

Article

Influencia de Parámetros Ventilatorios Sobre Variables Antropométricas

Paulo Sáez Madain, Sebastián Rojas Inda, Yonel Ortega Aravanopules y Antonio Eduardo López Fuenzalida

RESUMEN

Introducción: La estimación de adiposidad corporal con métodos indirectos es utilizada en la evaluación de la condición física, a modo de relacionar a la morfoestructura con parámetros de rendimiento físico.

Objetivo: Correlacionar parámetros ventilatorios con variables antropométricas.

Materiales y Métodos: Se realizó un estudio de observación analítica, donde se efectuó una ergoespirometría, evaluaciones morfológicas y estimación de masa adiposa a 24 varones de entre 17 y 24 años; 12 profesores de Educación Física y 12 seleccionados nacionales en Rugby (5), Taekwondo (3) y Voleibol (4).

Análisis de datos: Se encontró una relación negativa entre el $VO_{2máx}$ y los pliegues; abdominal ($r = -0,72$; $p < 0,0001$), iliocrestal ($r = -0,63$; $p < 0,001$), subescapular ($r = -0,62$; $p < 0,001$) y perímetro de cintura ($r = -0,62$; $p < 0,001$). No hubo correlación entre el VO_2 máx. e I.M.C., pliegue tríceps y pliegue pantorrilla. También se encontró una correlación inversa significativa entre el umbral ventilatorio y el pliegue abdominal ($r = -0,70$; $p < 0,0001$) y en menor grado el pliegue iliocrestal ($r = -0,61$; $p < 0,001$).

Conclusiones: Las variables antropométricas; pliegue abdominal, pliegue iliocrestal, pliegue subescapular y perímetro de cintura se correlacionaron de manera inversa significativamente con el $VO_{2máx}$, así como el pliegue abdominal e iliocrestal lo hacen con el umbral ventilatorio. No se encontró relación estadísticamente significativa entre estos pliegues y el porcentaje del $VO_{2máx}$ en el que se manifiesta el umbral ventilatorio.

Palabras Clave: Pliegues cutáneos, distribución de tejido adiposo, umbral ventilatorio, consumo máximo de oxígeno

INTRODUCCION

Actualmente en la práctica deportiva es de gran importancia conocer el componente adiposo del deportista, ya que es un factor que incide en el rendimiento deportivo, se ha demostrado que el exceso de tejido adiposo actúa como peso muerto en actividades donde la masa corporal debe ser desplazada repetidamente contra la gravedad (Reilly, T. 1996; Rico - Sanz, 1998). Lo mismo se observa, con respecto al exceso de masa grasa, en actividades que requieren desplazamientos, saltos, etc., debido a que aumenta el peso del cuerpo sin capacidad adicional para producir fuerza (Ramos N., Zubeldía, 2003). Sobre el mismo tema, en diferentes investigaciones se demostró que existe una relación inversa entre el rendimiento físico durante un partido de fútbol y masa grasa (Bangsbo J., 1999; Castagna C., D'Ottavio s., 1999; Houtkooper L., Going S., 1998; Ramos N., Zubeldía, 2003; Reilly, 1996; Wisloff U. et al., 1998).

Ante la evidencia acá expuesta, se hace necesaria la consideración de la composición corporal como uno de los puntos a tener en cuenta dentro de un conjunto de variables que determinan el rendimiento físico. Sin embargo, los resultados obtenidos en las evaluaciones de composición corporal pueden verse afectados por el método, la técnica de medición y cálculo utilizado. A lo que se agrega, en el caso del método antropométrico, entiéndase a este como la medida del grosor(es) de pliegues como técnica de estimación del componente adiposo o graso, que los resultados obtenidos, aún tratándose de un método en común, pueden presentar diferencias debido a diversos factores, entre los cuales se cuenta el patrón de distribución del tejido adiposo (Sáez, 2005) y como éste puede cambiar ante factores de rendimiento como el $VO_{2máx}$ y umbral ventilatorio.

Antecedentes

Cada fórmula antropométrica, que tiene como técnica la medición de los pliegues cutáneos como forma de hacer una cuantificación del tejido adiposo o grasa contempla, dentro de sus protocolos, zonas anatómicas definidas para el registro de sus mediciones. Todo esto con la pretensión de que éstas sean representativas del total de contenido adiposo o graso presente en el cuerpo, por lo tanto son dependientes del patrón de distribución del tejido adiposo.

La primera ecuación o fórmula bi-compartimental, fue publicada en 1951 por Brozek y Keys, a partir de entonces, se han desarrollado más de 100 ecuaciones (Alba, 2005). La gran cantidad de fórmulas que consideran la técnica de medición de los pliegues cutáneos a generado diversos protocolos que definen zonas anatómicas para llevar a cabo las medidas. Por lo tanto, el patrón de distribución del tejido adiposo adquiere un papel fundamental en el cálculo del componente graso o adiposo. Como la composición del cuerpo es dinámica, las fórmulas antropométricas no solo pueden ser utilizadas para hacer una valoración actual de la misma, sino que también resulta de utilidad para realizar un seguimiento longitudinal de las respuestas dadas por los componentes del cuerpo a determinados estímulo.

Composición Corporal

La composición de un cuerpo, representa la acumulación total durante la vida de nutrientes, adquiridos de forma externa del medio y retenidos en el cuerpo. Estos nutrientes en conjunto, entregan la forma, la función y la masa a los distintos tejidos que en conjunto componen al organismo.

Las fórmulas antropométricas, miden el tejido adiposo a nivel subcutáneo (panículo adiposo) y, a través de ese proceso, estiman el total del componente adiposo o graso presente en el cuerpo, por lo tanto, dependen de la relación entre tejido adiposo interno y subcutáneo.

En el tema de la relación tejido adiposo interno y tejido adiposo subcutáneo, existen discrepancias entre los investigadores. Mientras Brozek (1960) dió como valor estándar de que el 50 por ciento del total de tejido adiposo corporal es subcutáneo; Martin, Ross, Drinkwater y Clarys (1986) indicaron que, por cada kilogramo de tejido adiposo subcutáneo, se acumulan 200 gramos de tejido adiposo interno en el punto de intersección de la recta de regresión, que establecieron de esta relación indica que, si desapareciera todo el tejido adiposo subcutáneo, el tejido adiposo interno sería de 667 gramos en varones y - 373 gramos en mujeres. Por lo tanto, casi un 80 por ciento del total de tejido adiposo correspondería a subcutáneo. En tanto que, Davies, Jones y Norgan (1986) encontraron cifras de correlación, en la mencionada relación de 0,05 en varones y de - 0,01 en mujeres, lo cual indica que la variabilidad interindividual en la relación tejido adiposo subcutáneo e interno es muy alta.

En cuanto a las variables que influyen en la distribución del tejido adiposo a nivel subcutáneo se distinguen:

- Diferencias entre géneros en edad fértil (Baumgartner et al., 1986; Casajus et al., 2006; Wells, 1992).
- Hábito tabáquico (Daniel et al., 1993; Kaye et al. 1991; Troisi et al., 1991)
- Perfil endocrino (Daniel et al., 1993; Tankelaar et al., 1990).
- Balance energético (Kissebah y Krakower, 1994; Narvaez y Álvarez 1990; Nindl et al., 2000).
- Práctica de actividad física (Alvero et al., 1992; Espinoza, 1995; Lailhacar, C. et al., 1994; Nindl et al., 2000; Pacheco del Cerro, 1996).

Relación entre parámetros ventilatorios y variables antropométricas

Brunet et al. (2007) comprobaron que el IMC y el perímetro de cintura, estaban correlacionados negativamente con la aptitud física en niños. Por su parte, Nassis et al. (2005) constataron que una eficiencia cardiorrespiratoria más alta, se relacionaba con valores menores de tejido adiposo total y central en niños obesos y con sobrepeso. Casajús et al. (2006) estudió la relación entre el grado de condición física cardiovascular, la acumulación y distribución de masa grasa en niños, constató que existe un grado superior de condición física asociada con cantidades significativamente menores de tejido adiposo subcutáneo, particularmente, en la zona del tronco. Si tomamos en cuenta la relación existente entre adiposidad central y múltiples factores de riesgo cardiovascular, documentada por Maffei (2003) y Mc Carth et al. (2003), los niños

con alta condición física cardiovascular tendrían una composición corporal más saludable y un menor riesgo de accidente cardiovascular.

Gutin et al. (2002), estudiaron los efectos de la intensidad del ejercicio en la aptitud cardiovascular, composición corporal y adiposidad visceral en adolescentes obesos. Concluyeron, que la aptitud cardiovascular de éstos mejoraba al aumentar la intensidad del ejercicio. Si bien no se comprobó la influencia de la intensidad del ejercicio sobre la composición corporal y adiposidad total, el estudio observó que el entrenamiento en sí (independiente de la intensidad) contribuyó a una reducción de la adiposidad visceral y total del cuerpo.

Ross y Katzmaryk (2003) reportaron que los sujetos con mayor índice cardiorrespiratorio tenían menor cantidad de masa grasa total y abdominal, independiente del género sexual y del I.M.C.

Se ha observado que tanto la grasa visceral, como el perímetro de cintura disminuyen como consecuencia del ejercicio (Ross et al., 2003; Ross y Janssen 2001).

En este mismo sentido Janssen et al. (2004) realizaron un estudio en el que utilizaron T.A.C. para relacionar el grado de condición física con la grasa intra-abdominal en un grupo de hombres y mujeres de raza blanca y negra; observaron que para un determinado perímetro de cintura, la grasa subcutánea abdominal, visceral y masa grasa total, es menor en los sujetos con mayor condición cardiorrespiratoria.

Sudi et al. (2001) encontraron diferencias con relación al tejido adiposo subcutáneo, en dos grupos de deportistas de elite. Un grupo, practicaba deportes de predominio aeróbico (esquiadores de fondo y corredores de distancias largas) y el otro, entrenaba con pesas (compuesto por atletas de muy distintas disciplinas como jugadores de balonmano, remeros, luchadores, etc.). Cabe destacar que en este estudio, el criterio por el cual se separaron los grupos, no fue por niveles de aptitud física cardiovascular (expresado en máximo consumo de oxígeno u otro parámetro), sino que por el tipo de actividad física realizada. Los niveles de tejido adiposo subcutáneo fueron significativamente mayores en el grupo que entrenaba con pesas, en relación al que entrenaba resistencia. Esto se observó a nivel de los pliegues de tríceps, subescapular y pectoral. Además, los atletas que entrenaban pesas tenían niveles superiores de masa adiposa y porcentaje de grasa respecto al grupo que entrenaba resistencia.

López Calbet et al. (1993) realizaron comparaciones entre pliegues de hombres entrenados y sedentarios, ellos observaron que las mayores diferencias entre estos 2 grupos se establecían en los pliegues abdominal, suprailíaco y de muslo. Hay que señalar, que se establecieron relaciones entre grado de entrenabilidad y pliegues cutáneos, y no entre parámetros de aptitud física y pliegues.

Los resultados de la investigación de Pacheco del Cerro (1996) sugirieron que el nivel de actividad física practicada determinaba un patrón de distribución de grasa determinado; así es como dividió el grupo de atletas estudiado en 2 grupos; en el primero se ubican aquellos atletas en los cuales el pliegue del muslo es mayor que el abdominal, situándose los corredores, saltadores, decatletas, marchadores y lanzadores de jabalina; en el segundo grupo se ubican los individuos en los cuales el pliegue abdominal superaba en grosor al pliegue de muslo y aquí se encontraba el otro grupo de lanzadores (no jabalina) y el grupo control, constituido por estudiantes universitarios que no practicaban deporte. El segundo grupo, por sus características en cuanto demandas metabólicas del deporte (lanzadores) y niveles de aptitud física (estudiantes universitarios) probablemente corresponden a los individuos con menores valores de consumo de oxígeno.

Al relacionar la composición corporal y consumo máximo de oxígeno, Venkata et al. (2004), describieron los cambios en el perfil de composición corporal sobre el $VO_{2\text{máx}}$ y lo relacionaron con el máximo rendimiento de trabajo en atletas, los resultados indicaron un incremento significativo ($p < 0.001$), en la masa corporal magra, la cual se incrementó en un 4,7 por ciento en el $VO_{2\text{máx}}$ y de 37 por ciento en el máximo rendimiento de trabajo, encontrando altas correlaciones significativas entre la masa corporal magra y el $VO_{2\text{máx}}$.

MATERIALES Y METODOS

Muestra

Del número total de sujetos evaluados ($n=24$), unos son considerados deportistas ($n=12$) y otros como sujetos no deportistas ($n=12$). En el grupo de los sujetos deportistas, se encuentran sujetos pertenecientes a tres disciplinas deportivas: rugby ($n=5$), taekwon-do ($n=3$) y voleibol ($n=4$); mientras que en los sujetos no deportistas, fueron en su totalidad profesores de Educación Física.

La selección de ambos grupos se realizó en base al siguiente protocolo de inclusión:

- Sujetos varones.
- Rango de edad entre 17 a 24 años.
- No presentar patología cardiaca, respiratoria o metabólica.
- No presentar disfunciones o patologías traumatológicas.
- No estar en período de rehabilitación por lesiones traumáticas.
- No haber realizado actividad física durante las 24 horas previas a la evaluación.
- No haber consumido café o té al menos 4 horas previas a la evaluación.
- Presentar ayunas de al menos 3 horas.
- No presentar ingesta o uso de fármacos o drogas al menos 24 horas previas a la evaluación.

Cabe destacar que para ser considerado como deportista debían cumplir con el siguiente requisito:

- Pertenecer activamente a selecciones nacionales Chilenas en los deportes mencionados anteriormente.
- Estar en período de competencia.

Material utilizado

El material utilizado en la investigación, se presenta de acuerdo a las variables de estudio para la cual fueron utilizadas:

- Ejercicio: Treadmill Power Jog, modelo Cardio Sport.
- Consumo de Oxígeno: Ergoespirómetro Vmáx Series. Mascarilla, Hans Rudolph, medium y small, serie 7930.

De igual forma se mencionan los materiales utilizados en la evaluación morfológica de los sujetos:

Kit Antropométrico Rosscraft.

- Calibrador de pliegues cutáneos Gaucho.
- Cinta antropométrica Rosscraft.
- Antropómetros Campbell 20 y Campbell 10.
- Escuadra con base plana.
- Lápiz dérmico.
- Balanza con estadiómetros: Detecto.

Material informático

Material informático utilizado de acuerdo a la variable de estudio para la cual fueron utilizadas:

- Consumo de Oxígeno: Vmáx Series Software versión 12.3.
- Tratamiento estadístico y gráficos: Graph Pad Software Inc. versión 3.0.
- Graph Pad Prism Software versión 4.0.

Recolección de los datos

La recolección de los datos, se realiza siguiendo un protocolo de fases: informativa, recepción y ejercicio. Cabe destacar que la ejecución de las fases que se detallan a continuación, se llevó a cabo entre los meses de Febrero y Abril del año 2007.

Posterior a la realización del protocolo de evaluación, se realiza un proceso de obtención de las variables en estudio, las cuales se detallan a continuación:

Descripción y aplicación del instrumento de recolección de datos

a) Método de Estimación del UV y $VO_{2máx}$.

Se consideran los elementos del análisis espirométrico respiración a respiración, lo que involucra el estudio de los parámetros VE, VO₂, VCO₂, VE/VO₂, VE/VCO₂, PETO₂ y PETCO₂.

b) Estimación de los Porcentajes de las Masas Corporales y Variables Antropométricas.

Para la evaluación morfológica de los sujetos en estudio, se utilizó el protocolo de evaluación antropométrica propuesto por la Sociedad Internacional para Avances de la Cineantropometría, propuesto por Marfell-Jones et al., 2006. Mientras que la estimación de los porcentajes de la masa adiposa y muscular fue obtenido a través de la propuesta de fraccionamiento penta-compartmental (Ross y Kerr, 1998).

Análisis de las variables

Al relacionar por separado los pliegues subcutáneos con el VO₂ máx. se observa una correlación negativa considerable del

pliegue abdominal ($r = -0.72$, $p < 0,0001$), el pliegue iliocrestal ($r = -0,63$, $p < 0,001$) y el subescapular ($r = 0,62$, $p = 0,001$).

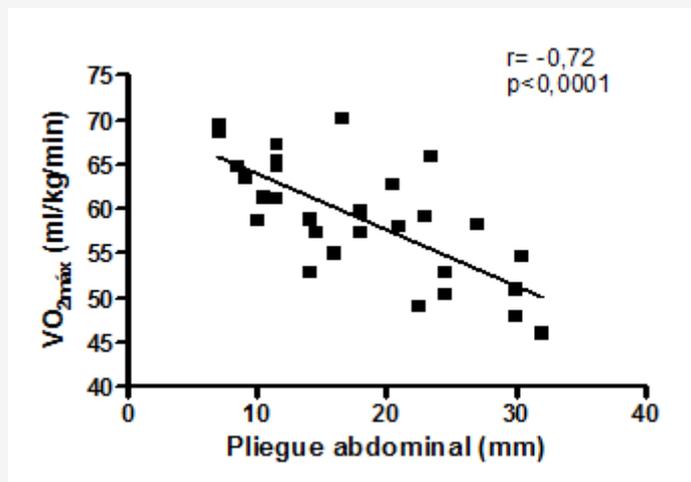


Figura 1. Correlación de grosor del pliegue abdominal expresado en milímetros y máximo consumo de oxígeno relativo. Correlación estadísticamente significativa ($p < 0,05$)

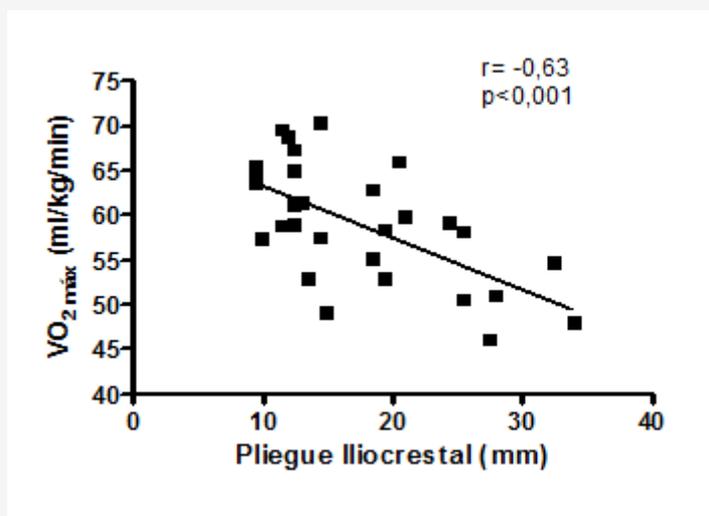


Figura 2. Correlación de grosor del pliegue iliocrestal expresado en milímetros y máximo consumo de oxígeno relativo. Correlación estadísticamente significativa ($p < 0,05$)

Se observó una correlación negativa entre el $VO_{2\text{máx}}$ y el perímetro de cintura ($r = -0,62$; $p < 0,001$). El I.M.C. y el I.C.C. no mostraron correlación estadísticamente significativa con el VO_2 máx.

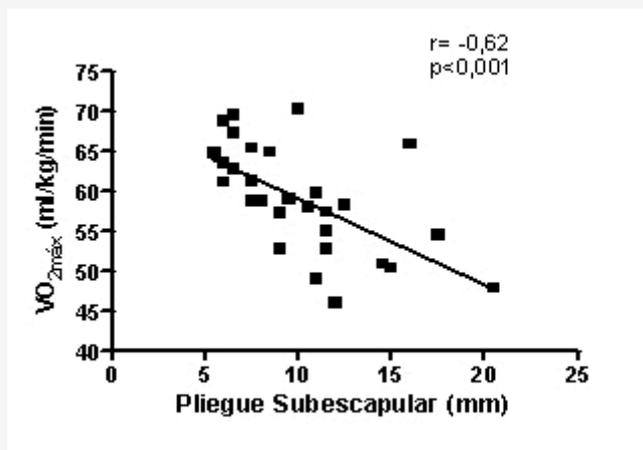


Figura 3. Correlación de grosor del pliegue subescapular expresado en milímetros y máximo consumo de oxígeno relativo. Correlación estadísticamente significativa ($p < 0,05$)

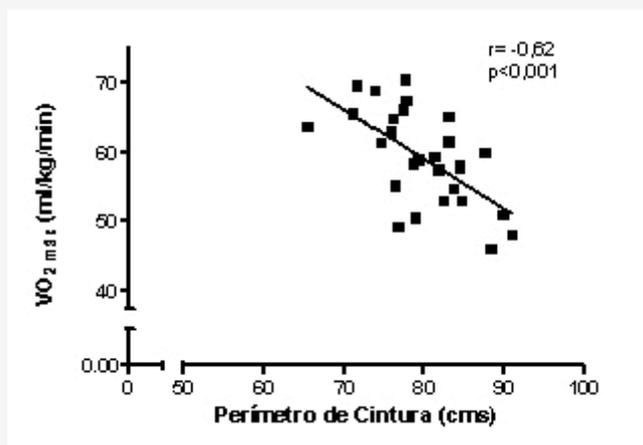


Figura 4. Correlación de perímetro de cintura expresado en centímetros y máximo consumo de oxígeno relativo. Correlación estadísticamente significativa ($p < 0,05$)

Al estudiar la asociación existente entre de $VO_{2máx}$, con el phantom (Ph) de cada pliegue, se observa nuevamente una correlación negativa considerable en los mismos pliegues el Ph de pliegue abdominal ($r = -0,67$; $p < 0,0001$); una correlación negativa media con los Ph ileocrestal ($r = -0,58$; $p < 0,01$) y subescapular ($r = -0,56$; $p < 0,01$.)

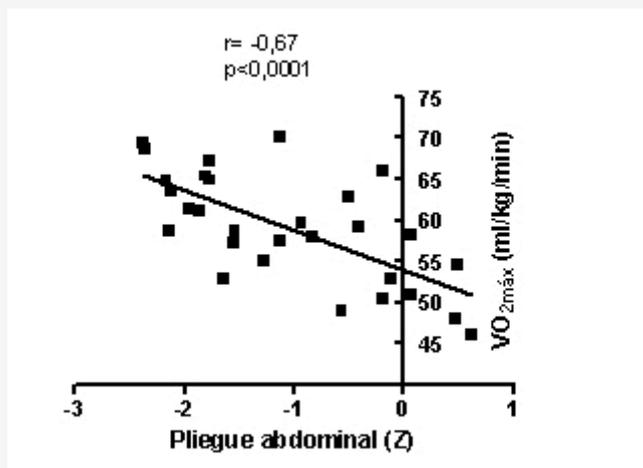


Figura 5. Correlación de pliegue abdominal expresado en valores de proporcionalidad según método Phantom (índice Z) y máximo consumo de oxígeno relativo. Correlación estadísticamente significativa ($p < 0,05$)

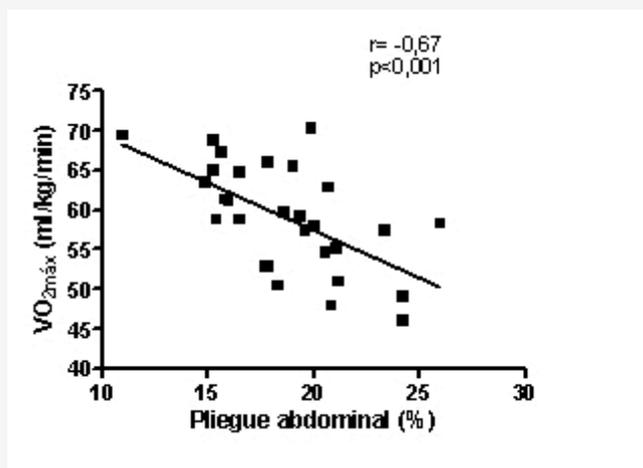


Figura 6. Correlación de pliegue abdominal expresado en valores porcentuales de acuerdo a su aporte en la suma total de los pliegues considerados y máximo consumo de oxígeno relativo. Correlación estadísticamente significativa ($p < 0,05$)

Considerando el porcentaje que cada pliegue representa dentro de la suma del total de éstos, se realizó una correlación entre este valor (porcentaje) y el $VO_{2\text{máx}}$. Se observó que solo el pliegue abdominal tuvo correlación negativa significativa con el $VO_{2\text{máx}}$. ($r = -0,60$; $p < 0,001$). La masa adiposa total tuvo una correlación negativa media con el $VO_{2\text{máx}}$. ($r = -0,47$; $p = 0,001$).

En cuanto a la relación del umbral ventilatorio con los pliegues subcutáneos en forma individual, se observa en la tabla N° 3 que nuevamente encontramos la mayor correlación estadísticamente significativa en el pliegue abdominal ($r = -0,70$; $p < 0,0001$). En menor grado el pliegue iliocrestal ($r = -0,61$; $p < 0,001$). Los pliegues ilioespinal y subescapular muestran una correlación media ($r = -0,54$ y $-0,52$ respectivamente, $p < 0,001$).

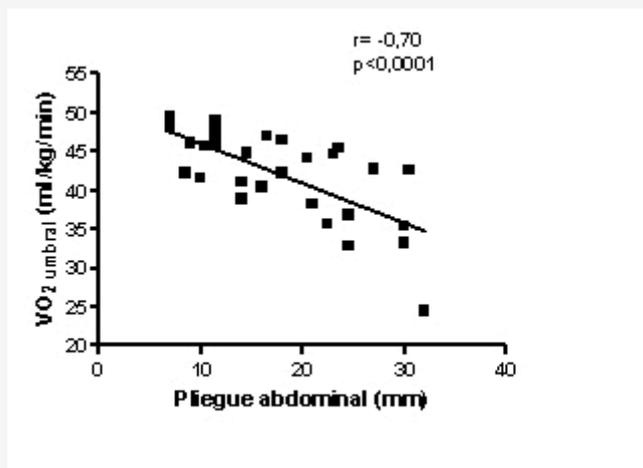


Figura 7. Correlación de grosor del pliegue abdominal expresado en milímetros y valor de consumo de oxígeno relativo en donde se observa el umbral ventilatorio. Correlación estadísticamente significativa ($p < 0,05$)

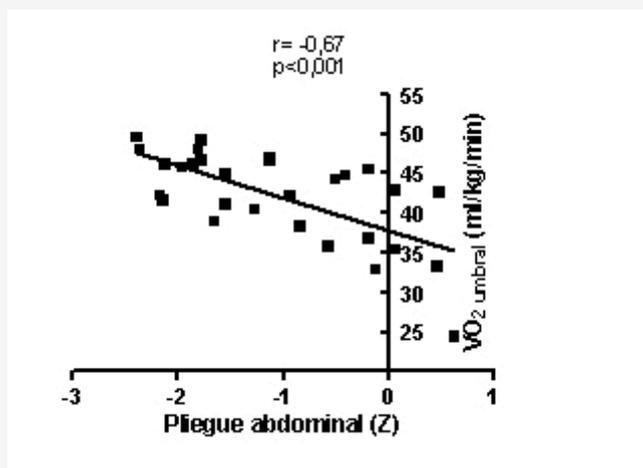


Figura 8. Correlación de pliegue abdominal expresado en valores de proporcionalidad según método Phantom (índice Z) y valor de consumo de oxígeno relativo en donde se observa el umbral ventilatorio. Correlación estadísticamente significativa ($p < 0,05$)

El perímetro de cintura entregó una correlación aceptable con el umbral ventilatorio ($r = -0,60$; $p < 0,001$). El I.M.C. y I.C.C. tampoco tuvieron correlación significativa con el umbral ventilatorio.

En cuanto al Ph (phantom) de pliegues y su relación con el umbral ventilatorio, el pliegue abdominal resalta con una correlación considerable ($r = -0,67$; $p < 0,001$). Con correlación media los pliegues Ph iliocrestal ($r = -0,58$; $p < 0,001$), el pliegue Ph ilioespinal ($r = -0,50$; $p < 0,01$) y el pliegue Ph subescapular ($r = -0,48$; $p < 0,01$). Solo se encontró correlación media del porcentaje del pliegue abdominal con el umbral ventilatorio ($r = -0,50$; $p < 0,01$).

VARIABLES ANTROPOMETRICAS		R	r2	P
Índice de Masa Corporal		-0,30	0,09	0,12
Índice Cintura-Cadera		-0,27	0,07	0,16
Perímetro Cintura		-0,62	0,38	< 0,001
PLIEGUES	Tríceps	-0,35	0,12	0,07
	Subescapular	-0,62	0,38	< 0,001
	Bíceps	-0,48	0,23	< 0,01
	Ileocrestal	-0,63	0,40	< 0,001
	Ileoespinal	-0,47	0,22	0,01
	Abdominal	-0,72	0,52	<0,0001
	Muslo	-0,40	0,16	0,03
	Pantorrilla	-0,29	0,08	0,12
PHANTOM *	Ph tríceps	-0,28	0,08	0,14
	Ph subescapular	-0,56	0,31	<0,01
	Ph bíceps	-0,43	0,18	0,02
	Ph Ileocrestal	0,58	0,34	<0,01
	Ph Ileoespinal	-0,41	0,17	0,03
	Ph Abdominal	-0,67	0,45	<0,0001
	Ph muslo	-0,32	0,10	0,09
	Ph pantorrilla	-0,22	0,05	0,26
% *****	% Tríceps	0,29	0,08	0,12
	% Subescapular	-0,09	0,01	0,65
	% Bíceps	-0,14	0,02	0,45
	% Ileocrestal	-0,16	0,03	0,42
	% Ileoespinal	0,10	0,01	0,59
	% Abdominal	-0,60	0,36	<0,001
	% Muslo	0,27	0,07	0,16
	% Pantorrilla	0,37	0,14	0,05
Cuociente TS/TI **		-0,41	0,17	0,03
Phantom cintura		-0,30	0,09	0,12
Suma pliegues tronco ***		-0,37	0,14	0,04
Suma pliegues abdomen ****		-0,41	0,17	0,03
Masa adiposa total (kilos)		-0,47	0,22	0,01

Tabla 1. Correlación entre $VO_{2m\acute{a}x}$ y variables antropométricas.

Phantom: Modelo metafórico de proporcionalidad estándar de referencia unisexuado. (*)

Cuociente entre pliegues del tren superior y pliegues del tren inferior (**)

Pliegues Tronco: Pliegue Subescapular + P Ileocrestal + P Ileoespinal + P Abdominal (***)

Pliegues Abdomen: Pliegues de tronco excepto Pliegue subescapular (****)

% con respecto a la suma total de pliegues en un individuo (*****)

VARIABLES ANTROPOMETRICAS		r	R2	P
Índice de Masa Corporal		-0,33	0,11	0,08
Índice Cintura-Cadera		-0,30	0,09	0,12
Perímetro Cintura		-0,60	0,36	<0,001
PLIEGUES	Triceps	-0,38	0,14	0,04
	Subescapular	-0,52	0,27	<0,01
	Biceps	-0,43	0,18	0,02
	Ileocrestal	-0,61	0,37	<0,001
	Ileoespinal	-0,54	0,29	<0,01
	Abdominal	-0,70	0,49	<0,0001
	Muslo	-0,35	0,12	0,07
	Pantorrilla	-0,42	0,18	0,02
PHANTOM *	Ph triceps	-0,33	0,11	0,08
	Ph subescapular	-0,48	0,23	<0,01
	Ph bíceps	-0,40	0,16	0,03
	Ph Ileocrestal	-0,58	0,34	<0,001
	Ph Ileoespinal	-0,50	0,25	<0,01
	Ph Abdominal	-0,67	0,45	<0,001
	Ph muslo	-0,29	0,08	0,13
	Ph pantorrilla	-0,37	0,14	0,04
% *****	% Triceps	0,25	0,06	0,19
	% Subescapular	0,08	0,01	0,69
	% Biceps	-0,09	0,01	0,66
	% Ileocrestal	-0,18	0,03	0,36
	% Ileoespinal	-0,04	0,00	0,82
	% Abdominal	-0,50	0,25	<0,01
	% Muslo	0,34	0,12	0,07
	% Pantorrilla	0,19	0,04	0,34
Cuociente TS/TI **		-0,36	0,13	0,06
Phantom cintura		-0,39	0,15	0,04
Suma pliegues tronco ***		-0,34	0,12	0,07
Suma pliegues abdomen ****		-0,44	0,19	0,02
Masa adiposa total (kilos)		-0,44	0,19	0,02

Tabla 2. Correlación entre Umbral VO₂ y variables antropométricas.

Phantom: Modelo metafórico de proporcionalidad estándar de referencia unisexuado. (*)

Cuociente entre pliegues del tren superior y pliegues del tren inferior (**)

Pliegues Tronco: Pliegue Subescapular + P Ileocrestal + P Ileoespinal + P Abdominal (***)

Pliegues Abdomen: Pliegues de tronco excepto Pliegue subescapular (****)

VARIABLES ANTROPOMETRICAS		R	r2	P
Índice de Masa Corporal		-0,19	0,04	0,34
Índice Cintura-Cadera		-0,18	0,03	0,36
Perímetro Cintura		-0,21	0,04	0,28
PLIEGUES	Tríceps	-0,23	0,05	0,24
	Subescapular	-0,04	0,00	0,83
	Bíceps	-0,07	0,00	0,72
	Ileocrestal	-0,22	0,05	0,25
	Ileoespinal	-0,34	0,12	0,07
	Abdominal	-0,24	0,06	0,20
	Muslo	-0,07	0,00	0,71
	Pantorrilla	-0,38	0,14	0,04
PHANTOM *	Ph tríceps	-0,24	0,06	0,21
	Ph subescapular	-0,06	0,00	0,75
	Ph bíceps	-0,08	0,01	0,68
	Ph Ileocrestal	-0,23	0,05	0,22
	Ph Ileoespinal	-0,35	0,12	0,06
	Ph Abdominal	-0,26	0,07	0,18
	Ph muslo	-0,09	0,01	0,65
	Ph pantorrilla	-0,39	0,15	0,04
% *****	% Tríceps	0,01	0,00	0,96
	% Subescapular	0,32	0,10	0,09
	% Bíceps	0,08	0,01	0,66
	% Ileocrestal	-0,09	0,01	0,64
	% Ileoespinal	-0,27	0,07	0,16
	% Abdominal	-0,04	0,00	0,84
	% Muslo	0,23	0,05	0,23
	% Pantorrilla	-0,21	0,04	0,28
Cuociente TS/TI **		-0,04	0,00	0,82
Phantom cintura		-0,32	0,10	0,10
Suma pliegues tronco ***		-0,07	0,00	0,73
Suma pliegues abdomen ****		-0,20	0,04	0,29
Masa adiposa total (kilos)		-0,15	0,02	0,45

Tabla 3. Correlación entre % Um vent. y variables antropométricas.

Phantom: Modelo metafórico de proporcionalidad estándar de referencia unisexuado. (*)

Cuociente entre pliegues del tren superior y pliegues del tren inferior (**)

Pliegues Tronco: Pliegue Subescapular + P Ileocrestal + P Ileoespinal + P Abdominal (***)

Pliegues Abdomen: Pliegues de tronco excepto Pliegue subescapular (****)

% con respecto a la suma total de pliegues en un individuo (*****)

DISCUSION

En semejanza con los resultados obtenidos en el presente estudio entre masa adiposa y máximo consumo de oxígeno, los datos de corte transversal indican que el porcentaje de grasa está inversamente relacionado a la potencia aeróbica ($VO_{2\text{máx.}}$), expresada en valores relativos según Cureton, 1992, citado por Shephard y Astrand (2000).

A pesar de que los resultados del estudio muestran que los valores obtenidos en niveles de tejido adiposo corporal presenta una relación inversa estadísticamente significativa con el máximo consumo de oxígeno, el ejercicio de solo considerar el valor del total de tejido adiposo o grasa corporal, resta consideración a la regionalización de éste, que pudiese expresar de mejor manera los parámetros ventilatorios en la morfoestructura del sujeto.

Con respecto a lo previamente señalado, Casajús et al., (2006) estudiaron la relación entre el grado de condición física cardiovascular, la acumulación y distribución de masa grasa en niños. La evaluación antropométrica, estableció la cantidad total de masa adiposa subcutánea (mediante la medida de seis pliegues). El estudio enfatizó la observación de la masa adiposa subcutánea acumulada en la región del tronco (suma de tres pliegues). De acuerdo a sus valores de $VO_{2\text{máx}}$, se constató que tanto en niños como en niñas, existe un grado superior de condición física asociada con cantidades significativamente menores de tejido adiposo subcutáneo, no solo en el cuerpo entero, sino que particularmente, en la zona del tronco.

El estudio anterior es corroborado por esta investigación en que se observa que la adiposidad total y del tronco manifiestan una correlación inversa media con parámetros ventilatorios, pero existiendo una mayor correlación inversa con pliegues del abdomen, especialmente el pliegue abdominal. Coincidentemente, Nassis y col., (2004), constataron que una eficiencia cardiorrespiratoria más alta, se relacionaba con valores menores de tejido adiposo total y central en niños obesos y con sobrepeso, lo que es coincidente con el presente estudio.

Cuando el análisis se dirige hacia cada pliegue considerado para el cálculo final de masa adiposa, el presente estudio entrega la evidencia que existen pliegues que presentan mayor correlación en la relación de masa adiposa y máximo consumo de oxígeno; distinguiéndose entre éstos, en orden de mayor a menor correlación los pliegues, abdominal, iliocrestal, subescapular, bíceps, ilioespinal y muslo. Resultados que pueden ser relativamente coincidentes con los registrados por López Calbet (1993) cuando estos realizaron comparaciones entre pliegues de hombres entrenados y sedentarios, en los cuales se observaron que las mayores diferencias se establecían en los pliegues abdominal, suprailíaco y del muslo. Hay que señalar, que se establecieron relaciones entre grado de entrenabilidad y pliegues cutáneos, y no entre parámetros de aptitud física y pliegues, como es el caso de este estudio. Por lo tanto, lo que se puede establecer como coincidente, esta suponiendo que los sujetos entrenados poseen mejores valores de aptitud física referida a aspectos de potencia aeróbica.

Según Valenzuela, (1996) dicho fenómeno pudiera ser explicado mediante la clasificación que realiza Bjöntorp (1991) en cuanto al nivel metabólico que presenta el tejido adiposo, separándolo en tres grupos:

- Tipo I. Tejido adiposo metabólicamente lento: femoroglúteo.
- Tipo II. Tejido adiposo intermedio: subcutáneo abdominal, mamario y retroperitoneal.
- Tipo III. Tejido adiposo altamente metabólico: Intraabdominal o visceroportial.

Cuando se intenta establecer un patrón de distribución de tejido adiposo; teniendo como técnica de valoración a los espesores de pliegues, en reemplazo de la perimetría (estableciendo el aporte porcentual de cada pliegue en la suma total de estos mismos), en esta investigación se observó que el único que presentó una relación estadísticamente significativa, fue el aporte porcentual del pliegue abdominal.

Gutin et al., (2002), estudiaron los efectos de la intensidad del ejercicio en la aptitud cardiovascular, composición corporal y adiposidad visceral en adolescentes obesos. Concluyeron, que la aptitud cardiovascular de éstos fue notoriamente mejor, especialmente con ejercicios de alta intensidad. Y que además, el entrenamiento en sí contribuyó a una reducción de la adiposidad visceral y total del cuerpo, pero que no hubo un efecto claro de la influencia de la intensidad del ejercicio sobre la composición corporal y adiposidad total.

Ross y Katzmaryk (2003) reportaron tras el análisis de una muestra de 7.537 varones y mujeres, que los sujetos con mayor índice cardiorrespiratorio tenían menor cantidad de masa grasa total y abdominal, independiente del género y del I.M.C. que era similar. No obstante, Brunet et al., (2007) comprobaron que el I.M.C. y el perímetro de cintura, estaban correlacionados negativamente con la aptitud física en niños, lo que coincide parcialmente con el estudio realizado ya que se observó correlación inversa del perímetro de cintura con consumo de oxígeno máximo, pero no se encontró correlación con el I.M.C.

Dentro de las limitaciones que tiene el estudio, se da que al considerar los pliegues cutáneos como variable predictora de la distribución del tejido adiposo, sus valores quedan supeditados al aporte porcentual que significa la piel, en la lectura del valor de espesor del panículo adiposo y al grado de compresibilidad de éstos. Ambos elementos, inciden en los valores obtenidos en los espesores de los distintos panículos adiposos, como lo ha demostrado Martin et al. (1993) mediante estudios cadavéricos.

La técnica de la medición de los pliegues cutáneos y la perimetría de superficie, no pueden cuantificar los depósitos de

tejido adiposo interno, como sí lo hace la tomografía axial computerizada, la resonancia nuclear magnética u otra técnica que logre captar imágenes del tejido adiposo que recubre las vísceras.

Una de las causas que podría explicar una dinámica en las proporciones de tejido adiposo interno y subcutáneo, podría estar dado por la práctica de ejercicio de predominancia aeróbica prolongado, en el cual, Després et al. (1991) observaron que las reducciones en el tejido adiposo abdominal subcutáneo, preceden a las del compartimento abdominal interno.

CONCLUSIONES

Implicaciones y proyecciones

Los estudios aquí expuestos y sus respectivos resultados se presentan coincidentes. Se puede señalar que los niveles de aptitud física cardiorrespiratoria o la práctica de actividad física de predominancia aeróbica se relaciona con menores valores de tejido adiposo o porcentajes de grasa que pudieran ser evidentes en las fórmulas antropométricas. Sin embargo, como necesitan de lugares anatómicos de referencia, se encuentran supeditadas al comportamiento de la distribución del tejido adiposo subcutáneo que presenta, según los datos obtenidos, cierta dinámica influido por diversos factores, entre los cuales se cuenta con la condición cardiorrespiratoria de los sujetos. Lo que se espera con un buen diseño de entrenamiento dirigido al desarrollo de la resistencia es que los parámetros ventilatorios mejoren.

El seguimiento del comportamiento de la morfoestructura con respecto a ese fenómeno, puede tener una observación muy parcial, si la cantidad de pliegues considerados para su valoración no representara la mayor cantidad de regiones del cuerpo. Así ocurre con fórmula de Durnin y Womersley, (1974) para la valoración de la composición corporal, que se caracteriza por el registro de pliegues solo del tren superior (pliegue biccípital, triccípital, subescapular e iliocrestal). Lo mismo ocurre, en el caso de la valoración de la forma corporal con el método del somatotipo, en el cual el componente que representa al tejido adiposo relativo (endomorfia), es establecido mediante el registro de los pliegues subescapular, triccípital e ilioespinal. También puede ser cuestionable, la valoración que se puede dar del componente graso a través de zonas específicas del cuerpo, como por ejemplo Buskirk (1974) propone el empleo de tres pliegues cutáneos de manera separada, para clasificar atletas varones en relación a la grasa corporal (pliegue de zona posterior del brazo, bajo el vértice de la escápula y a cinco centímetros del lado derecho del ombligo), o clasificaciones de obesidad mediante la comparación de tablas de percentiles que tienen a los pliegues triccípital y subescapular como los más utilizados (Valenzuela, 1996).

Dentro de las variables antropométricas, que hacen una valoración del patrón de distribución de tejido adiposo, se encuentran: el índice cintura cadera, el perímetro de cintura, los pliegues de tronco y dentro de estos como subconjuntos los pliegues del abdomen. En cuanto a la correlación de estas variables con el máximo consumo de oxígeno y umbral ventilatorio, todas estas presentan una correlación estadísticamente significativa, salvo en el índice cintura cadera, en el phantom de cintura y solo se cumple en el pliegue abdominal cuando se los considera, en cuanto a su aporte porcentual en la suma de todos los pliegues considerados. La diferencia se da entre ambos solo se manifiestan en que tanto en el cociente los pliegues del tren superior y tren inferior y suma de pliegues del tronco, existe correlación estadísticamente significativa con el máximo consumo de oxígeno y no en el valor en porcentaje del de consumo de oxígeno en el cual se manifiesta el umbral, en tanto que el phantom de cintura se obtiene una correlación estadísticamente significativa con el valor en porcentaje consumo máximo de oxígeno, en el cual se manifiesta el umbral y no con el $VO_{2máx}$.

Por su parte no se encontró correlación entre el por ciento del máximo consumo de oxígeno en el cual se manifiesta el umbral y todas aquellas variables contempladas por el presente estudio, que sirven para la valoración del patrón de tejido adiposo de forma androide.

Cuando se hace referencia al I.M.C. con relación al patrón de distribución de tejido adiposo. En tanto que la masa adiposa total estimada mediante la fórmula penta-compartimental se comporta de manera parecida a los valores antropométricos que determinan el patrón de tejido adiposo androide, sin embargo, tanto en valores absolutos, valores proporcionales y porcentuales el pliegue abdominal posee mayor correlación con el $VO_{2máx}$ y el valor de máximo consumo de oxígeno en el cual se manifiesta el umbral ventilatorio.

REFERENCIAS

1. Alba, A.L. (2005). Test funcionales, cineantropometría y prescripción del entrenamiento en el deporte y la actividad física. 2ª edición. Editorial Kinesis. Colombia
2. Alvero, J.; Fernández, V.; Fernández, J.; Diego, A.; García, J (1992). Correlaciones cineantropométricas entre sujetos deportistas y sedentarios. *Apunts, Vol. XXIX España. 283: 289*
3. Aragonés, M.; Casajús, J (1991). Modificaciones antropométricas debidas al entrenamiento. Estudios longitudinales. *Rev. de Medicina del Deporte, España Vol. VIII. (32): 345- 353*
4. Bangsbo J (1999). La fisiología del fútbol. *Buenos Aires*
5. Baumgartner, R.N., Roche, A.F., Guo S., Lohman, T., Boyleau, R. and Slaughter, M (1986). Adipose tissue distribution-destability of principal components by sex, ethnicity, and maturation stage. *Human Biology. (58): 719-735*
6. Bjorntorp, P (1991). Metabolic implications of body fat distribution. *Diabetes care. (14): 1132-1143*
7. Brunet, M., Chaput, J.P., Tremblay A (2007). The association between low physical fitness and high body mass index or waist circumference is increasing with age in children: the "Québec en Forme" project. *Int. journal obesity. (31): 637-643*
8. Casajús, J.A., Leiva, M.T., Ferrando, J.A., Moreno, L., Aragonés, M.T., Ara, I (2006). Relación entre la condición física cardiovascular y la distribución de grasa en niños y adolescentes. *Apunts. Medicina de L'esport. (149): 7-14*
9. Castagna C., D'Ottavio S (1999). Effect of maximal aerobic power on match performance in elite soccer referees. *Italian Soccer Federation (FIGC) and Italian Referees Association (AIA), Rome, Italy*
10. Daniel, M.; Martin, A.; Fainman, Ch (1993). Hormonas sexuales y distribución del tejido adiposo en mujeres fumadoras pre - menopausicas. *Rev. Actualización en ciencias del deporte. Rosario, Vol. 1. (4): 9- 26*
11. Després, J., P. Pouliot, M. Moorjani, S., Nadeau, A., Tremblay, A., Ludien, P.J., Theriault, G. and Bouchard, C (1991). Loss of abdominal fat and metabolic response to exercise training in obese women. *American journal of physiology. (261): 159-167*
12. Durnin, J., Womersley, J (1977). Medición de la grasa corporal por densitometría corporal total y su estimación por medición del grosor de pliegues cutáneos. *Revista de medicina del deporte Chile, volumen 22*
13. Espinoza, C (1995). Composición corporal, antropometría, tensión muscular y acondicionamiento cardiovascular con la aplicación de un programa en máquinas de resistencia, en damas. *Educación Física. Chile. (238) 5-14*
14. Gutin, B., Barbeau, P., Owens, S., Lemmon, Cr., Bauman, M., Allison, J., Kang, HS. Litaker, Ms (2002). Effects of exercise intensity on cardiovascular fitness, total body composition, and visceral adiposity of obese adolescents 1- 3. *Am. Journal clinical nutrition. (75) 818-826*
15. Hernández Sampieri R., Fernández C., Baptista P (2003). Metodología de la investigación. *Editorial Mc Graw Hill, México*
16. Houtkooper L. y Going S (1998). Composición corporal: ¿cómo debería ser medida? ¿La misma afecta a la performance deportiva?. *Resumen del VI Simposio internacional de actualización en ciencias aplicadas al deporte. Rosario*
17. Janssen, I., Katzmarzyk, P.T, Ross, R (2002). Body mass index, waist circumference, and health risk: evidence in support of current. National institutes of Health guidelines. *Archives international medical. (14): 2074-2079*
18. Janssen, I., Peter, T., Katzmarzyk, R., Ross, A., James, S., Skinner, D.C., Wilmore, J.H., Tuomo, R., Bouchard, C (2004). Fitness alters the associations of BMI and waist circumference with total and abdominal fat. *Obes. Res.(12): 525-537*
19. Kerr, D (1988). An anthropometric method for the fractionation of skin, adipose, muscle, bone and residual tissue masses in males and females age 6 to 77 years. *[M. Sc. Thesis. Simon] Fraser University*
20. López Calbet, J.A. Ortega, F., Dorado, C., Armengol, O., Sarmiento, L (1993). Valoración antropométrica en ciclistas de alto nivel. Estudio de una temporada. *Archivos de medicina del deporte. España. (10) 127: 132*
21. López Chicharro, J., Perez, M., Vaquero, A.F., Lucia, A., Legido J.C (1997). Lactic threshold vs ventilatory threshold during a ramp test on cycle ergometer. *Journal sports medical phys fitness. (37) 117-121*
22. López Chicharro, J., Vaquero, A.F (2006). Fisiología del ejercicio, tercera edición. *Panamericana. Madrid*
23. Maffei, C., Corciulo, N., Livieri, C., Rabbone, I., Trifiro, G., Falorni, A., Guerraggio, L., Peverelli, P., Cuccarolo, G., Bergamaschi, G., Di Pietro, M., Grezzani, A (2003). Waist circumference as a predictor of cardiovascular and metabolic risk factors in obese girls.
24. Martin, A.; Ross, W.; Drinkwater, D.; Clarys, J.P (1993). Predicción del tejido adiposo corporal por mediciones de pliegues cutáneos: presunciones científicas y evidencia cadavérica. *Revista de Actualización en Ciencias del Deporte vol. 1 (4) 27-34*
25. Martin, A., Drinkwater, D., Clarys, J.P., Ross, W (1986). Prediction of body fat skinfold calipers: assumptions and cadaver evidence.
26. McCarthy, H.D., Ellis, S.M., Cole, T.J (2003). Central overweight and obesity in British youth aged 11 - 16 years: cross sectional surveys of waist circumference.
27. Narváez, G.; Alvarez, J (1990). Incidencia de la obesidad en la distribución de la grasa corporal. *Archivos de Medicina del Deporte, vol. VII, España. (27) 227 - 233*
28. Nasis, G.P., Psarra, G., and Sidosis, L.S (2005). Central and total adiposity are lower in overweight and obese children with high cardio respiratory fitness. *European journal of clinical nutrition. (59) 137-141*
29. Nindl, B.; Harman, E.; Marx, J.; Gotshalk, L.; Frykman, P.; Lammi, E.; Palmer, C.; Kraemer, W (2000). Regional body composition changes in women after 6 months of periodized physical training. *Journal of Applied Physiology. Vol. 88. (6) 2251- 2259*
30. Pacheco del Cerro, J.L (1996). Valoración antropométrica de la masa grasa en atletas de élite. Métodos de estudio de composición corporal en deportistas. *Ministerio de Educación y Cultura. Consejo Superior de Deportes. Madrid. 27: 54*
31. Ramos NJ. Zubeldía GD (2003). Masa Muscular y Masa Grasa, y su relación con la Potencia Aeróbica y Anaeróbica en Futbolistas de 18 a 20 años de Edad (Parte I). *PubliCE Standard. Pid: 171*
32. Ramos NJ. Zubeldía GD (2003). Masa Muscular y Masa Grasa, y su relación con la Potencia Aeróbica y Anaeróbica en Futbolistas

- de 18 a 20 años de Edad (Parte II). *PubliCE Standard*. *Pid*: 173
33. Reilly T (1996). Características de los movimientos en el fútbol. Rev. de actualización en ciencias aplicadas al deporte. *Proceedings V. Edit. Biosystem. Argentina*
 34. Reilly T (1996). Fitness assessment. In: *Reilly T, editor. Science and Soccer. London: E & FN Spon, 25-49*
 35. Rico-Sanz J (1988). Body Composition and Nutritional assessment in soccer. *Int J Sport Nutr. (8): 113-123*
 36. Ross, R., Janssen, I. (2001). Physical activity, total and regional obesity: dose response considerations. *Med. science sports exercise. (33) 521-529*
 37. Ross, R., Katzmarzyk, P (2003). Cardiorespiratory fitness is associated with diminished total and abdominal obesity independent of body mass index. *Int. journal of obesity. (27) 204-210*
 38. Ross, W., Kerr, D (1998). Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva [VI Simposio internacional de actualización en ciencias aplicadas al deporte]. *Rosario*
 39. Rusko, H., Rahkila, P., Karvinen, E (1980). Anaerobic threshold, skeletal muscle enzymes and fiber composition in young female cross-country skiers. *Acta physiol scand. (108) 263.268*
 40. Sáez Madain, P (2005). El rol de la distribución del tejido adiposo en la elección de las zonas anatómicas contempladas para la medición de los pliegues cutáneos. *Publice standard: Pid. 561*
 41. Shephard, R. J. Astrand P. O (1998). Hábito de fumar, ingesta dietaria y actividad física: los efectos de la distribución de la adiposidad - el estudio normativo de envejecimiento. *Actualización en Ciencias del Deporte. Vol. 6. Rosario. (16). 29-38*
 42. Troisi, R.; Heinold, J.; Vokonas, P.; Weiss, S (1998). Hábito de fumar, ingesta dietaria y actividad física: los efectos de la distribución de la adiposidad - el estudio normativo de envejecimiento. *Actualización en Ciencias del Deporte. Vol. 6. Rosario. (16). 29-38*
 43. Valenzuela, A (1996). Obesidad. *Editorial Mediterráneo. Chile*
 44. Venkata, Ramana Y. Surya, Kumaru M. Sudhakar, Rao S. Balakrishna, N (2004). Efectos de los cambios en el perfil de la composición corporal sobre el VO2 máx. y el máximo rendimiento de trabajo en atletas. *PubliCE Premium. Pid. 305*
 45. Wasserman, K., Whipp, B.J., Koyal, S.N., Beaver, W.L (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *Journal appl. Physiol. (35) 236-243*
 46. Wasserman, K., William L. Beaver y Brian J (1990). Whipp. Teoría del intercambio gaseoso y del umbral de acidosis láctica (Umbral Anaeróbico). Reproducido del artículo original publicado en *circulation. (81) II 14-II 30*
 47. Wells, Christine (1992). Mujeres, deporte y rendimiento (perspectiva fisiológica). Vol. 1. *Editorial Paidotribo. Barcelona*
 48. Wisloff U., Helgerud J., Hoff J (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc 30 (3) 462-467*