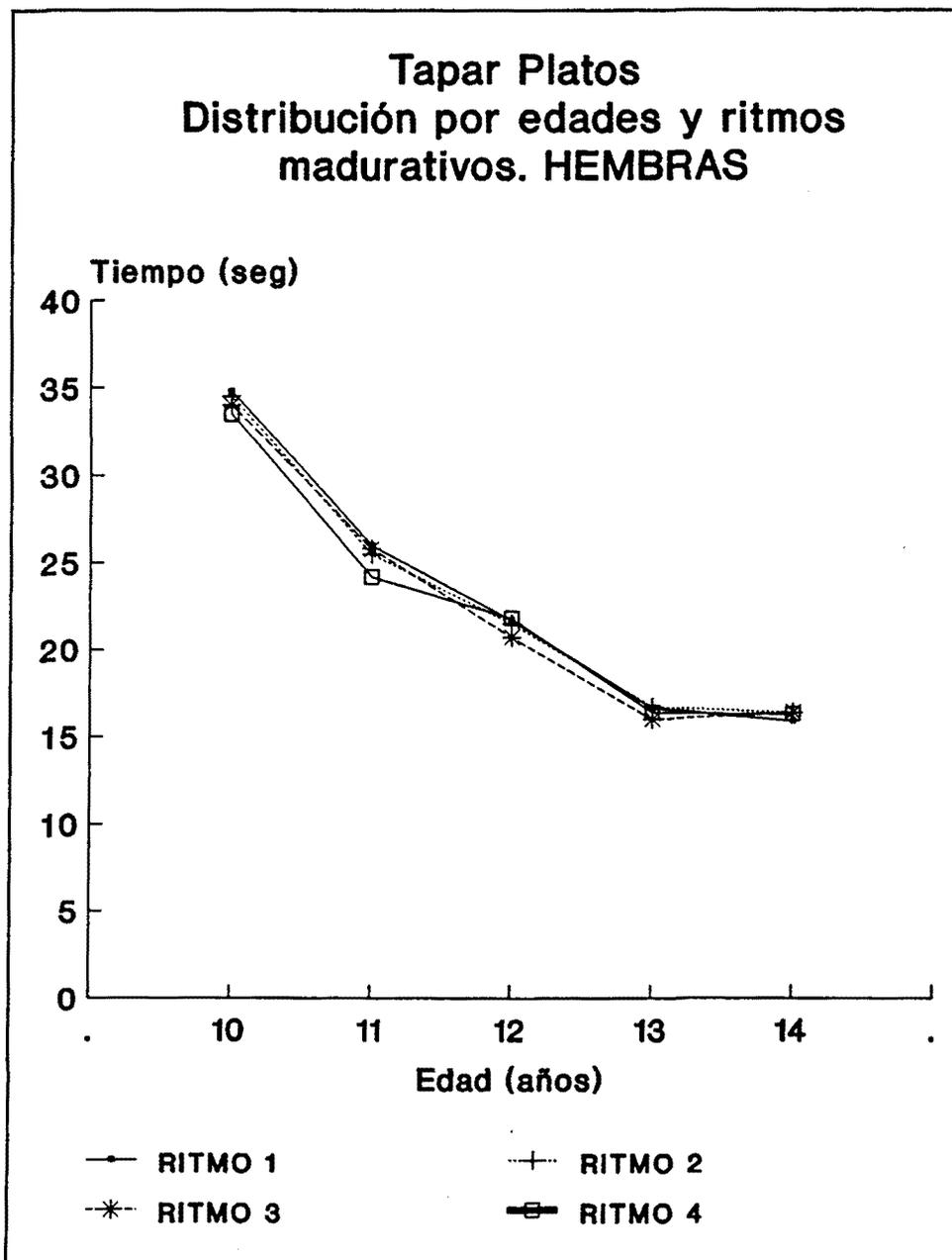


Fig. 3

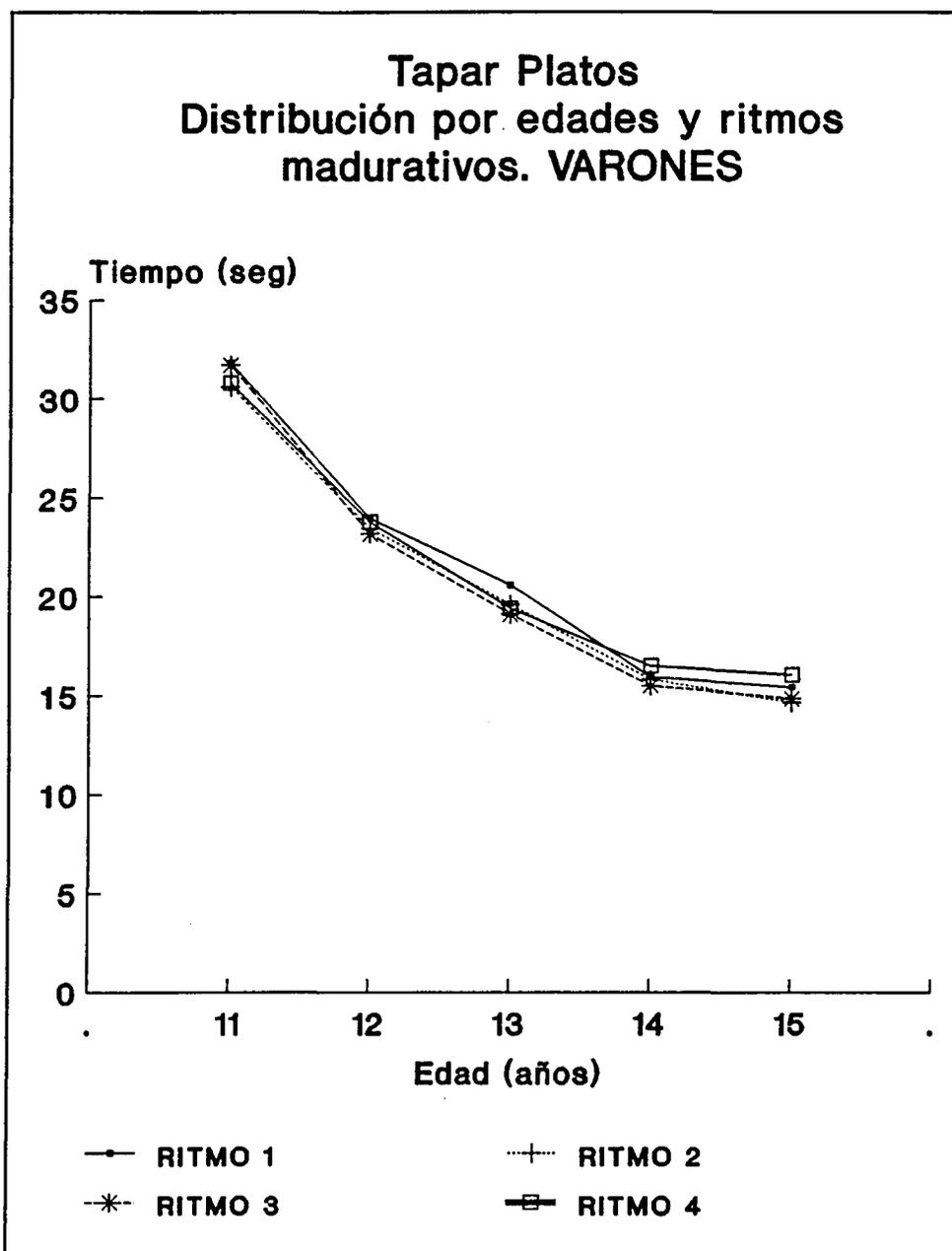


Fig. 4

APARTADO 5 - Tapar platos

1.6.- EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA EN LOS DISTINTOS GRUPOS DE NIVEL SOCIOECONÓMICO.

En las figuras 5 y 6, se muestran las medias de los resultados de la prueba de tapar platos distribuidas por edades y agrupadas por niveles socioeconómicos.

Hemos de destacar que, en todos los grupos de edades y en ambos sexos, el grupo de nivel socioeconómico más alto obtiene mejores resultados en la prueba. Esta tendencia se muestra estadísticamente significativa en dos grupos de edades en los niños y en tres en las niñas, no llegando a la significación estadística en los demás grupos de edades.

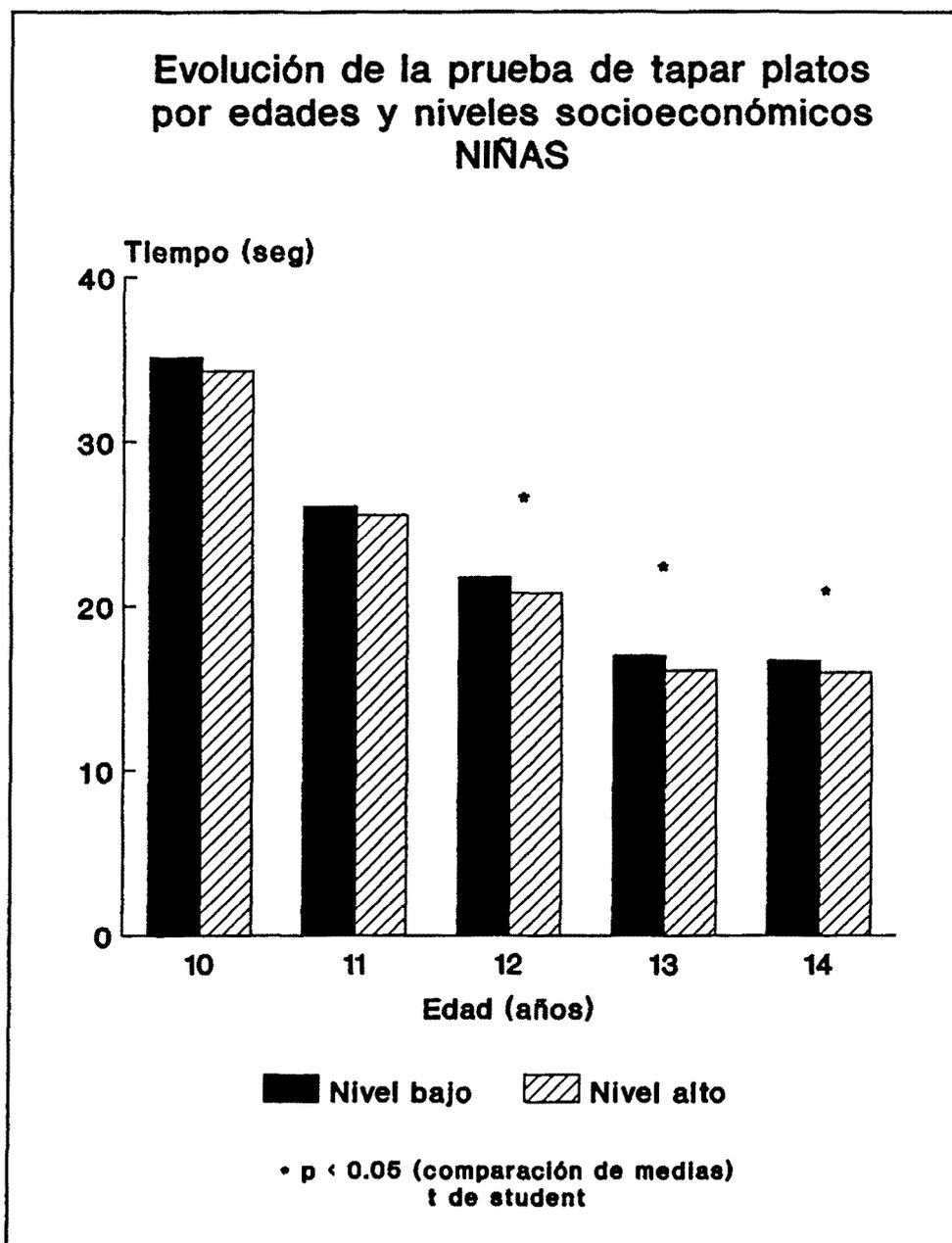


Fig. 5

APARTADO 5 - Tapar platos

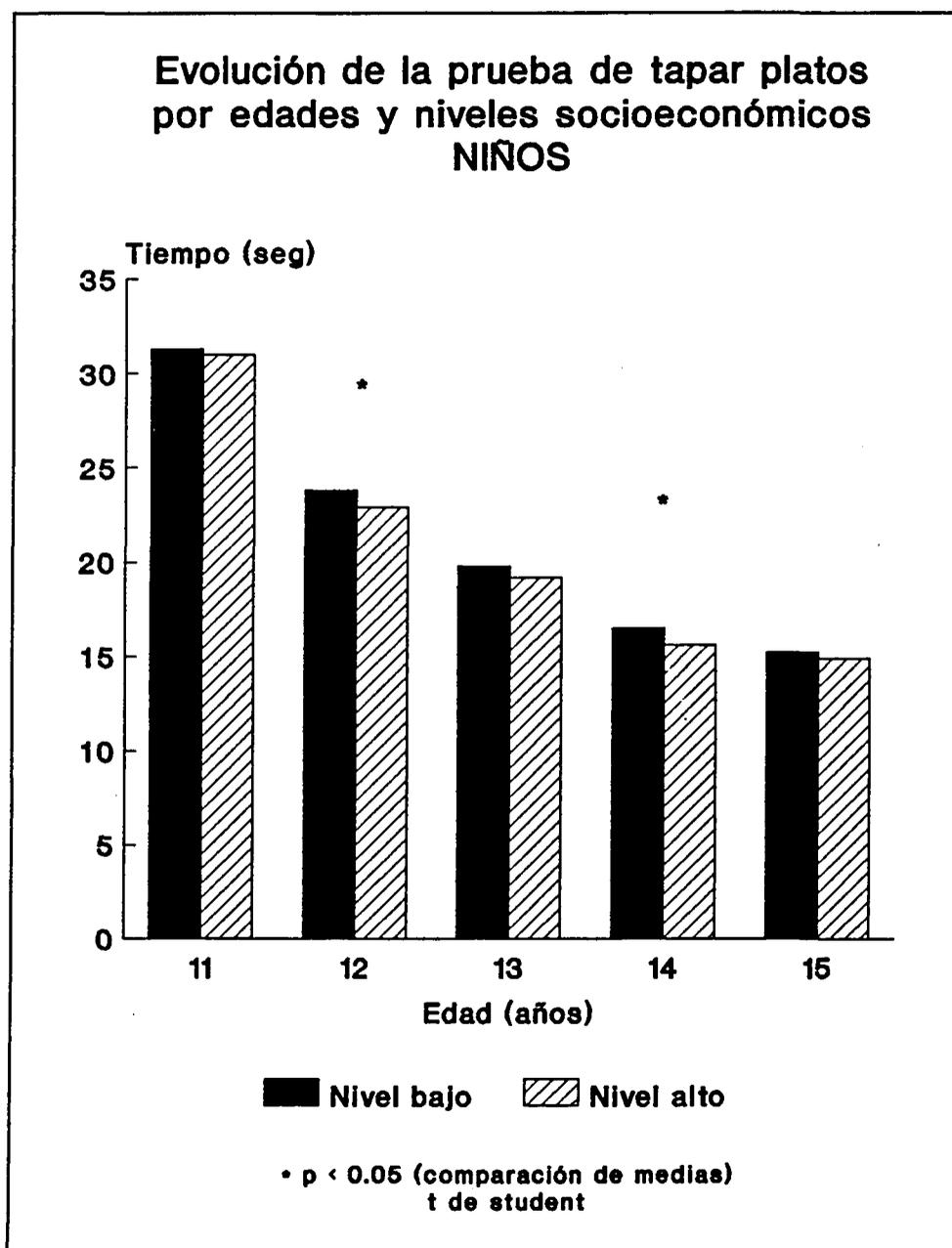


Fig. 6

APARTADO 5 - TAPAR PLATOS

2.- DISCUSIÓN

APARTADO 5 - Tapar platos

2.1.- METODOLOGÍA Y SIGNIFICADO DE LA PRUEBA

En la prueba que nos ocupa existen algunas variantes metodológicas en su realización. En nuestro caso, hemos realizado la prueba utilizando una metodología muy similar a la descrita por Bovend'eerd (Bovend'eerd y cols. 1980). La única diferencia con este autor ha sido que en nuestro caso, exigimos para su realización, que los platos fuesen tapados completamente y no tan sólo tocados, y que nuestro estudio no permitió un ensayo previo. Existen otras baterías de test como la EUROFIT, que incluye esta prueba con algunas variaciones, que consisten en la utilización de unas placas situadas en la mesa que deben ser tocadas con la palma de la mano. Estas placas, se encuentran a 80 cm en lugar de a 75 como en nuestro caso (CDDS 1987). Otros test, en lugar de medir el tiempo, miden las veces que se logran tapar los platos en un tiempo determinado (30 seg.) y utilizan una distancia de 60 centímetros entre ambos platos (Szmodis I. y cols. 1984). El objetivo de todos ellos es medir la máxima velocidad de desplazamiento del miembro superior dominante, entre dos puntos relativamente separados. La prueba que analizaremos en este apartado, se ha clasificado como una prueba de velocidad de la extremidad superior.

El concepto de velocidad de la extremidad superior, pese a

..... *Discusión*

que se ajusta perfectamente a lo que es la prueba, tiene sin embargo, poco significado fisiológico y puede considerarse como una definición descriptiva de la prueba. A pesar de ello, la mayor parte de estudios revisados, no otorgan ningún otro calificativo a la prueba y la denominan indistintamente "Plate-Tapping test" o prueba de velocidad del brazo (Kemper H.C.G. 1985 (c))(Bovend'eerdt y cols 1980)(CDDS 1986).

Si analizamos el concepto de velocidad, descubrimos en ella dos componentes fundamentales: uno muscular y otro nervioso (Prat J.A. 1984). El componente nervioso a su vez, tiene varios elementos esenciales, para comprender el concepto de velocidad. Por una parte, existe lo que llamamos el tiempo de conducción nerviosa y por otra el tiempo de asociación cortical de las áreas motoras y sensitivas.

Se ha visto que, mientras el tiempo de conducción varia muy poco de un individuo a otro, el tiempo de asociación motor-sensorial, es distinto entre varios individuos y se relaciona con la maduración del SNC, la edad, o la concentración (Jost-Relyveld A. y cols. 1985).

Si analizamos la prueba que nos ocupa, descubrimos que existe, aunque menos que en otras actividades, un componente muscular. El hecho de no tener que desplazar ninguna carga y de que la prueba carezca de componente antigravitacional,

APARTADO 5 - Tapar platos

hacen que la fuerza muscular necesaria para realizar la prueba sea reducida.

Por otra parte, el otro componente que puede jugar algún papel en esta prueba es la asociación moto-sensorial cortical. Creemos que este componente es uno de los principales de esta prueba y sin embargo, no hemos podido encontrar trabajos que mencionen de forma clara, la palabra coordinación motora para calificar a esta prueba. Actualmente, sí existen estudios que califican como coordinación, a pruebas muy similares, en las que deben taparse unos platos con las dos manos y con ritmos diferentes en cada una de ellas (Jeffery J. y cols. 1993)(Summers J.J. y cols 1992). La razón de que a estas pruebas se las califique como pruebas de coordinación, podríamos encontrarla en el hecho de que se trata de pruebas que requieren la "coordinación de ambas manos".

En nuestro caso, creemos que podría tratarse de una prueba de coordinación, si entendemos como coordinación, aquella que se establece en el territorio cortical del SNC entre los impulsos sensitivos y motrices. En el apartado 1.3.6 de la introducción, se muestra sin embargo, que la coordinación motora es un fenómeno que depende a su vez de múltiples habilidades y quizás por ello exista esta gran dificultad para definirla de forma simple.

..... *Discusión*

2.2.- VALORACIÓN DE LA PRUEBA POR EDADES Y ESTADÍOS MADURATIVOS.

El primer hecho que debemos mencionar sobre los resultados de nuestro trabajo, es que se observa un gran descenso del tiempo de realización de la prueba entre el primer y segundo año del estudio. Este descenso, que se sitúa alrededor de 8 segundos tanto en los varones como en las hembras, nos hace pensar en que podría tratarse de una diferencia debida al factor aprendizaje, dado que en el segundo año, existía ya una primera experiencia sobre la prueba. Este hecho es analizado en algunos trabajos como el de Simons (Simons J. 1979), en los que se observaba una clara influencia del propio aprendizaje de la prueba respecto a los resultados del test. Sin embargo, en nuestro estudio se repitió el test por segunda vez al cabo de un año y no se ha demostrado que existan diferencia debidas al aprendizaje transcurrido un período tan largo de tiempo. Kemper, intentó comprobar este fenómeno mediante la comparación de su estudio con otro transversal (Kemper H.C.G. 1985 (c)); desgraciadamente no pudo sacar una conclusión clara puesto que existían diferencias de registro durante el primer año de su estudio. En nuestro caso, creemos que en parte ha podido influir el

APARTADO 5 - Tapar platos

factor entrenamiento, dado que en nuestro estudio, esta prueba se realizó sin un ensayo previo y en las instrucciones que se le daba al niño, se le decía que debían tapar correctamente cada plato y no sólo tocarlo. Creemos que estos dos factores tuvieron una especial importancia en el primer año del estudio, en el que algunos niños se mostraron demasiado escrupulosos a la hora de realizar la prueba. En primer año, se enfrentaron también a un test que no habían probado nunca. Por otra parte, en ese año se tomó contacto por primera vez con el medio donde se realizaba el estudio, lo que pudo también influir en los resultados. Esta multiplicidad de factores podría ser la causa de que durante el primer año se obtengan resultados muy altos.

Si comparamos los resultados de ambos sexos a igual edad, observamos que existe una superioridad en los resultados de las niñas que llega hasta los 13 años; a los 14 años, los resultados de los niños son ligeramente superiores. Este hecho, ha sido también observado en el estudio de Kemper (Kemper H.C.G. 1985 (c)) y de forma menos evidente en el de Bovend'eerd (Bovend'eerd y cols. 1980). Sin embargo, en los estudios mencionados, esta ligera superioridad del varón no se produce hasta los 16 ó 17 años. Esta diferencia con nuestro estudio, podría deberse a que se trata de estudios realizados en medios diferentes, pudiendo ello influir a

..... *Discusión*

través de factores culturales (Malina R.M. y cols. 1978) o genéticos (Perusse L. y cols. 1987). El análisis de otros estudios realizados con individuos de nuestro medio (Prat J.A. 1988), no contribuye a aclarar este hecho puesto que tal estudio no refleja grandes diferencias entre los resultados obtenidos por ambos sexos.

En cuanto a los valores de los resultados, nuestro estudio obtiene unos tiempos de realización de la prueba superiores a los otros estudios comparados. Ello se debe principalmente a las diferencias en la metodología de aplicación, ya comentadas en el anterior apartado.

Pese a que algunos autores señalan que la maduración puberal podría determinar gradualmente la posibilidad de aprendizaje y la realización de tareas cada vez más complejas (Andrade F.J. y cols 1990), los resultados de nuestro trabajo muestran una relación importante sólo con la edad, tanto en los varones como en las hembras. Este hecho, ya observado en otros trabajos (Kemper H.C.G. 1981) (Kemper H.C.G. 1985 (c)) (CDDS 1987), puede deberse a que son las experiencias motrices, las que más contribuyen a la mejora de la prueba, y por tanto la edad, vista como el tiempo de vida, aumenta el número de dichas experiencias motrices (Jost-Relyveld A. y cols. 1985). Por otra parte debemos asumir que, como señalan otros autores (Joch W. y cols. 1978), existiría en

APARTADO 5 - Tapar platos

la prueba de tapar platos un límite superior que podría estar determinado genéticamente.

Los resultados de nuestro trabajo distribuidos por estadios puberales, nos sugieren que el factor madurativo no juega un papel importante en esta prueba. Ni en los resultados de los varones, ni en el de las hembras, hemos podido encontrar diferencias entre los grupos madurativos, una vez fijada la edad. Por contra, Beunen (Beunen G. y cols. 1976, 1978) encuentra algunas asociaciones entre los resultados del test y la edad ósea en niñas a los 12 y 13 años. Estas asociaciones son sin embargo muy bajas ($r = 0.8$ y 0.9). En el caso de los niños, el mismo autor también encuentra asociaciones entre la edad ósea y la prueba a los 12, 13, 14 y 15 años, todas ellas con coeficientes de correlación inferiores a 0.20 . No hemos podido encontrar ninguna explicación a estas discrepancias entre nuestro estudio y las de Beunen. Lo único que podría haber influido es que, en el caso de Beunen se utilizó la edad ósea como medida de la maduración y, al tratarse de una variable cuantitativa, pudiera haber revelado una asociación estadística con más facilidad. A pesar de ello, creemos que si existe alguna asociación con la maduración, ésta es muy débil y difícilmente explicable.

..... *Discusión*

2.3.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LAS VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS, DE COMPOSICIÓN CORPORAL Y PSICOLÓGICAS.

Lo primero que hemos de destacar en este apartado, es la completa ausencia de correlaciones significativas entre las variables antropométricas y de composición corporal y los resultados de la prueba.

Algún trabajo señala que existen asociaciones de la prueba con la talla o el peso que pueden llegar a mostrar unas r^2 del 26% y 23% respectivamente en varones, o del 11% y 7% en hembras (Kemper H.C.G. 1981). Estas asociaciones se producen sin embargo, en un grupo de edad de 10 a 18 años en el que el componente edad está muy presente y muestra unos índices de correlación muy superiores a los que se establecen con el peso o la talla. Otros trabajos que analizan esta relación fijando la edad, no encuentran ninguna asociación (Van Mechelen W. y cols. 1990)

Las variables de composición corporal, no nos muestran tampoco ninguna asociación con la prueba, lo que parece ser coherente con el hecho de que no existan tampoco variaciones respecto a la maduración puberal.

En cuanto a las variables psicológicas, hemos encontrado una relación entre los resultados de la prueba y el test de

APARTADO 5 - Tapar platos

atención (Caras). Esta relación, podría producirse porque el tiempo de asociación a nivel cortical de los estímulos sensitivos y motores, necesario para realizar un movimiento, está influido por el nivel de concentración del individuo (Jost-Relyveld A. 1985). Por ello los individuos que puntuasen más en el test de atención, alcanzarían mayores niveles de concentración y realizarían mejor la prueba.

Por lo que hace referencia a las relaciones que establece la prueba con las variables de desarrollo cognoscitivo y de inteligencia, las explicaciones que podemos encontrar pueden ser de dos tipos: o bien existe una asociación directa entre estas capacidades psicológicas y algún componente de la coordinación motora, o bien existe un tercer factor que determina a ambas. Parece ser que algunos trabajos se inclinan por la segunda opción al encontrar que, sometiendo a un grupo de individuos a un programa de educación física suplementario, se observan incrementos tanto en el nivel psicomotor como en el nivel cognoscitivo y en concreto con el factor matemático (Volle M. y cols. 1984).

Tanto en los niños como en las niñas, aparece como primera variable en la ecuación de regresión múltiple el test de atención, que se nos muestra como el más relacionado con la prueba. Tras este test, aparece en los niños un test de desarrollo cognoscitivo (Tea cálculo) sin que aparezca

..... *Discusión*

ninguna otra variable ni de nivel antropométrico ni de composición corporal.

2.4.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LOS RITMOS MADURATIVOS

Cuando analizábamos la influencia de la maduración sobre esta prueba, observábamos que ésta, no ejercía ninguna influencia sobre la prueba.

El hecho de que haya un ritmo madurativo distinto, tampoco tiene una repercusión sobre los resultados de la prueba, lo que se refleja en unas gráficas de ritmos madurativos casi superponibles. Los 4 ritmos muestran variaciones con la edad cronológica, si bien los individuos que empezaron la pubertad en el primer año, obtienen los mismos valores que los que la empezaron el segundo, el tercero o el cuarto año. Al contrario de lo que puede ocurrir con pruebas en las que la fuerza muscular es un factor importante y en las que el hecho de madurar antes puede representar alguna ventaja para la realización del test (Jones H.E. y cols. 1949), en esta prueba no parece haber influencia del ritmo de maduración y ello puede deberse a que el componente de fuerza necesario para realizar esta prueba es muy reducido.

APARTADO 5 - Tapar platos

2.5.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON EL NIVEL SOCIOECONÓMICO.

Quando analizamos los resultados de esta prueba en relación con el nivel socioeconómico, observamos que los individuos que tienen un nivel socioeconómico más bajo obtienen unos resultados medios peores (tardan más tiempo) en ambos sexos. Pese a que la tendencia se mantiene en todos los años del estudio, tan solo se ha podido constatar estadísticamente en 2 años en la mujer.

Como ya hemos señalado en otros apartados (salto vertical), y tal y como han observado también otros trabajos (Lindgren G.W. y cols 1988), el nivel socioeconómico se asocia a los resultados de los tests de desarrollo cognoscitivo (verbal y matemático). Este hecho podría explicar las diferencias entre los niveles socioeconómicos dado que, al no existir un factor de fuerza ligado a la maduración que podía homogenizar ambos grupos (Beunen G. 1984), los factores psicológicos no quedan enmascarados por la pubertad y se expresan con más claridad sobre la prueba.

APARTADO 5 - TAPAR PLATOS

3.- CONCLUSIONES

APARTADO 5 - Tapar platos

CONCLUSIONES

- 1.- El resultado, tanto en los varones como en las hembras, de la aplicación de la prueba de tapar platos, muestra que ésta se realiza en un tiempo progresivamente inferior al aumentar la edad, igualándose los resultados a los 14 años.
- 2.- La maduración puberal no está relacionada con la evolución de los resultados del test de los platos en ambos sexos.
- 3.- La composición corporal no interviene en la variabilidad de los tests en ambos sexos.
- 4.- La talla del individuo, que significa también longitud de los brazos, no está relacionada con los resultados del test.
- 5.- Tanto en varones como en mujeres, los resultados están correlacionados significativamente con la capacidad de atención y el desarrollo cognoscitivo.

..... *Conclusiones*

- 6.- Con las variables analizadas por nosotros, se consigue una baja posibilidad de predicción de los resultados del test en ambos sexos. La evolución con los años de los mismos, parece ligada mayoritariamente a un proceso de experiencia de coordinación motora.

- 7.- En relación a la nula influencia de la maduración puberal sobre este test, observamos la identidad de resultados en relación a la edad, sea cual sea el ritmo madurativo del individuo.

- 8.- El nivel socioeconómico interviene en los resultados del test. Suponemos que a través de la influencia de las variables cognitivas y de atención.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

APARTADO 6 - FLEXIÓN DEL TRONCO

1.- RESULTADOS

APARTADO 6 - Flexión del tronco

1.1.- RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FLEXIÓN DEL TRONCO. DISTRIBUCIÓN POR EDAD, SEXO Y NIVEL MADURATIVO.

En las figuras 1 y 2 se presentan las distribuciones de los resultados de la prueba por percentiles y edades.

Estos resultados muestran que las niñas obtienen valores superiores en la flexión del tronco. Se aprecia además, un incremento global con la edad tanto en niños como en niñas, que resulta ser estadísticamente significativo (ver tablas 1 y 2). Pese a ello, en los niños este aumento es menor que en las niñas y se produce esencialmente entre los 14 y 15 años, en los que pasa de 17.8 a 21.9 cm. En todos los años que van de los 11 a los 13, se producen en los niños unos resultados muy similares observándose incluso un pequeño descenso entre los 11 y 12 años.

En las niñas, sin embargo, el aumento que se produce con la edad es más claro y a excepción del intervalo entre los 10 y 11 años, en donde la media es prácticamente constante, se produce un aumento de aproximadamente un centímetro por año entre los 11 y los 14 años, pasándose de 21.2 cm a 24.8 cm. En las tablas 1 y 2 se distribuyen los resultados de la prueba dispuestos por edades y por estadios madurativos. En dichas tablas se puede observar que en los niños no existe

..... **Resultados**

ninguna diferencia entre los resultados obtenidos en la prueba por los diferentes grupos de maduración puberal a ninguna edad.

En el caso de las niñas, se demuestran diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de los individuos con distinto estadio de maduración a los 12, 13 y a los 14 años.

APARTADO 6 - Flexión del tronco

EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA CON LA EDAD. NIÑAS

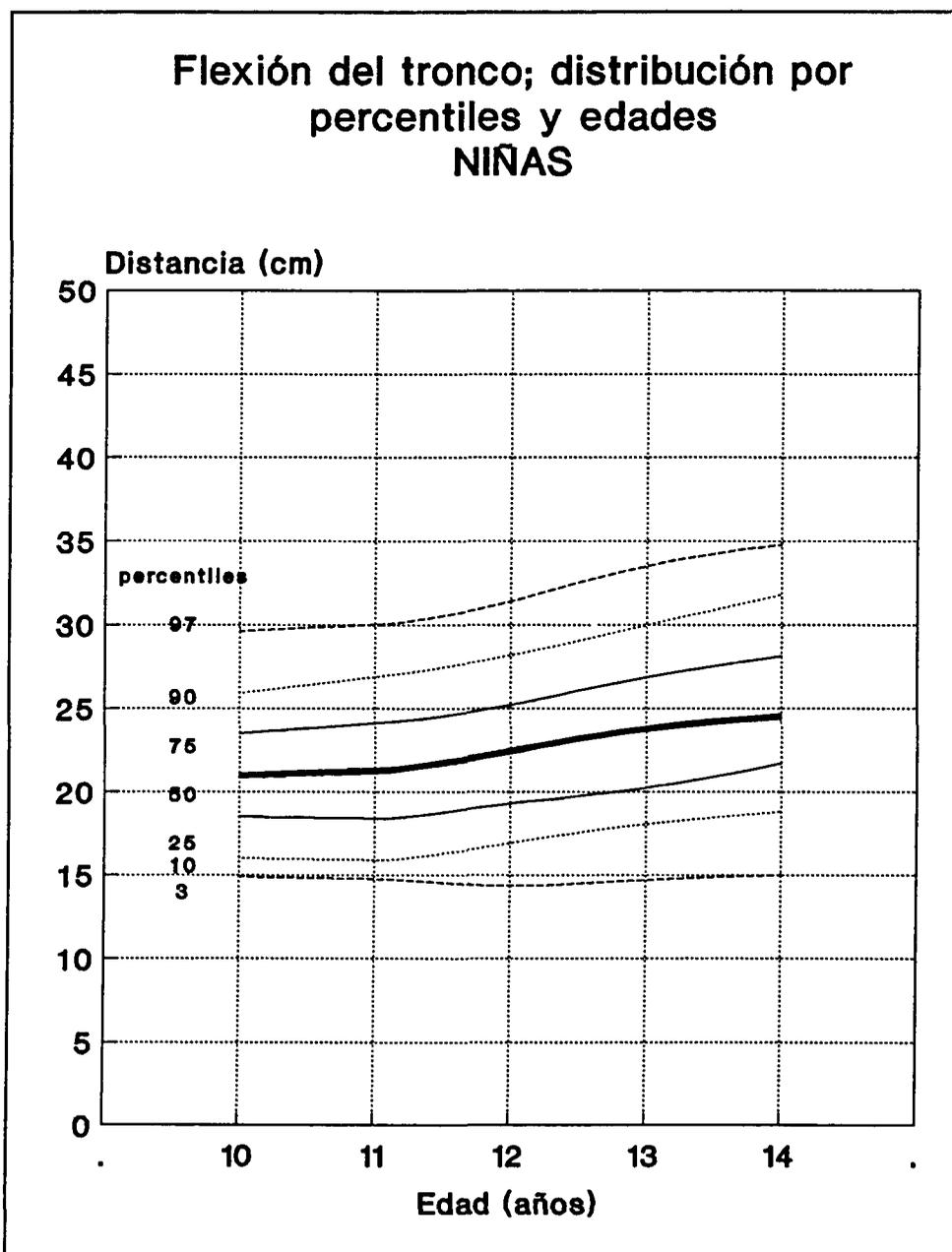


Fig. 1

EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA CON LA EDAD. NIÑOS

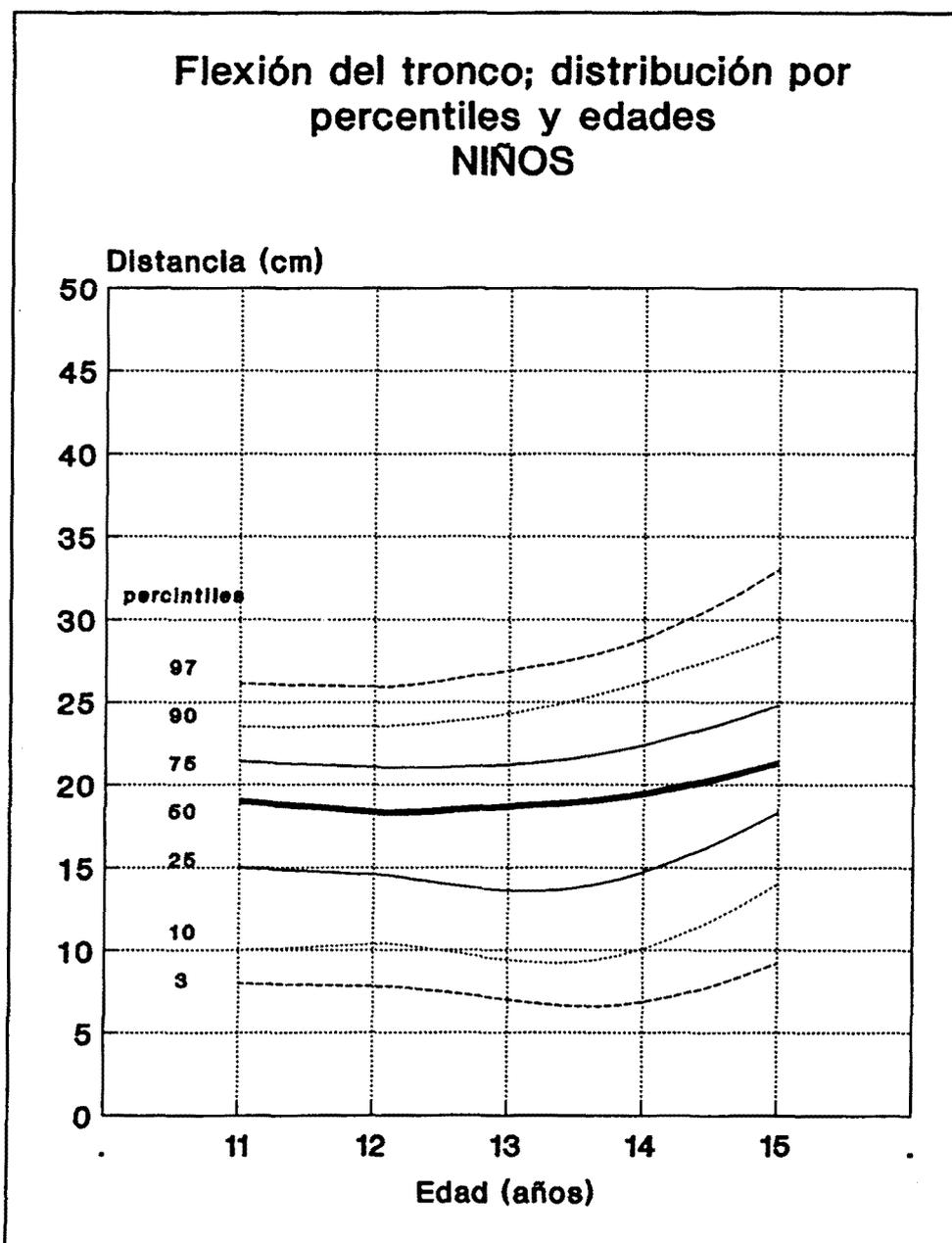


Fig. 2

APARTADO 6 - Flexión del tronco

FLEXIÓN DEL TRONCO (cm)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y ESTADÍOS PUBERALES (TANNER)

NIÑAS

TABLA 1

EDAD	10			11			12		
EST. PUB.	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>
Total	21.3	3.7	244	21.2	4.1	2.4	22.4	4.4	210
S1	21.3	3.8	138	21.4	3.6	61	21.1	4.4	19
S2	21.7	3.6	65	21.5	3.6	63	21.1	3.4	33
S3	20.4	3.9	29	22.5	4.2	65	22.1	4.5	66
S4	20.5	1.9	10	20.5	3.7	26	23.8	4.7	57
S5	---	---	1	23.4	3.0	9	23.0	3.8	35
Prob. (p)	n.s.	---	---	n.s.	---	---	< 0.05	---	---

FLEXIÓN DEL TRONCO (Continuación)

NIÑAS

TABLA 1 (continuación)

EDAD	13			14		
EST. PUB.	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	n	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	n
Total	23.8	4.6	193	24.8	5.7	163
S1	21.9	4.2	7	---	---	---
S2	19.8	4.4	17	20.4	4.3	10
S3	22.6	4.2	46	22.9	3.8	20
S4	25.1	4.5	60	25.5	7.1	42
S5	24.7	4.4	63	25.4	5.3	91
Prob. (p)	< 0.01	---	---	< 0.05	---	---

Análisis de la varianza entre los grupos de edad $p < 0.001$

APARTADO 6 - Flexión del tronco

FLEXIÓN DEL TRONCO (cm)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS) Y

ESTADÍOS PUBERALES (TANNER)

NIÑOS

TABLA 2

EDAD	11			12			13		
	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>
EST.									
PUB.									
Total	18.4	4.4	334	17.6	4.5	334	17.5	5.7	293
G1	18.6	4.4	237	17.9	4.2	125	17.1	5.3	46
G2	18.5	4.1	82	18.2	5.2	116	16.8	6.1	105
G3	15.4	4.9	12	17.3	4.4	55	18.2	5.0	96
G4	---	---	1	17.1	5.3	12	18.3	6.8	39
G5	---	---	---	---	---	2	17.9	6.7	6
Prob. (p)	n.s.	---	---	n.s.	---	---	n.s.	---	---

FLEXIÓN DEL TRONCO (Continuación)

NIÑOS

TABLA 2 (continuación)

EDAD	14			15		
EST. PUB.	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>	<u>media</u>	<u>dv. std.</u>	<u>n</u>
Total	17.8	6.5	262	21.9	7.7	177
G1	17.0	5.3	19	---	---	2
G2	17.0	6.1	48	18.5	4.6	13
G3	17.5	6.7	83	20.7	6.1	25
G4	18.8	6.0	81	22.3	5.4	59
G5	19.24	8.2	27	22.5	9.7	77
Prob. (p)	n.s.	---	---	n.s.	---	---

Análisis de la varianza entre los grupos de edad $p < 0.05$

APARTADO 6 - Flexión del tronco

**1.2.- RELACIÓN CON LAS VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS Y
DE COMPOSICIÓN CORPORAL.**

Entre las variables de composición corporal analizadas, no se ha podido encontrar ninguna que muestre un coeficiente de correlación estadísticamente significativo. Sólo se han hallado correlaciones de escasa potencia con alguna variable de tipo antropométrico en unos pocos grupos de edad. Éstas son la talla, que se muestra asociada negativamente con la prueba en los niños a los 11 y 12 años y que tiene unos índices de correlación inferiores a 0.20. En el caso de las niñas, la variable asociada es el peso, que muestra unas "r" poco potentes pero positivas a los 13 y a los 14 años.

De forma excepcional, en el último año se realizó una medición del segmento superior encontrándose una asociación significativa con la prueba tanto en niños de 15 años ($r = .29^{**}$), como en niñas de 14 años ($r = .31^{**}$).

**1.3.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LAS VARIABLES
PSICOLÓGICAS.**

No se ha observado ninguna asociación entre los resultados de la prueba y ninguna variable de tipo psicológico.

..... *Resultados*

1.4.- ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

En el análisis de regresión múltiple realizado con los niños de 14 años no aparece ninguna variable que intervenga en la ecuación. En el caso de las niñas de 13 años, aparecen los estadios de Tanner con una $r = 0.28$, sin que tras esta variable aparezca ninguna más.

1.5.- EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA EN LOS DISTINTOS GRUPOS DE RITMOS MADURATIVOS.

En las figuras 3 y 4 y en las tablas 3 y 4, se observan los resultados de la prueba dispuestos por grupos de ritmos madurativos.

Tanto en los varones como en las mujeres, existen unos resultados parecidos de los 4 ritmos de maduración en los primeros años del estudio, mientras que se produce una ligera dispersión al final.

En el caso de las niñas, las diferencias que se establecen a los 13 y 14 años entre los distintos ritmos madurativos, se muestran estadísticamente significativas; el grupo de niñas que ha madurado antes obtiene también mejores resultados.

APARTADO 6 - Flexión del tronco

FLEXIÓN DEL TRONCO (cm)

RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)

Y RITMOS MADURATIVOS

NIÑAS

TABLA 3

	10 AÑOS	11 AÑOS	12 AÑOS	13 AÑOS	14 AÑOS
RITMO 1	Med. 22.1	Med. 22.6	Med. 23.5	Med. 25.7	Med. 26.3
	DS. 3.6	DS. 3.9	DS. 3.8	DS. 4.1	DS. 5.3
	Nº 46	Nº 46	Nº 45	Nº 40	Nº 31
RITMO 2	Med. 21.7	Med. 22.1	Med. 23.0	Med. 24.0	Med. 24.9
	DS. 3.8	DS. 4.0	DS. 4.5	DS. 4.5	DS. 5.3
	Nº 64	Nº 64	Nº 64	Nº 58	Nº 47
RITMO 3	Med. 21.0	Med. 21.3	Med. 21.5	Med. 23.2	Med. 23.5
	DS. 3.8	DS. 3.6	DS. 4.7	DS. 4.5	DS. 3.9
	Nº 37	Nº 37	Nº 37	Nº 33	Nº 27
RITMO 4	Med. 22.4	Med. 21.8	Med. 21.2	Med. 21.5	Med. 23.3
	DS. 4.0	DS. 3.6	DS. 4.5	DS. 4.6	DS. 4.1
	Nº 18	Nº 18	Nº 18	Nº 17	Nº 17

FLEXIÓN DEL TRONCO (cm)
RESULTADOS DISTRIBUIDOS POR EDADES (AÑOS)
Y RITMOS MADURATIVOS
NIÑOS

TABLA 4

	11 AÑOS	12 AÑOS	13 AÑOS	14 AÑOS	15 AÑOS
RITMO 1	Med. 17.5	Med. 17.5	Med. 18.2	Med. 20.8	Med. 21.0
	DS. 4.7	DS. 4.9	DS. 6.5	DS. 7.2	DS. 6.7
	Nº 43	Nº 43	Nº 43	Nº 39	Nº 29
RITMO 2	Med. 18.7	Med. 17.4	Med. 17.8	Med. 18.0	Med. 22.4
	DS. 4.3	DS. 4.6	DS. 5.6	DS. 7.0	DS. 10.7
	Nº 83	Nº 83	Nº 83	Nº 72	Nº 53
RITMO 3	Med. 18.7	Med. 18.2	Med. 16.2	Med. 17.7	Med. 22.0
	DS. 4.7	DS. 4.9	DS. 6.1	DS. 6.6	DS. 5.7
	Nº 85	Nº 16.2	Nº 83	Nº 76	Nº 52
RITMO 4	Med. 18.2	Med. 17.9	Med. 17.1	Med. 17.4	Med. 19.5
	DS. 4.5	DS. 4.7	DS. 5.7	DS. 6.0	DS. 6.1
	Nº 42	Nº 42	Nº 42	Nº 37	Nº 22

APARTADO 6 - Flexión del tronco

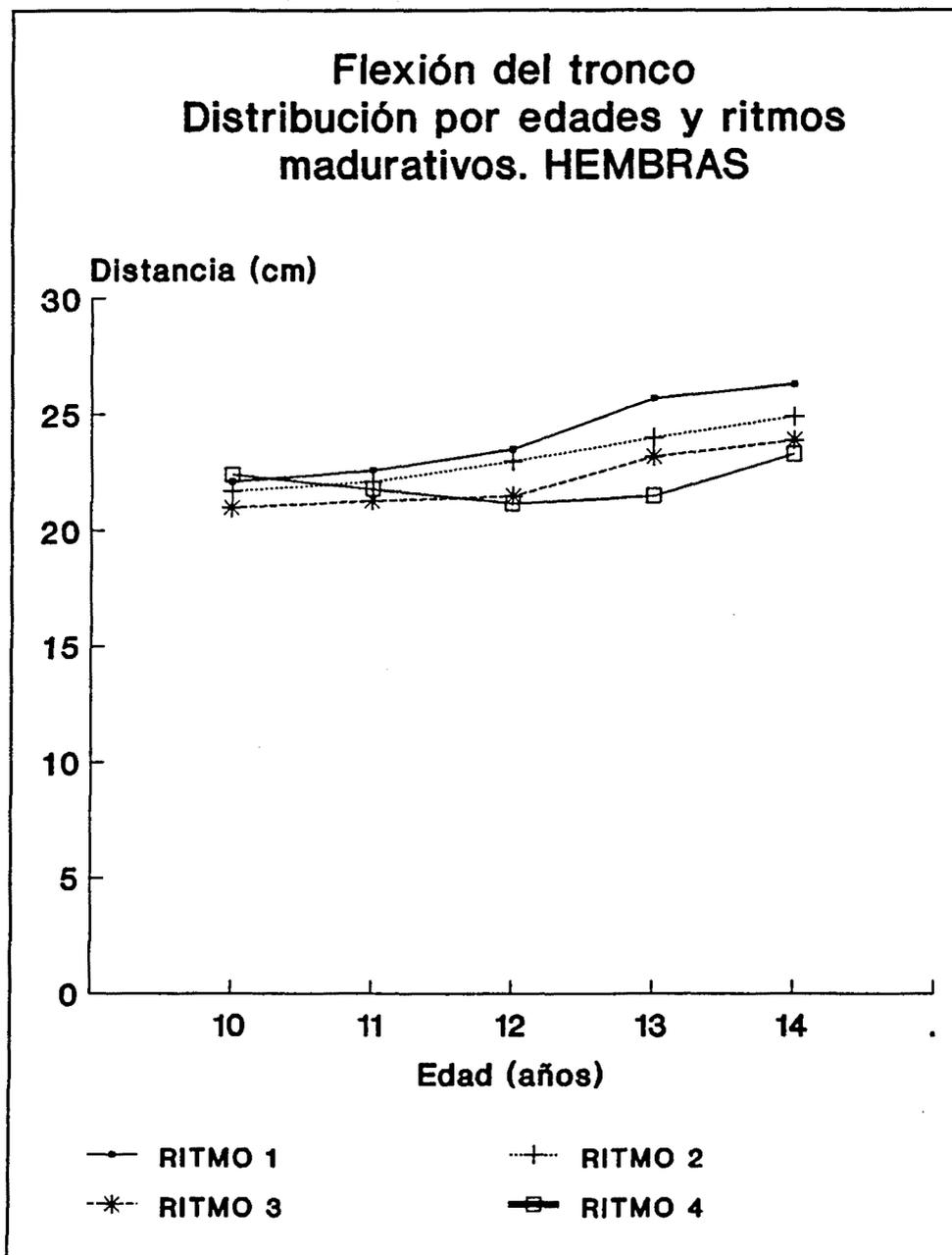


Fig. 3

Resultados

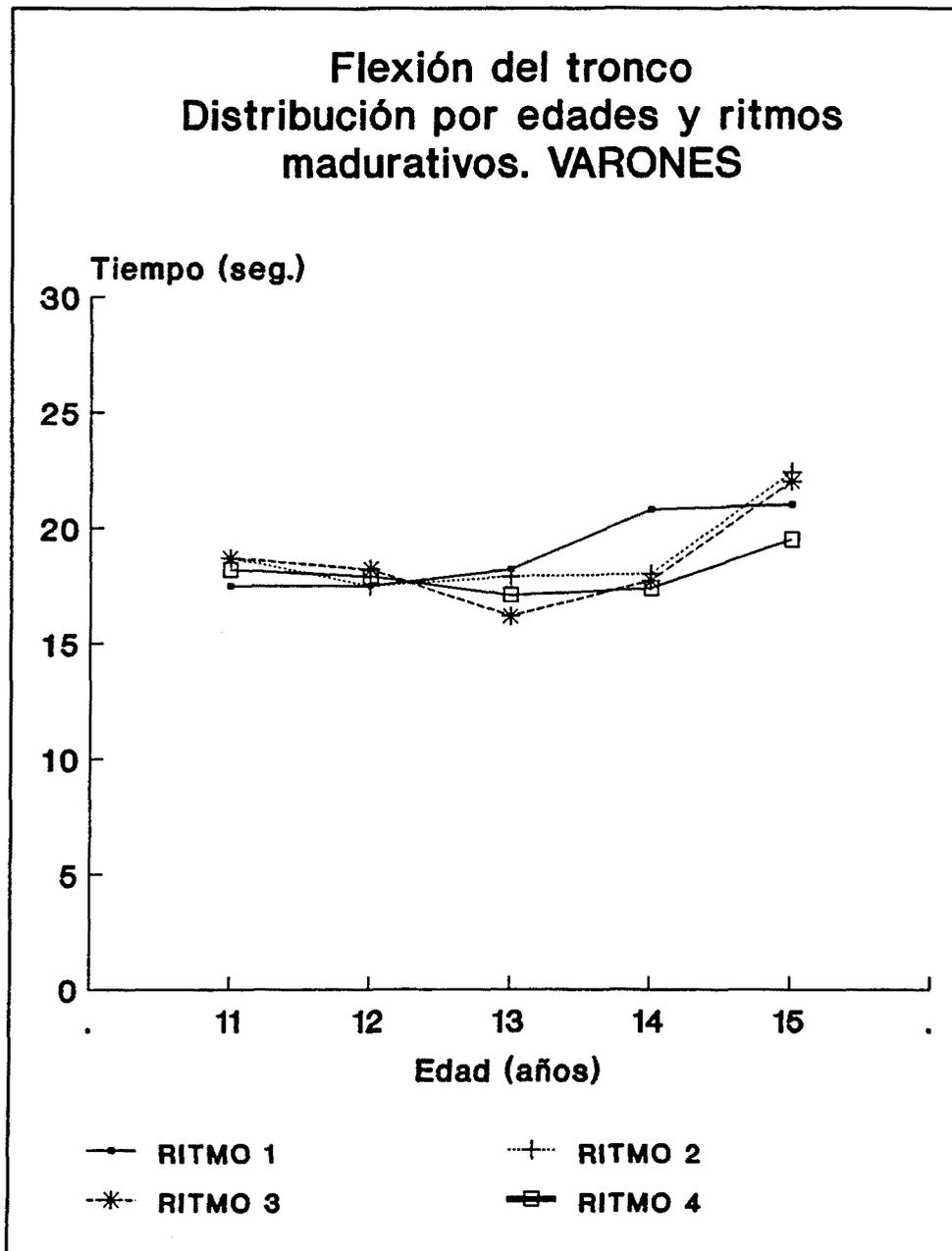


Fig. 4

APARTADO 6 - Flexión del tronco

1.6.- EVOLUCIÓN DE LA PRUEBA EN LOS DISTINTOS GRUPOS DE NIVEL SOCIOECONÓMICO.

El estudio de la prueba por grupos de nivel socioeconómico mediante la comparación de las medias obtenidas cada año, no ha revelado diferencias estadísticamente significativas ni en las niñas ni en los niños y en ningún grupo de edad.

Los resultados se muestran en las figuras 5 y 6.

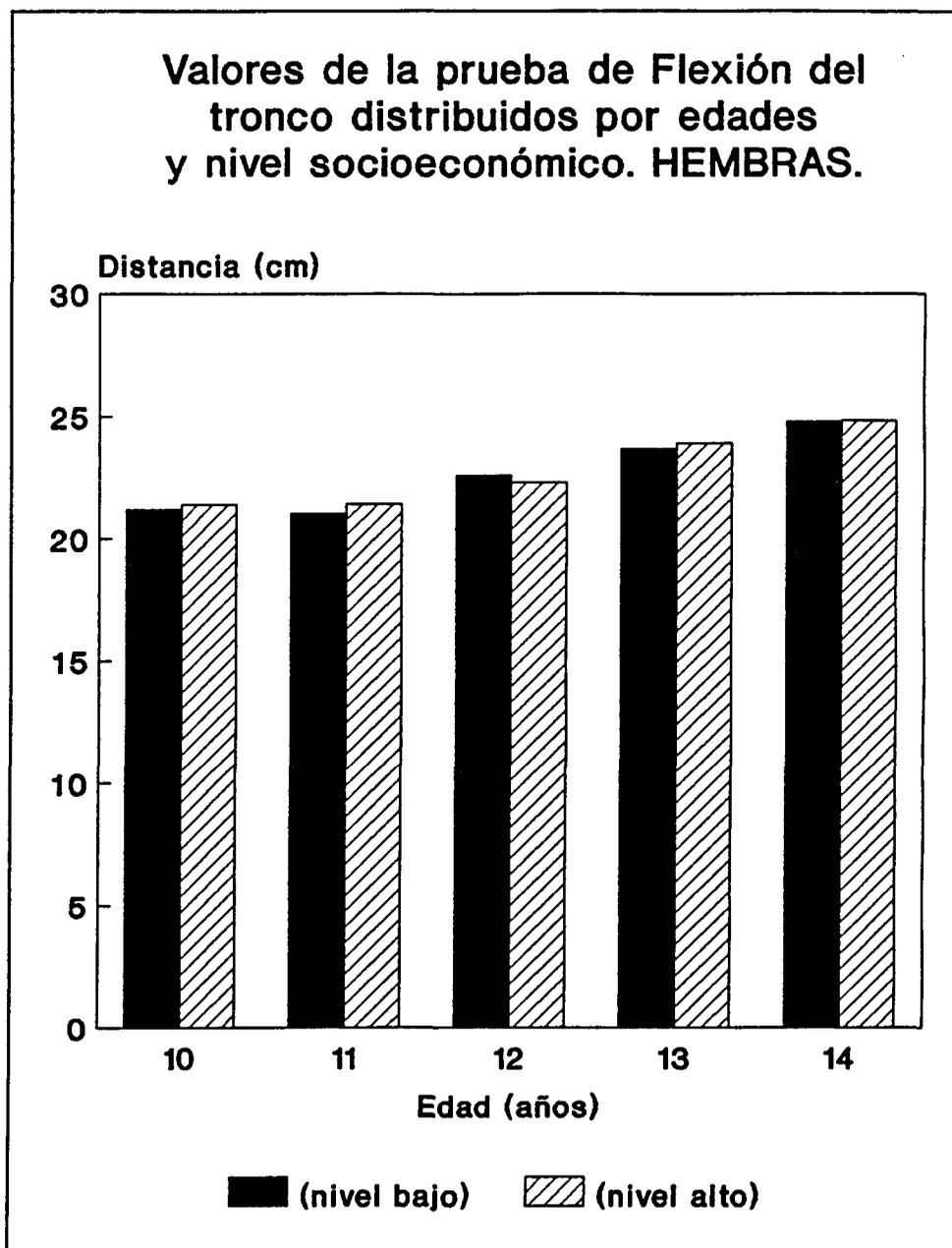


Fig. 5

APARTADO 6 - Flexión del tronco

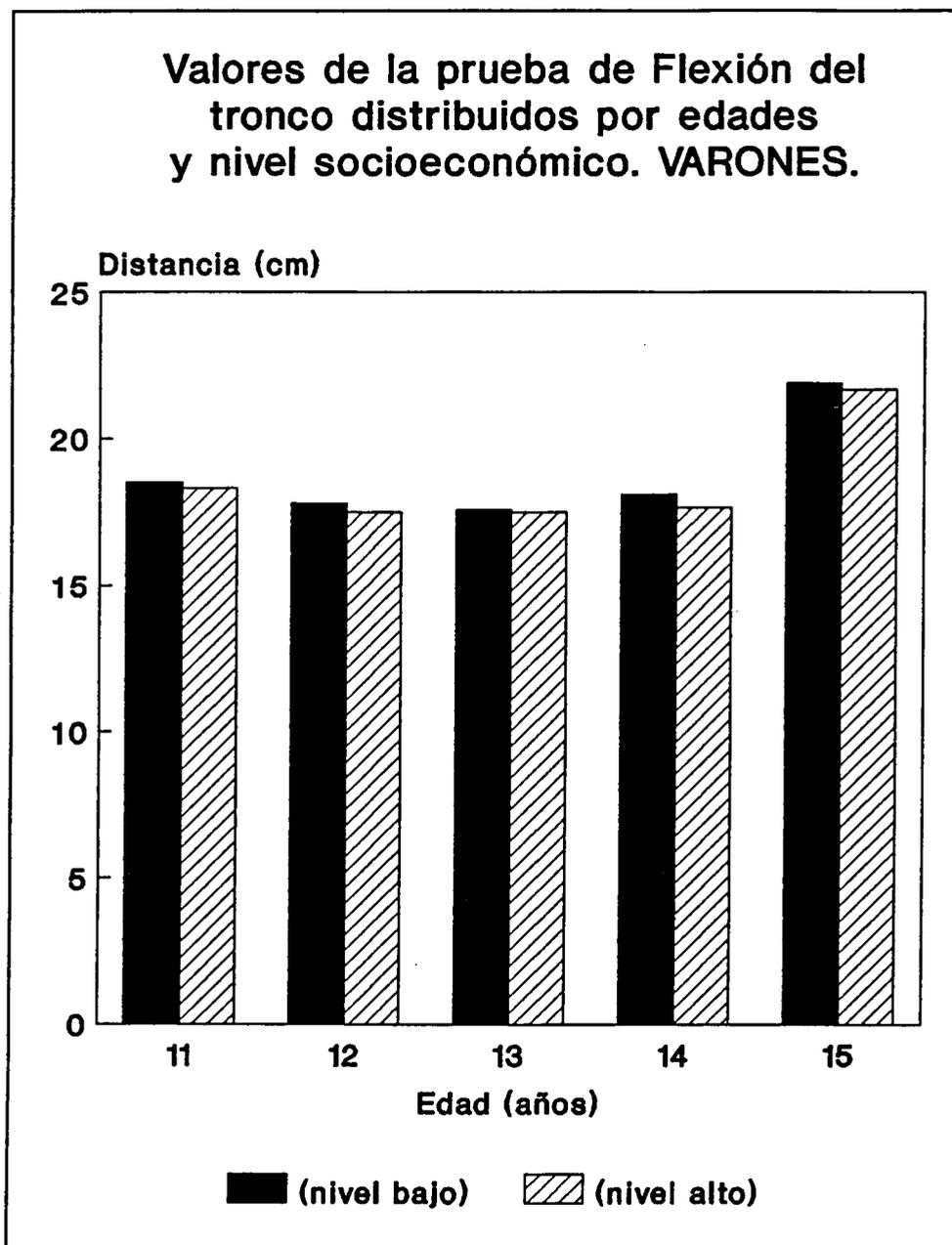


Fig. 6

0103-28760

0103-28760

- MADURACIÓN PUBERAL -

*Crecimiento,
composición corporal y
maduración psicomotora en la
condición física*

APARTADO 6 - FLEXIÓN DEL TRONCO

2.- DISCUSIÓN

APARTADO 6 - Flexión del tronco

2.1.- METODOLOGÍA Y SIGNIFICADO DE LA PRUEBA

La prueba que nos ocupa se ha clasificado como una prueba destinada a medir el factor flexibilidad (CDDS 1981).

El concepto de flexibilidad tiene relación con la capacidad de mantener o aumentar el máximo de la amplitud articular (Prat J.A. y cols. 1984), y tal y como señalamos en la introducción, tiene relación con la mayoría de estructuras de la articulación.

Pese a que esta prueba mide en realidad la movilidad de la columna en flexión sobre las piernas mediante una medida indirecta puesto que no se mide el ángulo de flexión, se considera una buena prueba para valorar la flexibilidad del tronco (Shephart R.M.D. 1986).

El hecho de que la prueba no mida directamente el ángulo de flexión, podría influir en los resultados puesto que el significado real de éstos es la longitud que sobrepasa la punta de los dedos de las manos a los pies en una flexión de tronco en posición de sentados. Para algunos autores resulta evidente que dicha longitud dependerá, además de los grados de flexión, de la longitud del tronco (Hebbelinck M. 1978) (Crasselt W. 1985).

Por lo que hace referencia a la metodología empleada en la realización de la prueba, las diferencias más importantes

..... *Discusión*

que se establecen entre los distintos estudios se producen en relación al punto donde empieza la escala de medición.

Si tomamos como cero absoluto el lugar donde la punta de los dedos de las manos tocaría la punta de los pies, algunos trabajos le otorgan un valor de 25 cm (CFS 1983), mientras otros, como es nuestro caso, le otorgan el valor de 15 cm (CDDS 1981). Esto se realiza porque existe un gran número de individuos que no llegan a tocarse la punta de los pies y por tanto obtendrían un valor de cero produciéndose un sesgo importante en los resultados. Las diferencias en otorgar al cero el valor de 25 cm o de 15 cm, no influyen en los resultados puesto que la conversión se realiza con mucha facilidad sumando o restando 10 cm. Por otra parte, con el valor de 15 cm. utilizado por nosotros, no hemos encontrado ningún individuo que no puntuase en la prueba.

Por lo que se refiere a otras características en la metodología de la prueba, existe un total acuerdo entre los diferentes trabajos sobre no permitir la realización de la prueba con una sola mano o con movimientos bruscos del cuerpo. Para que no se produzca este último fenómeno, nuestro trabajo ha exigido el mantenimiento de la posición de máxima flexión durante 2 segundos, hecho que también exigen otros trabajos (CDDS 1981).

Las otras características metodológicas de la prueba se han

APARTADO 6 - Flexión del tronco

realizado de la misma forma en nuestro estudio y en los otros estudios comparados.

2.2.- VALORACIÓN DE LA PRUEBA POR EDADES Y ESTADÍOS MADURATIVOS.

El estudio de los resultados de la prueba por edades muestra una gran similitud, una vez convertidos los valores a un cero de 25 cm, entre los resultados de nuestro estudio y los obtenidos por otros trabajos (Kemper H.C.G. 1982) (CFS 1983) (Bovend'eerdts y cols. 1980)(Kemper H.C.G. 1985 (c)). Entre estos estudios y el nuestro no existen prácticamente diferencias en ninguno de los grupos de edad y tampoco se aprecian grandes diferencias entre nuestros resultados y los obtenidos por otro estudio realizado con escolares de nuestro medio (Prat J.A. 1984).

En contra de lo que sucede en la mayoría de tests físicos, en los que durante la pubertad suele producirse un aumento de los resultados mucho más marcado en el varón que en las hembras, en el caso de la prueba de flexión del tronco, tanto nuestros resultados como los de otros estudios (Haubenstricker J. 1986) (Merni F. 1981) concluyen que el incremento que se produce en los resultados de esta prueba

..... *Discusión*

es superior en las niñas que en los niños, y que dicho incremento en los resultados se produce al final de la pubertad, si bien otros trabajos sólo encuentran un ligero incremento justo antes del pico de crecimiento puberal (Beunen G. 1988). En nuestro caso, hemos observado incrementos en las niñas a partir de los 12 años mientras que en los niños se observa el principal incremento entre los 14 y 15 años. En la mayoría de trabajos se observa un incremento de la flexión del tronco con la edad (Renson R. 1972) (Ostyn M. 1980), si bien existe algún trabajo que, valorando la flexibilidad utilizando otras pruebas (valorado con 6 ítems), no observan diferencias en la flexibilidad de las niñas entre los 9 y 15 años (Hupprich F.L. 1950). La causa es probablemente la utilización de unos tests distintos, lo que podría hacernos plantear la validez de la prueba como medida de flexibilidad.

La relación que se observa en nuestro estudio entre los resultados de la prueba y el nivel de maduración, se producen de forma tardía y sobre todo en las niñas en las que las mayores diferencias respecto a la maduración se establecen entre el estadio puberal 3 y 4. En el caso de los niños, las mayores diferencias se producen fundamentalmente entre los estadios 2 y 4 y a la edad de 14 y 15 años. A estas edades existe un mayor número de individuos avanzados

APARTADO 6 - Flexión del tronco

en la pubertad. A pesar de ello, en los varones las diferencias que se establecen no son estadísticamente significativas.

La causa de la relación de esta prueba con parámetros madurativos la podríamos encontrar en diferencias morfológicas que podremos estudiar en el siguiente apartado.

2.3.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LAS VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS, DE COMPOSICIÓN CORPORAL Y PSICOLÓGICAS.

Como señalábamos en el apartado de resultados, esta prueba se muestra muy poco relacionada con otras variables de tipo antropométrico, lo que coincide con otros trabajos (Van Mechelen W y cols. 1990).

Tampoco se han encontrado asociaciones con variables de tipo psicológico.

El hecho de que se trate de una prueba que no requiere una habilidad motora especial ni tampoco el empleo de la fuerza muscular, podría ser la causa de las pocas asociaciones que se establecen con las variables psicológicas y antropométricas.

Algunos autores han encontrado relaciones entre los valores

..... *Discusión*

de esta prueba y la actividad física en las niñas (Shephard R.J. 1991) y en otros casos se ha observado una relación con la talla o con el peso en grupos de individuos de 12 a 18 años, si bien la relación con la edad se mostraba mucho más potente (Kemper H.C.G. 1981). Ni en nuestro trabajo ni en la literatura, hemos encontrado datos que relacionen esta prueba con otros parámetros.

Creemos que esta prueba se ve influida principalmente por el crecimiento diferencial de los dos segmentos corporales que se produce durante la pubertad. La aceleración del crecimiento de las piernas se produce en primer lugar y más tarde, se produce la del tronco (Hernández M. y cols. 1983), que se da en las últimas etapas del crecimiento puberal (Hauspie R. 1980). Existe además el hecho de que en las niñas este fenómeno se produce más precozmente, quedando el segmento inferior proporcionalmente más corto (Hernández M. 1983). Todos estos hechos nos hicieron pensar que muchas de las diferencias que se establecen entre los dos sexos, así como en la evolución de la prueba, podrían deberse en gran parte al desarrollo diferencial del tronco y las piernas. Existían varios motivos para sospechar la influencia de este fenómeno: por una parte es plausible teóricamente; por otra, la existencia en los niños de unas correlaciones negativas con la talla en los primeros años, en los que el crecimiento

APARTADO 6 - Flexión del tronco

se produce principalmente a expensas del segmento inferior o la asociación positiva en las niñas con la maduración en los últimos años, en los que el crecimiento es a expensas del segmento superior, nos refuerzan la idea.

Por este motivo en el último año del estudio realizamos la medición del segmento superior hallando que estaba bien correlacionado con los resultados de la flexibilidad.

Recientes trabajos han efectuado una crítica de algunos de los tests de flexibilidad, que utilizan para su valoración, pruebas basadas en la medición de la distancia entre 2 puntos corporales (Moras G. 1992). Pese a que el trabajo de Moras no valoró la presente prueba, coincidimos en que las diferentes medidas antropométricas de los individuos pueden ser un factor que enmascare los resultados.

2.4.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON LOS RITMOS MADURATIVOS.

Tal y como se observa en las figuras 3 y 4, las diferencias que se establecen entre los distintos ritmos madurativos son estadísticamente significativas tan solo en las hembras y en los dos últimos años. A pesar de ello, en los varones aparece una mayor heterogeneidad de los resultados de los

..... **Discusión**

grupos en las edades más avanzadas del estudio. Este fenómeno lo atribuimos en parte a las diferencias que se establecen entre los segmentos corporales y que ya hemos discutido en el anterior apartado. Tales diferencias se producen principalmente al final de la pubertad y en los individuos puberalmente más avanzados.

APARTADO 6 - Flexión del tronco

2.5.- RELACIÓN DE LA PRUEBA CON EL NIVEL SOCIOECONÓMICO.

No hemos podido encontrar diferencias respecto al nivel socioeconómico en esta prueba. Esto concuerda con las pocas asociaciones encontradas con los resultados de esta prueba. Analizando la literatura, hemos podido encontrar algunos artículos que estudian la influencia del nivel socioeconómico sobre las pruebas físicas (Meunen G. 1984) (Malina R.M. 1975) (Lindgren G.W. 1988) etc., sin embargo no hemos hallado ningún trabajo que analizase específicamente la prueba de flexión del tronco ni otras pruebas relacionadas con la flexibilidad.

APARTADO 6 - FLEXIÓN DEL TRONCO

3.- CONCLUSIONES

APARTADO 6 - Flexión del tronco

CONCLUSIONES

1.- La medida de la flexibilidad según el test de la flexión del tronco se ve influenciada por el crecimiento del segmento superior sobre el segmento inferior. Por esa razón observamos una tendencia creciente de los resultados de la prueba que es significativa en relación a la edad tanto en niños como en niñas.

2.- La maduración influye significativamente en los valores de la prueba en las hembras a partir de los 12 años, momento en el que los grupos de maduración avanzada comienzan a ser importantes en nuestra muestra.

En los niños este fenómeno no se observa.

..... *Conclusiones*

3.- Ninguno de los parámetros psicológicos o de composición corporal muestran relación con la progresión de la flexibilidad.

Excepcionalmente hemos intentado un análisis de correlación entre el segmento superior y la flexibilidad a los 14 años en las niñas y a los 15 en los niños y el resultado ha sido estadísticamente significativo.

4.- El nivel socioeconómico no discrimina en los valores de la flexibilidad ni en los varones ni en las hembras.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

6.- CONCLUSIONES GENERALES

.....

CONCLUSIONES GENERALES

1.- Hemos sometido a un grupo de niños y niñas normales a la práctica de una serie de tests estandarizados para la medición de la capacidad física durante los años de la pubertad, en un estudio longitudinal.

Hemos observado que los resultados del grupo se orientaban siempre en un sentido de mejor realización del test a medida que avanzaba el estudio.

2.- Mediante el análisis en paralelo de otros parámetros madurativos, hemos intentado explicar los factores que condicionaban esta progresiva mejoría en la realización de los tests, y hemos observado que los índices de maduración sexual están sobre todo relacionados con la adquisición de una mayor masa muscular, y ello explica el progreso de los tests PWC 170, salto vertical y suspensión en barra. En estos resultados se observa claramente la influencia de la diferenciación sexual y no se observa la influencia de la clase social.

..... **CONCLUSIONES GENERALES**

3.- El análisis de los cambios de la composición corporal nos ha puesto de manifiesto que la adquisición de la masa grasa participa de forma significativa en los resultados de los tests de suspensión en barra y salto vertical, ambos con gran componente antigravitacional.

4.- El análisis mediante tests psicológicos de la inteligencia y la capacidad cognitiva, nos ha permitido establecer que la maduración cognitiva intervenía en la progresión de los resultados de los tests de salto vertical y suspensión en barra.

.....

5.- Un solo elemento de los medidos por nosotros participa en la explicación de los resultados en el test de los platos, y este es la maduración de la capacidad de atención. La capacidad de atención participa también en la explicación de los resultados del salto vertical.

6.- Ninguno de los elementos madurativos analizados por nosotros participa de forma importante en la progresión de los resultados del test de la flexibilidad y de la carrera.

7.- Creemos haber medido el final de la adquisición de capacidades psicomotrices, cuyo inicio de maduración se remonta a mucho antes del período de la vida por nosotros estudiado. Esto lo refleja el test de los platos, el test de la carrera y también el test del salto vertical.

En los tests psicomotrices (platos y carrera) no se observa la diferenciación del fenotipo sexual ya que niños y niñas presentan los mismos resultados. Es de señalar que en estos resultados sí interviene el nivel socioeconómico como condicionante.

..... **CONCLUSIONES GENERALES**

Nuestro objetivo era describir el proceso de la maduración puberal en el área de la capacidad física. Para ello se emplearon tests sencillos y adaptados a los estudios epidemiológicos del niño normal; cada test se halla relacionado según trabajos previos, con la adquisición de una determinada función física. No obstante, el análisis de los resultados obtenidos nos ha conducido a una visión más compleja ya que cada uno de estos tests se ha visto influenciado por muchos factores:

La antropometría, factor condicionante del test de flexibilidad depende fundamentalmente en nuestro medio de factores genéticos.

La composición corporal depende también de factores genéticos y está influenciada por múltiples condicionantes ambientales; ello es de especial relevancia en el test de la suspensión en barra y el salto vertical.

La maduración puberal, con su gran variabilidad cronológica, interviene decisivamente en la PWC 170 y también en la suspensión en barra y el salto vertical.

La maduración cognoscitiva y la capacidad de atención, tan influenciadas por factores socioculturales, intervienen en el salto vertical y en el test de los platos.

Creemos que todo ello tiene una gran trascendencia cuando se propone que estos tests físicos se empleen para orientar la aptitud deportiva de un niño.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

7.- BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

AAHPER Youth fitness test manual. Washington D.C. 1965.

AAHPER Hunsicker P., Reiff G.G. (eds). AAHPER Youth fitness test manual. Washington D.C. 1976.

Amunssen E. Muscular performance En: Rodahl K., Horvath S.M. (eds). Muscle as a Tissue. New York: McGraw-Hill, 1962: 161-175.

Andersen K.L., Ilmarinen J., Rutenfranz J., Ottmann W., Berndt I., Kylian H., Ruppel M. Leisure time sport activities and maximal aerobic power during late adolescence. Eur J Appl Physiol 1984; 52: 431-436

Andrade F.J., Previnaire J.G., Sturbois X. Crecimiento y ejercicio físico. Archivos de Medicina del Deporte 1990; 7: 285-293.

Ardura J. Recuerdo anatomofisiológico y exploración cardiocirculatoria. En: Cruz M. (ed). Tratado de Pediatría. Espaxs S.A. Barcelona 1989: 1257-1273.

Astrand P.O. Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. En: Munksgaard (ed). Copenhagen. 1952.

Astrand P.O., Rhyming G.A. A normogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. J appl Physiol. 1954; 7: 218-222.

Astrand P.O., Saltin B. Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity, J appl Physiol. 1961; 16: 977-986.

Astrand P.O. Human physical fitness with special reference to age and sex. Physiol Rev 1956; 36: 307-322. Astrand P.O., Rodahl K. Textbook of Work Physiology. 2nd ed. McGraw-Hill. New York. 1977.

Bailey D.A. Saskatchewan growth and development study. College of Physical Education, University of Saskatchewan, Saskatoon 1968.

Baldwin B.T. The physical growth of children from birth to maturity. University of Iowa Studies in child welfare 1921; vol. 1, n° 1.

Balke B., Ware W. An experimental study of physical fitness of air force personnel USAF. Med J 1959; 10: 675-688.

..... Bibliografía

Ballor D.L., McCarthy J.P., Wilterdink E.J. Exercise intensity does not affect the composition of diet - and exercise induced body mass loss. Amm J Clin Nutr 1990; 46: 142-146.

Barlow K., Weltman A., Schurrer R., Henritze J. Prediction of Maximal Effort Bicycle Ergometer Endurance Performance. Int J Sport Med 1985; 6: 190-196.

Bastos F.V., Hegg R.V. The relationship of cronological age, body build, and sexual maturation to grandgrip strength in schoolboys aged 10 throught 17 years. En: Day J.A.P (ed), Perspectives in kinanthropometry. Champaign IL: Human Kinetics 1986: 45-49.

Bayley N. Studies in the development of young children. University of California Press, Berkeley 1940.

Beckenholdt S., Mayhew J.L. Specifity among anaerobic power test in male athletes. J Sport Med 1983; 23: 326-331.

Becker D., Vaccaro P. Anaerobic threshold alterations caused by endurance trainin in young children. J Sport Med 1983; 23: 445-449.

Behnke A.R., Wilmore J.H. Evaluation and regulation of body build and composition. Englewood Clifs, NJ: Prentice Hall. 1974.

Benbow C.P. Sex differences in mathematical reasoning ability in intelectually talented preadolescents: their nature, effects, and possible causes. Behav Brain Sci 1988; 11: 169-232.

Bernus G., De Suso J.M.G., Alonso J. ³¹P-MRS of quadriceps reveals quantitative differences between sprinters and long-distance runners. Med Sci Sports Exerc 1993; 25: 479-484.

Beunen G., Ostryn M., Renson R., Simons J., Van Gerven D. Skeletal maturation and physical fitness of girls aged 12 through 16. Hermes (Leuven, English issue) 1976; 10: 445-457.

Beunen G., Ostryn M., Simons J., Van Gerven D., Swalus P., De Beul G. A correlational analysis of skeletal maturity, anthropometric measures and motor fitness of boys 12 through 16. En: Landry F., Orban W.A.R. (eds), Biomechanics of Sports and Kinanthropometry, Miami: Symposia of Specialists 1978: 343-349.

Bibliografía

Beunen G., Ostyn M., Renson J., Simons J., Van Gerven D. Anthropometric correlates of strength and motor performance in Belgian boys 12 through 18 years of age. En: Borms J., Hauspie R., Sand A., Susanne C., Hebbelinck M. (eds.). Human Growth and Development. New York: Plenum Press 1984: 503-509.

Beunen G., Malina R.M., Van't HofOstyn M.A., Simons J., Ostyn M., Renson R., Van Gerven D. Adolescent growth and Motor Performance: A Longitudinal Study of Belgian Boys. Champaing ILL: Human Kinetics Publishers 1988.

Borms J. The child and exercise: an overview. J Sports Sci 1986; 4: 3-20.

Bosch A.N., Dennis S.C., Noakes T.D. Influence of carbohydrate loading on fuel substrate turnover and oxidation during exercise. J Appl Physiol 1993; 4: 1921-1927.

Bouchard C., Loritie G. Heredity and endurance performance. Sports Med 1984; 1:38-64.

Boulton J. The growth of body fat in children and its nutritional and anthropometric correlates. Acta Pediatr Scand 1981; 284: 56-67.

Bovend'eerd J.H.F., Kemper H.C.G., Verchuur R. The MOPER fitness test: user's guide and norm scales. Urieserborch, Haarlem 1980.

Bovens A.M.P.M., Van Baak M.A., Vrencken J.G.P.M. Maximal heart rates and plasma lactate concentrations observed in middle-aged men and women during a maximal cycle ergometer test. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1993; 66: 281-284.

Brook C.G.D., Huntley R.M.C., Slack J. Influence of heredity and enviroment in determination of skinfold thickness in children. Br Med J 1975; 2: 719-721.

Brun T. Physiological measurement of activity among adults under living free living conditions. En: Alan R. (ed). Energy Intake Activity. New York 1984; 5: 131-156.

Buendia L. Factores Determinantes del Rendimiento en E.G.B. Granada, Ed. ICE, Universidad de Granada, 1985.

..... Bibliografia

Burr I.M., Sizonenco P.C., Kaplan S.L., Grumbach M.M. Hormonal changes in puberty. I. Correlation of serum luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone with stages of puberty, testicular size and bone age in normal boys. Pediatr Res 1970; 4: 25.

Caldarone G., Leglise M., Giampietro M., Berlutti G. Anthropometric measurements, body composition, biological maturation and growth predictions in young female gymnasts of high agonistic level. J Sport Med 1986; 26: 263-273.

Cameron N. The methods of auxological anthropometry. En: Falkner F., Tanner J.M. (eds) Human Growth. New York and London 1978: 35.

Cameron N., Chumlea Wm., Siervogel R.M., Roche A.F., Webb P., Roger E. Increments across age in body composition for children 10 to 18 years of age. Hum Biol 1983; 55: 845-852.

(CFS) Canada Fitness Survey. Canadian youth and physical activity. Ottawa: Fitness and Amateur Sport 1983.

Carron A.V., Bailey D.A. Strength development in boys from 10 through 16 years. Monog Soc Res Child Dev. 1974; 157: 39.

CDDS 2e Séminaire européen sur l'évaluation de la valeur physique: Département de l'Education Physique - Université de Birmingham (Royaume-Unit), 3-5 juin 1989 - Conseil de l'Europe (Comité pour le Developpement du Sport), Strasbourg, 1981; 14.

CDDS 5e Séminaire européen sur l'évaluation de l'aptitude physique: évaluation de la batterie expérimentale et adoption de la batterie définitive - Ecole Nationale d'Athétisme, Formia (Italie), 12-17 mai 1986 - Conseil de l'Europe (Comité pour le Developpement du Sport), Strasbourg, 1987; 52.

Clarke H.H. Physical and motor test in the Medford boys' growth study. Prentice Hall Englewood Cliffs 1978.

Clivillé R., Fernandez J., Salas J., Feliu A., González R., Martí-Henneberg C. Estudio longitudinal multidisciplinario de desarrollo puberal. Evolución de los parámetros antropométricos, clínicos y de composición corporal en función de la maduración puberal. Rev Esp Pediatr 1990; 46: 495 - 501.

Bibliografia

Cooper K.J. Correlation between field and treadmill testing as a means for assessing maximal oxygen intake. *JAMA* 1968: 201-204.

Costill D.L., Thomason H., Roberts E. Fractional utilization of aerobic capacity during distance running. *Med Sci Sports* 1973; 5: 248-252.

Crasselt W., Forchel I., Stemmler R. Zur Körperlichen entwicklung der schuljugend in der Deutschen Demokratischen Republik. *Sportmedizinische Schriftenreihe Band 23. Leipzig: Johann Ambrosius Barth* 1985.

Crielaard J.M., Pimay F., Franchimont P. Croissance et exercice anaérobie lactique. En: Benezis C., Simeray J., Simon L., (eds). *Actualités en médecine du sport n 3. L'Enfant l'Adolescent et le Sport. Paris. Masson* 1986: 1-8.

Cronk C.E., Mukherjee D., Roche A.F. Changes in triceps and subscapular skinfold thickness during adolescenc. *Hum Biol* 1983; 55: 707-721.

Cunningham D.A., Waterschoot B.M.V., Paterson D.H. Lefcoe M., Sangal F.P. Reliability and reproducibility of maximal oxygen uptake measurement in children. *Med Sport Sci* 1977; 9: 104-108.

Cunningham D.A., Stapletot J.J., MacDonald I.C., Paterson D.H. Daily expenditure of young boys as related to maximal aerobic power. *Can J appl Sport Sci* 1981; 6: 207-211.

Cunningham D.A., Paterson D.H., Blimkie C.J.R., Donner A.P. Development of cardiorespiratory function in circumpubertal boys: a longitudinal study. *J. Appl Physiol* 1984; 56: 302-307.

Dalén N., Olsson K.E. Bone mineral content and physical activity. *Act Orthopaed Scand* 1986; 45: 170-174.

Daniel W.A. Feinstein R.A., Howardpeebles P., Bayley W.D. Testicular volumes of adolescents. *J Pediatr* 1982; 101: 51-71.

Dauncey M.J., Murgartroyd P.R. A direct and indirect calorimeter for studies on energy expediture in man over 24 h periods. 1978; 284: 7-8.

Dearborn W.F., Rothney J.W.M., Shuttlewoth F.K. Data on the growth public school children. *Monogr Soc Res Child Dev* 1938; 3: 1.

..... Bibliografía

Delgado A., Allemandou A., Peres G. Changes in the characteristics of anaerobic exercise in the upper limb during puberty in boys. Appl Physiol Occup Physiol 1993; 66: 376-380.

Després J.P., Bouchard C., Tremblay A., Savard R., Marcote M. Effects of aerobic training on fat distribution in male subjects. Med Sci Sports 1985; 17: 113-118.

Di Prampero P.E. Maximal muscular power, aerobic and anaerobic, in 116 athletes performing in the XIXth Olympic games in Mexico. Ergometrics 1970; 13: 665-692.

Dirner O., Till G., Günthner O. Physical maturity and actual condition of college students. Szabadidósport 1990; 31: 1-4.

Douglas B., Mckeag M.D. Adolescents and exercise. J Adolesc Health 1986; 7: 121S-129S.

Dowell R.T. Fisiología cardiovascular del ejercicio. En: Bove A.A., Lowenthal D.T. (eds). Medicina del Ejercicio. Buenos Aires. El Ateneo 1987: 18-26.

Dupond D.C., Freedman A.P. Fisiología pulmonar del ejercicio. En: Bove A.A., Lowenthal D.T. Medicina del ejercicio. Buenos Aires. El Ateneo 1987: 27-39.

Durnin J.V.G.A., Rahaman M.M. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. Br J Nutr 1967; 21: 681.

Durnin J.V.G.A., Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. Brit J Nutr 1974; 32: 77-97.

Eckert H.M. Age changes in motor skills. En: Rarick G.L. (ed). Physical Activity. Human Growth and Development. New York, Academic Press 1973: 155-175.

Ellis J.D., Carron A.V., Bailey D.A. Physical performance in boys from 10 to 16 years. Hum Biol 1975; 47: 263-281.

Eriksson B.O., Saltin B. Muscle metabolism during exercise in boys aged 11 to 16 years compared to adults. Acta Paediatr Belg 1974 ; 28 (supl.): 257-265

Bibliografía

Ergen E., Gambuli n., Leonarldi M., Dal Monte A. Relationships between body composition, leg strength and maximal alactacid anaerobic power in trained subjects. J Sports Med 1983; 23: 399-403.

Espenschade A. Development of motor coordination in boys and girls. Res Q 1947; 18: 30-44.

Etgen G.H.Jr., Brozinick J.T.Jr., Kaug H. Y. Ivy J. L. Effects of exercise training on skeletal muscle uptake and transport. Am J Physiol Cell 1993; 3: 27-33.

Everestt A. Harman, Rosenstein M.T., Frykman P.N., Rosenstein R. M., The effects of arms and countermovement on vertical jumping. Med and Sci in Sports and Exercise. 1990; 22: 825-833.

Eynde B.V., Vienne D., Vuylsteke-Wauters M., Gerven D. Aerobic power and pubertal peak height velocity in Belgian boys. Eur J Appl Physiol 1988; 57: 430-434.

Falkner F. Twenty-five years of internationally coordinate research: longitudinal studies in growth and development. International Childrens Centre, Montreux 1980.

Farralli M.R., Watkins J., Ewing B.G. The physical fitness of secondary schoolboys aged 13, 15 and 17 years. Glasgow: Jordanhill College 1980.

Feliu A., Albanell M., Bestit-Cartasona C., Baños F., Fernandez J. Martí-Henneberg C. Predicción de la capacidad física de deportistas durante la pubertad: análisis de futbolistas de alto rendimiento. An Esp Pediatr 1991; 35: 323 - 326.

Fleishman E.A. Structure and measurement of physical fitness. Englewood Cliffs: Prentice Hall 1964.

Fleta J., Sarria A., Azar A., Garcia P., Bueno M. Estudios antropométricos relacionados con la obesidad en población infantil de la ciudad de Zaragoza. 1983. Premio de nutrición infantil Nestle.

Font J. Evaluación de la concentración en deportistas de alto rendimiento: implicaciones en ansiedad de competición. Revista de Investigación y Documentación sobre las Ciencias de la Educación Física 1991; 19: 49-62.

..... Bibliografía

Forbes G.B., Bruining G.J. Urinary excretion and lean body mass. Am J Clin Nutr 1976; 29: 1359-1366.

Forbes G.B. Body composition effected by physical activity and nutricion. Federation Proceedings 1985; 44: 343-347.

Forbes G.B. Influence of physical activity. En: Forbes G.B. (ed). Human Body Composition. New York. Springer-Verlang 1987(a): 248-266.

Forbes G.B. Body composition in infancy childhood, and adolescence. En: Forbes G.B. (ed). Human Body composition. New York. Springer-Verlang 1987 (b): 124-168.

Forbes G.B. Exercise and body composition. The American Physiological Society 1991: 994-997

Frisancho A.R. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. Am J Clin Nutr 1981; 34: 2540-2545.

Froese E.A., Houston M.E. Performance during the wingate anaerobic test and Muscle Morphology in Males and Females. J Sport Med 1987; 8: 35-39.

Gerard E. S., Caiozzo B.D., Rubin C.A., Prieto D.M., Davidson. Skeletal muscle profiles among elite long middle and short distance swimmers. Am J Sports Med. 1986; 14: 77-82.

Glaser E.M. The physiological basis of habituation. London, Oxford University Press. 1966.

Gollnick P.D. Glicogen depletion pattern in human skeletal muscle fiber after heavy exercise. J. Appl Physiol 1973; 34: 615-630.

Graffar M., Courbier J. Contribution à l'étude de l'influence des conditions socio-économiques sur la croissance et le développement. Courr CIE 1966; 16 1-25.

Gratas-Delamarche A., Mercier J., Ramonatxo M. Ventilatory response of prepubertal boys and adults to carbon dioxide at rest and during exercise. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1993; 66: 25-30.

Bibliografía

Gurney J.M., Jelliffe D.B. Arm anthropometry in nutritional assessment: normogram for rapid calculation of muscle circumference and cross-sectional muscle and fat areas. *Am J Clin Nutr* 1973; 26: 912-915.

Gutin B., Keith R., Stewart B. Relationship among submaximal heart rate, aerobic power and running performance in children. *Res quart* 1976; suppl: 399-404.

Hauspie R. Adolescent growth. En: *Human Physical Growth and Maturation*. Johnston F.E. (ed). Nueva York/Londres. Plenum Press 1980: 161-175.

Hayden F., Yuhasz M. The CAHPER Fitness Performance Test Manual for boys and girls 7 to 17 years of age. Toronto, canadian association for physical health education and recreation 1965.

Hebbelinck M., Borms J., Clays J. La variabilité de l'âge squeletique et les corrélations avec la capacité de travail chez des garçons de 5me année primaire. *Kinanthropologie* 1971; 3: 125-135.

Hebbelinck M., Boprms J. Körperliches wachstum und leistungsfähigkeit bei schulkindern. *Sportmedizinische Schriftenreihe Band 15*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1978.

Henriksson J. Effects of Physical training on the metabolism of skeletal muscle. *SWE-Diabetes Care* 1992; 15: 1701-1711

Hermansen L H., Andersen L. Aerobic work capacity in young Norwegian men and women. *J appl Physiol* 1965; 20: 425-431.

Hermansen L H., Hulman E., Saltin B. Muscle glicogen during prolonged severe exercise. *Acta Physiol Scand* 1967; 71: 129-139.

Hernández M., Muñoz A., Madero L. Crecimiento físico durante la adolescencia. *An Esp Pediatr* 1983; 18: 91-99.

Hernández M., Sanchez E., Sobradillo B., Rincón J.M. Maduración ósea y predicción de talla. Atlas y métodos numéricos. Hernández M. (ed). Díaz de Santos S.A. Madrid. 1991.

..... Bibliografía

Heynsfield S.B., McManus C., Smith J., Stevens V., Nixon D.W. Anthropometric measurement of muscle mass: Revised equations for calculating bone-free arm muscle area. Am J Clin Nutr 1982; 36: 680-687.

Higson R. C., Rosenkoetter M.A. Reduced training frequencies and maintenance of aerobic power. Med Sci Sports Exerc, 1981; 13: 13-25.

Holloszy J.O., Coile E.F. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. J Appl Physiol 1984; 56: 831-843.

Housh T.J., Thorland W.G., Johnson G.O. An evaluation of intertester variability in anthropometry and body composition assessment. J Sport Med 1983; 23 : 311-315.

Howard H. Leistungsphysiologische untersuchungen an kleinkindern. En: Warerloh E., Van Dam B., Scholoemer G (eds). Die Fechtspezifischen Belastungen und ihre Auswirkungen auf Kinder Jugendliche Aachen: Sportmediz.I. RWTH 1978.

Howell M.L., MacNab R. The physical work capacity of canadian children. Ottawa, Canadian Association for Physical Health Education and Recreation. 1966.

Hughson R., Alvinson J., Bar-Or O., et al. L'enfant dans le sport de compétition. Une approche multidisciplinaire Sci Sports 1986; 2: 17-30.

Hultman E. Studies on muscle metabolism of glicogen and active phosphate in man with special reference to exercise and diet. Scand J Clin Lab Invest 1967; 94.

Hupprich F.L., Sigerseth P.O. Specificity of flexibility in girls. Research Quarterly 1950; 21: 25-33.

Hyner G.C., Marconyak M., Black D.R. Melby C.L. Assessment of body composition by novice practitioners after a short intensive training session. J Sport Med 1986; 26: 421-427.

Jensen J.L., Phyllips S.J. Variations on the vertical jump: individual adaptations to changing task demands. J Motor Behavior 1991; 23: 63-74.

Bibliografia

Joch W., Krause I. Age-dependent changes for motor speed factors in children and youths of 6 to 18 years. *Sportunterricht* 1978; 11: 405-413.

Johnson R.L. Adolescent growth and development. En: Hofmann A. (ed) *Adolescent Medicine*. California, Addison-Wesley Publish. 1983: 2-7.

Jones H.E. Motor performance and growth. A developmental study of static dynamometric strength. University of California Press, Berkeley 1949.

Jost-Relyveld A., Ollivier D., Sempé m. Le temps de reaction auditif, un index maturatif chez l'enfant sportif?. *Pediatrie* 1985; 5: 375-383.

Karlberg P., Taranger J., Engström I., Karlberg j., Landstrom T., Lichtenstein H., Lindstrom B., Swenneberg-Redegren i. The somatic development of children in a Swedish urban community: a prospective longitudinal study. I. Physical growth from birth to 16 years and longitudinal outcome of the study during the same period. *Acta Paediatr Scand* 1976; suppl 258: 7-76.

Karlsson J., Saltin B. Lactate, ATP and CP in working muscles during exhaustive exercise in man. *J Appl Physiol* 1970; 29: 598-621.

Karlsson J. Lactate and phosphagen concentration in working muscle of man. *Acta Physiol Scand* 1971; suple: 358-363.

Karlsson J., Nordesjo L.O., Jorfeld L., Saltin B. Muscle lactate, ATP and CP levels during exercise after physical training in man. *J appl Physiol* 1972; 33: 199-203.

Karlsson J. Relevance of muscle fibre type fo fatigue in short intense and prolonged exercise in man. En: *Human Muscle Fatigue: Physiological Mechanisms*. Londres. Pitman Medical, 1981.

Katch V.L. Physical conditioning of children. *J Adolescent Health Care* 1983; 3: 241-246.

Kelso J.A.S., Delcolle J.D., Schöner G.S. Action-perception as a pattern formation process. En: Jeannerod M. (ed) *Attention and Performance XXIII*. Hillsdale N.J. Erlbaum 1990: 139-169.

..... Bibliografía

Kemper H.C.G., Verschuur R., Ras K.G.A., Snel J., Splinter P.G., Tavecchio L.W.C. Biological age and habitual physical activity in relation of physical fitness in 12- and 13-year old schoolboys. *Zeitschrift für Kinderhelkunde* 1975: 119: 169-179.

Kemper H.C.G., Verschuur R. Development of physical fitness of Dutch teenagers from 12 to 17 years of age. En: Howald H. (ed) *Youth and Sports*. Magglingen, Switzerland: Research Institute of SSPES 1982.

Kemper H.C.G., Dekker H.J.P., Ootsjers M.G., Post P., Snel J., Splinter P.G., Storm Van Essen., Verschuur R. Growth and health of teenagers in Netherlands: Survey Multidisciplinary Longitudinal Studies and Comparison to recent results of a Dutch study 1983; 4: 202-214.

Kemper H.C.G., Verschuur R. maximal aerobic power. *Med Sport Sci* 1985 (a): 20: 107-126.

Kemper H.C.G., Verchuur R. Body build and body composition. *Med Sport Sci* 1985 (b): 20: 88-95.

Kemper H.C.G., Verchuur R. Motor performance fitness tests. *Med Sport Sci* 1985 (c): 20: 96-106.

Kemper H.C.G. Longitudinal studies on the development of health and fitness and the interaction with physical activity of teenagers. *Pediatrician* 1986; 13: 52-59.

Kemper H.C.G., Verschuur R. Longitudinal study of maximal aerobic power in teenagers. *Ann Hum Biol* 1987; 14: 435-444.

Kidd B. The political economy of sport. En: *Association for Helth and Physical Education and Recreation* (ed) Ottawa 1978.

Klimt F. Algunos aspectos fisiológicos sobre el deporte en los niños. *Ann Nestlé* 1986: 10-21.

Klissouras V. Heritability of adaptative variation. *J. appl Physiol* 1971; 31: 338-334.

Klissouras V. Adaptation to maximal effort: genetics and age. *J Appl Physiol* 1973; 35: 288-293.

Bibliografía

Klusiewicz A., Zdanowicz R., Borkowski L., Ladyga M. Sport-specific performance capacity of male and female junior rowers. Biology of Sport 1992; 9 : 159-167.

Kobayashi K., Kitamura K., Miura M., Sodeyama H., Murase Y., Miyashita M., Matsui H. Aerobic power related to body growth and training in Japanese boys: a longitudinal study. J. Appl Physiol 1978; 44: 666-672.

Koinzer K., Enderlein G., Henforth G. Association between PWC 170, cronological age, skeletal age, and training status in 10 to 14 year old boys. Medizin und sport 1981; 21: 201-206.

Komi P.V., Luhtanen P., Vilhamaa K. Measurement of instantaneous contact forces on the force-platform. En: Research reports from the department of biology of physical activity. University of Jyvaskyla, Finland 1974.

Korol V.M., Son'Kin D. Muscular working capacity in boys aged 13-14 years. Hum Physiol 1983; 9: 391-395.

Krahenbuhl G.S., Morgan D.W., Pangrazi R.P. Longitudinal changes in distance-running performance of young males. Int J Sports Med 1989; 10: 92-96.

Kraus H., Hirschland R.P. Minimum muscular fitness tests in school-children. Research Quarterly 1954; 25: 178-188.

Krogh A., Lindhard J. The relative value of fat and carbohydrate as sources muscular energy. Biochem J 1920; 14: 290-363.

Kumar A. y Chansoria M. Adolescent growth-self appraisal and personality correlates. Indian Pediatr 1984; 21: 271-279

LaFontaine T.P., Londeree B.R., Spath W.K. The maximal steady state versus selected running events. Med Sci Sports Exer 1981; 13: 190-192.

Lange Andersen., Seliger V., Rutebfranz J., Mocellin R. Physical performance capacity of children in Norway. Part I. Population parameters in rural inland community with regard to maximal aerobic power. Eur J appl Physiol 1974; 33: 177-195.

..... Bibliografia

Lange Andersen., Seliger V., Rutehfranz J., Skrobahkaczynski J. Physical performance capacity of children in Norway IV. The rate of growth in maximal aerobic power and the influence of improved physical education in a rural community - population parameters in a rural community. Eur J appl Physiol 1976; 35: 49-58.

Largo R.H., Gasser T., Prader A., Stuetzle W., Huber P.J. Analysis of the adolescent growth spurt, using smoothing spline functions. Ann Hum Biol 1978; 5: 421-434.

Largo R.H. Prader A. Pubertal development of swiss boys. Helv Pediatr Act 1983a; 38: 211-228.

Largo R.H. Prader A. Pubertal development of swiss girls. Helv Pediatr Act 1983b; 38: 229-243.

Laughlin M.H., McAllister R.M. Exercise training-induced coronary vascular adaptation. J Appl Physiol 1992; 73: 2209-2225.

Léger L., Lambert J., Goulet A., Rowan C., Dinelle Y. Capacité aérobie des Québécois de 6 à 17 ans: Test navette de 20 mètres avec paliers de 1 min. Can J Appl Sport Sci 1984; 9: 64-69.

Levarlet-Joye H., Fievetz A.F. Les tests Eurofit et les jeunes de 11 à 14 ans. 6e Séminaire européen de recherche. Les tests d'aptitude physique Eurofit. Département de l'Education Physique - Université d'Ege, Izmir (Turquie), 26-30 juin 1990 - Conseil de l'Europe (Comité pour le Développement du Sport) 1990: 29-53.

Lindgren G. Psychosocial aspects of growth with special regard to the relations between physical/physiological and mental/cognitive growth. Coll Antropol 1988; 12: 47-66.

Linhares E.D.R., Round J.M., Jones D.A. Growth, bone maturation and biochemical changes in brazilian children from two different socioeconomic groups. Am J Clin Nutr 1986; 44: 552-558.

Linnarsson D. Dynamics of pulmonary gas exchange and heart rate at start and end of exercise. Acta Physiol Scand 1974; 415.

Lucas A.R. Undernutrition and growth. New Eng J Med 1983; 339: 550-551.

Bibliografia

McArdle W.D. Reliability and inter-relationships between maximal oxygen intake, physical work capacity, and step-test scores in college women. Med Sci Sports 1972; 4: 182-189.

McArdle W.D., Katch F., Katch V. Amélioration de la puissance anaérobie et aérobie. En: Physiologie de l'Activité Physique. Québec. Edisem 1986; 281-298.

McArdle W.D., Katch F., Katch V. Dépense d'énergie au repos et au cours d'activités physiques. En: McArdle, Katch (eds). Physiologie de L'Activité Physique. Québec. Edisen Inc. 1987 (a): 111-122.

McArdle W.D., Katch F., Katch V. Mesure des capacités énergétiques et différences interindividuelles. En: McArdle, Katch (eds). Physiologie De L'Activité Physique. Québec. Edisem Inc. 1987 (b): 137-154.

McArdle W.D., Katch F., Katch V. Force musculaire: amélioration de la force musculaire. En: McArdle, Katch (eds). Physiologie De L'Activité Physique. Québec. Edisem Inc. 1987 (c): 299-322.

McArdle W.D., Katch F., Katch V. Evaluation de la composition corporelle. En: McArdle, Katch (eds). Physiologie De L'Activité Physique. Québec. Edisen Inc. 1987 (d): 387-412.

McArdle W.D., Katch F., Katch V. Système d'approvisionnement et d'extraction d'énergie. En: Physiologie de l'Activité Physique. Québec. Edisem 1987 (e): 157-198.

Maksud M.G., Coutts K.D. Application of the Cooper twelve-minute run-walk to young males. Res Quart 1971; 42: 54-65.

Malina R.M. Anthropometric correlates of strength and motor performance. En: Wilmore J.H. and Keogh J.F. (eds). Exercise and Sport Sciences Reviews 3. Academic Press New York and London. Oxford. Blackwell. 1975: 249-274.

Malina R.M. Growth, physical activity and performance in an anthropological perspective. En: Landry F., Orban W.R. (eds). Physical Activity and Human Well-Being. Miami, Fla., Symposia Specialists 1978: 3-28.

Margarita R., Aghemo P., Rovelli E. Indirect determination of maximal oxygen consumption in man. J Appl Physiol 1965; 20: 1070-1073.

..... Bibliografia

Margaria R. Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J Appl Physiol* 1966; 21: 1662-1689.

Maritz J.S., Morrison J.F., Peter J., Strydom N.B., Wyndham C.H. A practical method of estimating an individual's maximum oxygen intake. *Ergonomics* 1961; 4: 97-122.

Marshall W.A., Tanner J.M. Variations in th pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Child* 1969; 44: 291-303.

Marshall W.A., Tanner J.M. Variations in the pattern of puberal changes in boys. *Arch Dis Child* 1970; 45: 13-23.

Marshall W.A. Puberty. En: *Falkner F., Tanner J.M. (eds) Human growth. Nueva York/Londres. Plenun Press. 1978; Vol II: 141-181.*

Martí-Henneberg C., Roy M.P., Masse N.P. Bone maturation velocity. En: *Compte rendu de la XII Réunion des équipes chargées des études sur la croissance et le développement de l'enfant normal. Paris: CIE, 1974; 107-112.*

Martí-Henneberg C. La croissance post-natale. En: *Manciaux M., Lebovici s., Jeanneret o., Sand A.E., Tomkiwicz S. (eds). L'Enfant Et Sa Santé. Paris. Doin. 1987; 205-235.*

Martí-Henneberg C., Clivillé R., Moreno A. Ritmo de maduración puberal y rendimiento escolar. *An Esp Pediatr* 1991; 35 (supl 47): 55-58.

Martorell R., Yarbrough C., Klein R.E., y cols. Maduration body size and skeletal maturation: Interrelationships and implications of catch-up growth. *Hum Biol* 1979; 51: 171-389.

Masland R.P. The Adolescent: athletics and development. *J Adolesc Helth Care* 1983; 3: 237-240.

Massicotte D.R., Gauthier R., Markon P. Prediction of VO2 max from the running performance in children aged 10-17 years. *J. Sports Med* 1985; 25: 10-16.

Mayhew J.L., Piper F.C., Koss, J.A. and Montaldi D.H. Prediction of body composition in female athetes. *J Sport Med* 1983; 23: 333-341.

Bibliografía

Melichna J., Novàkova H., Natolín S., Ulbrichová M., Horák V. Havlícková L. Relationship between vertical jumping ability, muscle fibre characteristics and the physique of athletes. *Biology of Sport* 1990; 7: 5-13.

Mellerowicz H. Frecuencia cardíaca durante el esfuerzo ergométrico. En: Mellerowicz H. (ed). *Ergometría. Buenos Aires. Panamericana. 1984 (a)*: 53-70.

Mellerowicz H. Fundamentos físicos y biológicos de la ergometría. En: Mellerowicz H. (ed). *Ergometría. Buenos Aires. Panamericana. 1984 (b)*: 13-33.

Mercado M. C., Galiano D. Repercussió de l'entrenament esportiu intens sobre el creixement i el desenvolupament en la infància i l'adolescència. *But Soc Cat Pediatr* 1987; 47: 429-438.

Mercier J., Vago P., Macabies J., Prefaut CH. Evolution de la VO2 max. chez l'enfant. En: Benezis C., Simeray J., Simon L., (eds). *Actualités en Médecine du Sport n 3. L'Enfant l'Adolescent et le Sport. Paris. Masson 1986*; 1-8.

Meredith H.V. The rhythm of physical growth: a study of 18 measurements on Iowa City, white males ranging in age between birth and 18 years. *University of Iowa Studies in child welfare* 1935; 11/3.

Merni F., Balloni M., Bargellini S., Menegatti G. Differences in male and female in joint movement range during growth. En: Borms J., Hebbeling M., Venerando A. (eds). *The Female Athlete. A Socio-Psychological and Kinanthropometric Approach. Basel: Karger 1981*:168-175.

Mero A., Luhtanen P., Viitasalo J.T., Komi P.B. Relationship between the maximal running velocity, muscle fiber characteristics, force production and force relaxation of sprinters. *Scand Sports Sci.* 1981; 3: 16-22.

Mero A., Kauhanen H., Peltola E., Vuorimaa T. Changes in endurance, strength and speed capacity of diferent prepubescent athletic groups during one year of training. *J of Hum Movement Studies.* 1988; 14; 219-239.

Mészáros J., Béres F., Mohácsi J. A Longitudinal study of the difference between morphological and calendar age (differential age) in adolescent soccer players. *Anthropometry* 1989; 30: 1-4.

..... Bibliografia

Mirwald R.L. Saskatchewan growth and development study; En: , Kinantropometry II. Ostijn, Beunen, Simons (eds). University Park Press. Baltimore. Int Ser Sport Sci 1980; 9: 289-305.

Mirwald R.L., Bailey D.A., Cameron N., Rasmussen R.L. Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7 to 17 years. Ann Hum Biol 1981; 8: 405-414.

Mocellin R., Lindemann H., Rutenfranz J., Sbresny W. Determination of $\dot{V}O_2$ and maximal oxygen uptake in children by different methods. Acta Paediatr Scand 1971; suppl 217: 13-17.

Mole P.A. Metabolismo del ejercicio físico. En Bove A.A. Lowenthal D.T. (eds). Medicina del Ejercicio. Buenos Aires. El Ateneo 1987: 40-83.

Moore L.L., Lombardi D.A., White M.J., Campbell J.L., Oliveria S.A., Ellison R.C. Influence of parents' physical activity levels on activity levels of young children. J Pediatr 1991; 118: 215-219.

Moore T., Hindle C.B., Falkner F. A longitudinal research in children development and some of its problems. Br Med J 1954; ii: 1132-1137.

Moras G. Análisis crítico de los actuales tests de flexibilidad. Correlación entre algunos de los tests actuales y diversas medidas antropométricas. Apunts 1992; 29: 127-137.

Morse M., Schulth F., Cassels D. Relation of age to physiological responses of the older boys (10-17 years) to exercise. J Appl Physiol 1949; 1: 683-709.

Nadal G. Esclat puberal i decantació esportiva. Consideracions auxològiques. But Soc Cat Pediatr 1984; 44: 305-308.

Nylin B., Schéle r., Linroth K. Changes in male exercise performance and anthropometric variables between ages 19-30. Eur J Appl Physiol 1981; 38: 145-150.

Ostyn M., Simons J., Beuner G., Renson R., Van Gerven D., Somatic and motor development of Belgian secondary schoolboys. Norms and standards. University Press Leuven 1980.

Bibliografía

Parizkova J. Particularities of lean body mass and fat development in growing boys as related to their motor activity. Acta paediatrica Belg 1974; 28: 233-243.

Parizkova J. Body fat and physical fitness. The Hague, M. Nijhoff 1977

Payne A. H., Slater W.J. and Telford T. The use of a force platform in the study of athletic activities. Ergometrics. 1969; 11: 123-143.

Pérusse L., Lortie G., Leblanc C., Tremblay A., Thériault G., Bouchard C. Genetic and environmental sources of variation in physical fitness. Ann Hum Biol, 1987; 14: 425-434.

Petersen A.C. Pubertal changes and cognition . En: Brooks-Gunn J. and Petersen A.C. (eds) Girls at puberty. New York, Plenum Press, 1983: 179-200.

Piaget J. Motricité, perception et intelligence. Enfance 1956; 9: 9-14.

Piaget J. y Inhelder B. El preadolescente y las operaciones proporcionales. En: Psicología del Niño, 11 ed. Madrid, Morata, 1969.

Placheta Z. Youth and physical activity: development of some functional and morphological indices in 12-15 year old boys with different motor activity. Purkyne University Brno. 1980.

Pollock M.L., Wilmore J.H. Fox S.M. Health and fitness through physical activity. New York: John Wiley. 1978.

Potiron-Josse M. Comparison of 3 protocols of determination of direct VO2 max amongst 12 sportsmen. J Sports Med 1983; 23: 429-435.

Prader A. Testicular size: assessment and clinical importance. Triangle 1966; 7: 240.

Prat J.A. Batería Eurofit. La evolución de la condición física en la edad prepuberal. Apunts 1984; 21: 143-146.

Prat J.A. Batería Eurofit. En: Grosser M. Starischka S. Test de la Condición Física. Ediciones Martínez Roca Barcelona 1988.

Raven J.C. Test de Matrices Progresivas para la Medida de la Capacidad Intelectual. 3ª edición. Buenos Aires. Editorial Paidós. 1957.

..... Bibliografía

Renson R., Beunen G., Van Gerven D. Relation entre des mesures somatiques et les résultats de certain tests de souplesse. Kinanthropologie 1972; 4: 131-145.

Riera J. Introducció a la psicologia del deporte. Riera J. (ed). Martínez Roca S.A. Barcelona 1985.

Rigal R.A. Influence de l'evolution des composantes du développement psychomoteur sur le rendement en mathématiques chez des enfants de 6 à 9 ans. Enfance 1976; oct/dec: 346-355.

Rivas F. Orientació y predicció escolar. Vida Escolar 1977; 191 y 192: 67-72.

Rolland-Cachera M.F., Sempe M., Guillaud-Bataille M., Patois E., Pequignot F., Fautrad V. Adiposity indices in children. Am J. Clin Nutr 1982; 36: 178-184.

Roy-Pernot M.P., Sampé M., Filliozat A.M. Rapport d'activite terminal de l'équipe française. Suppl. Compte rendu de la 13ème Reunion des Equipes Chargées des Etudes sur la Croissance et le Développement de l'Enfant Normal. Paris, Centre International de l'Enfance 1976.

Ruskin H. Physical performance of school children in Israel. En: Shephard R.J., Lavallée H. (ed). Physical Fitness Assessment. Principles, Practice and Application. Springfield ILL, Charles C. Thomas. 1978: 273-320.

Rutenfranz J., Lange Andersen K., Seliger V., Klimmer F., Berndt I., Ruppel M. Maximum Aerobic Power and body composition during puberty growth period: similarities and differences between children of two European countries. Eur J Pediatr 1981; 136: 123-133.

Rutenfranz J., Lange Andersen K., Seliger V., Ilmarinen J., Klimmer F., Kylian H., Rutenfranz M., Ruppel M. Maximum aerobic power affected by maturation and body growth during childhood and adolescence. Eur J Pediatr 1982; 139: 106-112.

Rutenfranz J., Lange Andersen K., Seliger V., Ilmarinen J., Klimmer F., Kylian H., Ruppel M. Maximum aerobic power affected by maturation and body growth during childhood and adolescence. En: Ilmarinen J., Välimäki I. (eds) Children and Sport. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1984: 67-85.

Bibliografia

Saltin B. *Metabolic fundamentals in exercise. Med Sci Sports* 1973; 56: 137-142.

Saris W.H.M., F de Koning, Elvers J.W.H., T de Boo, Binkhorst R.A. *Estimation of W 170 and maximal oxygen consumption in young children by different treadmill tests. En: Ilmarinen J., Välimäki I. Children and Sport. Springer-Verlag Berlin Heidelberg* 1984: 86-92.

Sarriat A. *Valoración del Crecimiento mediante técnicas Antropométricas. Ann Esp Pediatr* 1984; 10: 62-72.

Schmücker B., Rigaure B., Hinrichs W., Trawinski. *Motor abilities and habitual physical activity in children. En: Ilmarinen J., Välimäki I. Children and Sport. Springer-Verlag Berlin Heidelberg* 1984: 46-52.

Schöner G., Zanone P.G., Kelso J.A.S. *Learning as change of coordination dynamics: Theory and experiment. J Motor Behavior* 1992; 24: 29-48.

Secher N.H., Rube N., Elers J. *Strength of two- and one-leg extension in man. Acta Physiol Scand.* 1988; 134: 333-339.

Sempè M. Pedron G., Roy-pernot M.P. *Auxologie Méthode et Séquences. Paris Thérapicx* 1979.

Seliger V., Bartue K. *Means values of variations indices of physical fitness in the investigation of czechoslovak population aged 12-55. Prague: Czechoslovak Association of Physical Culture* 1976.

Shephard R.J. *Alive, man. The physiology of physical activity. Springfield. ILL, Charles C. Thomas* 1972.

Shephard R.J., Lavalée H., Jéquier J.C. *Un programme complémentaire d'éducation physique. Etude préliminaire de l'expérience pratiquée dans le district de Trois Rivières. En: LaCour J.R. (ed). Facteurs Limitant L'Endurance Humaine. Les Techniques d'Amélioration de la Performance. Université de St. Etienne, France* 1977: 43-54.

Shephard R.J., Lavalée H., Rajic M., et al. *Radiographic age in the interpretation of phisiological and anthropological data. En: Borms J (ed). Pediatric Work Physiology. Basel* 1978: 124-133.

..... Bibliografia

Shephard R.J. Economics of the fitness industries - The Canadian Scene Since 1966. Ottawa, Health and Welfare, Canada 1981.

Shephard R.J. Physical activity and growth. En: Year Book Medical publishers. Chicago 1982.

Shephard R.J., Volle M., Lavalée H., LaBarre R., Jéquier J.C., Rajic M. Required physical activity and academic grades: a controlled study. Children and Sport 1984: 58-63

Shephard R.J. The Canada Fitness Survey. Some international comparisons. J Sports Med 1986; 26: 292-300.

Shephard R.J., M.D., Ph.D., D.P.E. Measurements of fitness. The canadian experience J Sports Med and Phys Fitness 1991; 31: 470-479.

Sherry E. Beckenholdt and Mayhew J.L. Specyficity among power tests in male athletes. J Sports Med 1983; 23: 326-332

Shuttleworth F.K. The adolescent period, a graphyc analysis. Monogr Soc Res Child Dev 1940 (a); 14: 1.

Shuttleworth F.K. The adolescent period, a pictorial analysis. Monogr Soc Res Child Dev 1940 (b); 14: 2.

Simons J., Beunen G., Renson R., Van Gerven D. Construction d'une batterie de tests d'aptitude motrice pour garçons et filles de 12 à 19 ans, par la méthode de l'analyse factorielle. En: Simons J., Renson R. y Levarlet-Joye H. Évaluation de l'aptitude motrice. Conseil de l'Europe, Comité pour le développement du sport 1983.

Singer R.N. Motor learning and human performance: an application to physical education skills. London: The Macmillan Company 1870.

Siri W.E. Gross composition of th body in advences in biological medical fitness. En: J.H. Lawrence and Tobias (eds). New york. New York Academic Press 1956: 4.

Skinner J.S., Bar-Or O. Bergsteinova V., Bell C.W., Royer D., Buskirk E.R. Comparison of continuous and intermittent tests for determining maximal oxygen intake in children. Acta Paediatr Scand 1971; suppl 217: 24-28.

Bibliografia

Sprynarova S. Longitudinal study of the influence of different physical activity programs on functional capacity of the boys from 11-18 years. Acta Pediatr Belg. 1974; 29 (suppl): 204-213.

Strydom N.B. Environmental variables affecting fitness testing. En: Shephard R.J., Lavallée H (ed) Physical Fitness Assessment. Principles, Practice and Application. Springfield ILL, Charles C. Thomas. 1978: 94-101.

Summers J.J., Kennedy T.M. Strategies in the production of a 5:3 polyrhythm. Hum Movement Sci 1992; 11: 101-112.

Sunnergardh J., Bratteby L.E., Sjolín S. Physical activity and sports involvement in 8 and 13 year-old children in Sweden. Act Pediatr Scand 1985; 74: 904-912.

Symons J.D., Longhurst J.C., Stebbins C.L. Response of collateral-dependent myocardium to vasopressin release during prolonged intensity exercise. J Physiol Heart Circ Physiol 1993; 5: 33-35.

Szmodis I., Szabó T., Rendi M., Temesi Z., Mészáros J. Performance in plate-tapping and simple serial reaction time of children aged 5-14 years. En: Ilmarinen J., Välimäki I. Children and Sport. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1984: 42-45.

Tanner J.M. Growth at Adolescence 2^a ed. Oxford. Blackwell Scientific Publications 1962 (a).

Tanner J.M. Developmental age and the concept of physiological maturity. En: Tanner J.M. (ed). Growth at Adolescence. Oxford. Blackwell. 1962 (b): 55-93.

Tanner J.M. Factors affecting the rate of growth and age at puberty. En: Tanner J.M. (ed). Growth at Adolescence. Oxford. Blackwell. 1962 (c): 94-155.

Tanner J.M. Motor developmental at adolescence. En: Tanner J.M. (ed). Growth at Adolescence. Oxford. Blackwell. 1962 (d): 201-206.

Tanner J.M., Whitehouse R.H., Marubini E., Resele. The adolescent growth spurt of boys and girls of de Harpender Growth Study. Ann Hum Biol 1976 ; 3: 109-126.

..... Bibliografía

Tanner J.M., Whitehouse R.H., Cameron, Marshall W.A., Healy M.J.R., Goldstein H. Valoración de la maduración esquelética y predicción de la talla adulta (Método TW2). Ancora S.A. Barcelona 1988.

Taranger J. The somatic development of children in a Swedish urban community. II. Evaluation of biological Maturation by means of maturity criteria. Acta Paediatr Scand 1976; suppl 258: 77-82.

Taylor H., Buskirk E., Henschel A. Maximal oxygen intake as objective measures of cardio-respiratory performance. J appl Physiol 1955; 8: 73-80.

Tharp G.D., Johnson G.O. and Thorland W.G. Measurement of anaerobic power and capacity in elite young track athletes using the Wingate test. J Sport Med 1984; 24: 100-106.

Thorland W.G. et al. Body composition and somatotype characteristics of Junior Olympic Athletes. Med Sci Sports Exerc, 1981; 13: 332-348.

Thurstone LL., Yela M. Percepción de diferencias (caras). Madrid TEA ed., 1985.

Thurstone LL., Thurstone T.G. Test de aptitudes escolares. Madrid TEA ed., 1986.

Tojo R. Valoración del estado nutricional. Nutr Clin Diet Hosp 1983; 13: 26-46.

Tuxworth W. The fitness and physical activity of adolescents. Med J Austr 1988; 148: 13-21.

Vanden Eynde B, Vienne D, Vuylsteke-Wauters M, Van Gerven D. Aerobic power and pubertal peak height velocity in Belgian boys. Eur J Appl Physiol 1988; 57: 430-434.

Vandewalle H., Peres G., Heller J., Panel J., Monod H. Force - velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer. Correlation with the height of vertical jump. Europ J Appl Physiol. 1987; 56: 650 - 656.

Bibliografía

Van Mechelen W., Van Lier W.H., Hlobil H., Crolla I., Kemper H.C.G. *The construction of Eurofit reference scales in the Netherlands for boys and girls aged 12-16 years. 6e Séminaire européen de recherche. Les tests d'aptitude physique Eurofit. Département de l'Education Physique - Université d'Ege, Izmir (Turquie), 26-30 juin 1990 - Conseil de l'Europe (Comité pour le Developpement du Sport) 1990: 193-222.*

Verschuur R., Kemper H.C.G. *The pattern of daily physical activity. Med Sport Sci 1985; 20: 169-186.*

Vogelaere P., Balague N. *Aptitud física y técnicas de medición. Apunts 1982; 19: 157-167.*

Volle M., Tisal H., LaBarre R., Lavallée H., Shephard R.J., Jéquier J.C., Rajic M. *Required physical activity and psychomotor development of primary school children. En: Ilmarinen J., Välimäki I. Children and Sport. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1984: 53-57.*

Wahlund H. *Determination of physical working capacity. Physiological and clinical study with especial reference to standardiation of cardiopulmonary functional-test. Act Med Scand 1948; 215: 1-78.*

Washburn R.A. and Henry J.M. *The validity of predicting VO2 max in males age 10-39. J Sports Med 1984; 24: 41-48.*

Washington R.L., Van Gundi J.C. *Normal aerobic and anaerobic exercise data for North America school-age children. J Pediatr 1988; 2: 223-225.*

Watson A.W.S. *Distribution of sub-cutaneous fat in sportsmen: relationship to anaerobic power-output. J Sports Med 1984; 24: 195-205.*

Williams H.G. *Neurosensory development in young organisms. En: Landry F., Urban W.A.R. (eds). Physical Activity and Human Well-Being. Miami, Fla., Symposia specialists 1978: 57-67.*

Wolfish M.G. *Normal adolescent development. En: Buchanan M. (ed) Child and Adolescent Health for Practitioners. Artarmon, Williams and Williams 1987.*

Wojnarowska B. *The validity of indirect estimations of maximal oxygen uptake in children 11-12 years of age. Eur J Appl Physiol 1980; 43: 19-23.*

..... **Bibliografía**

Yaacob A., Cooper D.M., Flores R., Zanconato S., Barstow T.J. Oxygen uptake dynamics during High-intensity exercise in children and adults. American Physiological Society 1991; 841-848.

Zatchman M., Prader A., Kind H.P., Haflinger H., Budliger H. Testicular volume during adolescence. Helv Pediatr Act 1974; 29: 61-72.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA

Albert Feliu Rovira

DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA
Albert Feliu Rovira
DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
MADURACIÓN PUBERAL, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y MADURACIÓN PSICOMOTORA EN LA CONDICIÓN FÍSICA
Albert Feliu Rovira
DL:T-1552-2009/ ISBN: 978-84-692-4515-6