

Evaluación de la composición corporal y la capacidad aerobia de una muestra de estudiantes universitarios de Bucaramanga en el 2005

German Melo McCormick¹, Oscar Leonel Rueda Ochoa²

RESUMEN

Propósito: Medir algunas dimensiones del físico corporal y evaluar el consumo de oxígeno predictivo en una muestra de estudiantes universitarios, correlacionando dos métodos antropométricos para composición corporal y su posible intercambiabilidad. **Métodos:** Se estudiaron 30 estudiantes, voluntarios, 22 mujeres y 8 hombres (18-29 años) de la Escuela de Nutrición y Dietética de la UIS, a quienes se les aplicó la encuesta de Kasari sobre actividad física; se les determinó las dimensiones de tamaño, la de forma, o, somatotipo de Heath-Carter y la composición corporal de dos compartimientos, comparando el método de Durnin-Womersley con el de Jackson-Pollock; se utilizaron los indicadores e índices de los protocolos de la Sociedad Internacional para el Avance de la Kineantropometría –ISAK; se les administró el test del escalón de McArdle-Katch y Katch para el VO₂ predictivo, los datos fueron analizados mediante “t” test, correlación de Pearson, concordancia de Lin y componentes principales de Hotteling, con un nivel de $p \leq 0.05$. **Resultados:** La encuesta subjetiva de Kasari, no se correlacionó bien con el VO₂, predictivo de McArdle-Katch y Katch con una $r=0.58$ para hombres y $r=0.35$ en mujeres. La masa corporal activa y el VO₂ predictivo se correlacionaron $r=0.85$. El porcentaje de grasa se halló dentro de los rangos considerados normales, en el 93.4% de la muestra, y el Índice de masa corporal en el rango de normalidad en 29 estudiantes. El Somatotipo medio de los hombres fue de 3.46-4.4-3.09, o, mesomorfo balanceado; el de las mujeres fue 4.89-3.65-2.75, mesomórfico-endomorfo. El promedio del VO₂ máx. predictivo para hombres fue de 51.7 ml. kg⁻¹.min⁻¹, con una desviación estándar de 6.1; y para las mujeres 35.07ml.kg⁻¹.min⁻¹, y 2.4. La recuperación del pulso post esfuerzo al primer minuto, en el promedio de los hombres fue de 53.1%, con una desviación estándar de 26.05%; el de las mujeres fue de 41.96% y una desviación estándar de 16.54%; 24 del total de la muestra se recuperaron dentro de los parámetros considerados como normales, no hubo diferencias significativas por $p=0.174$. Los métodos antropométricos que se compararon son intercambiables en mujeres, pero en los hombres no se puede concluir, quizás por el pequeño tamaño de la muestra. La ectomorfia de Heath-Carter fue el único componente morfológico que se apartó en un eje contrario en el análisis de componentes principales. **Conclusiones:** La muestra estudiada presenta una aceptable capacidad aerobia predictiva (aptitud orgánica), y los indicadores físicos antropométricos de composición corporal y de riesgo son favorables. *Salud UIS 2007; 39: 84-97.*

Palabras clave: *composición corporal, modelo bicompartimental, consumo de oxígeno, cineantropometría, factores de riesgo, aptitud física, capacidad aeróbica.*

1 MD Deportólogo, Coordinador LAFICO y docente sección Fisiología, UIS.

2 MD Internista, Epidemiólogo, Coordinador sección Fisiología, Ciencias Básicas, Facultad de Salud, UIS.

Correspondencia: Dr. German Melo McCormick, Carrera 32 N° 29- 31 departamento de Fisiología, facultad de Salud UIS, Bucaramanga. Colombia.

E-mail: german.gemelo@gmail.com

Recibido: Agosto 15 de 2007 - **Aceptado:** Diciembre 19 de 2007

ABSTRACT

Objective: To measure some topics related to external aspects of the body and to evaluate the predictive oxygen uptake in a sample of university students, and relate two anthropometrics methodology in body composition for possible agreement. **Methods:** We studied 30 volunteer's students, 22 women and 8 men (18 -29 year old) from Nutrition School of Universidad Industrial de Santander (UIS). We applied Kasari survey about physical activity. We measure size, Heath-Carter somatotiping and the corporal composition in two compartments. We compare the Durnin-Womersley method and Jackson-Pollock method with indices in relation with task forces of Internacional Society for Advance of Kineantropometric- ISAK. We applied the McArdle-Katch y Katch test for measure the predictive VO₂ máx. Data was analize using t test, Pearson Correlation, Concondance of Lin and Principal components of Hottelling using a p value ≤ 0.05 . **Results:** Subjective survey data didn't correlate with VO₂ predictive in the Mc Ardle step test (Men (r: 0.58); Women (r: 0.35)). The Corporal Active mass and the Predictive VO₂ were correlated in r: 0.85. In 93.4% of the sample the proportion of body fat was in normal range. The body mass index was normal in 29 students. The mean somatotype from men was 3.46-4.4-3.09 (Balanced Mesomorfic); the mean somatotype from women was 4.89-3.65-2.75 (Mesomorfo-Endomorfo). The mean Predictive VO₂ max was for men 51.7 ml. kg⁻¹.min⁻¹, SD 6.1; and for women 35.07ml.kg⁻¹.min⁻¹, SD 2.4. The heart rate recovery post exercise in the first minute was 53.1% in men SD 26.05% and 41.96% SD 16.54% in women; 24 of the total sample, showed recovery in normal range, without significative differences (p.=0.174). The antropometric methods studied are interchange in women but it's not conclusive in men probably because the small size of the sample. The Heath-Carter ectomorphy was the unique morphology component that far away in a different axis in Principal components analysis. **Conclusions:** The Sample in study had an acceptable predictive aerobic capacity (Organic Aptitude), and the antropometrics index of corporal composition and the risk index are adecuate. *Salud UIS* 2007; 39: 84-97.

Keywords: corporal composition, bicompartimental model, oxygen uptake, cineantropometry, risk factors, physical fitness, aerobic fitness.

INTRODUCCIÓN

El término “aptitud” conceptualiza la “capacidad para realizar una tarea exitosamente”; bien sean tareas físicas, intelectuales, psicológicas, o de otro orden, cuyos resultados se comparan con normas de comportamiento de poblaciones similares, deduciéndose de ello, actitudes para posibles intervenciones según sea lo indicado.¹

La aptitud desde el punto de vista físico, tiene tres dimensiones: motora, orgánica, y socio-cultural.² En el componente orgánico, el indicador aceptado por la comunidad de fisiólogos del ejercicio, es aquel que se refiere al consumo máximo de oxígeno, que se define como: “la capacidad de un sistema de órganos para captar, movilizar y entregar a las células musculares, el oxígeno requerido para un trabajo prolongado”^{3,4}.

Se ha establecido epidemiológicamente que, una persona **saludable** debería tener también una cierta **aptitud** orgánica (capacidad aeróbica), que le permitiera responder adecuadamente a las exigencias de la vida diaria sin fatiga, o sin mayores repercusiones en su economía orgánica interna. De esta manera, no es suficiente no tener factores de riesgo, como criterio de salud, sino que se debe tomar en consideración también su aptitud, o capacidad efectiva para algo.⁵

Desde 1998 en la Sección de Fisiología de la Escuela de Medicina de la UIS, se están adelantando estudios exploratorios sobre la salud y la aptitud orgánica (capacidad aerobia) de algunas de sus cohortes estudiantiles, los cuales en un análisis preliminar, revelan que cerca del 75% de los estudiantes estudiados (n=415), presenta altos grados de **sedentarismo** funcional, caracterizado por un bajo consumo de oxígeno y altos niveles de **adiposidad**.⁶

Aunque estos resultados no se han publicado formalmente, la temática es de amplio conocimiento por parte de diferentes equipos de trabajo de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander, existiendo en el momento un consenso sobre la prioridad que éste problema tiene para su abordaje y tratamiento, siendo ello la motivación más importante del **LABORATORIO DE ANÁLISIS DEL FÍSICO CORPORAL –LAFICO-** de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad Industrial de Santander, para participar en el estudio en el contexto de la composición corporal (**LAFICO N° 01/2005**) a través de una de las técnicas para su determinación, como lo es la antropométrica de pliegues cutáneos para el fraccionamiento del peso corporal en el modelo simple de dos compartimientos: masa grasa y masa libre de grasa.^{7, 8, 9.}

De una cohorte de estudiantes de Nutrición, no se tienen datos sobre el VO_2 máx. y la relación que pueda tener con los indicadores de masa corporal, como son, el índice de Quetelet –IMC- y el Índice de masa corporal activa-IACS-,¹⁰ siendo lo más importante, puesto que éstos indicadores son altamente dependientes de las técnicas antropométricas empleadas para su deducción, y que para ello existen numerosas ecuaciones.^{11,12}, por lo que este estudio pretende iniciar una indagación más formal con una muestra poblacional de éstas características, dado su perfil profesional y ocupacional, determinándoseles la capacidad aeróbica indirecta predictiva, mediante el test del escalón, según la metodología de McArdle-Katch y Katch¹⁵, y la posible relación con los resultados de la encuesta de Kasari sobre niveles de actividad física deportiva, con lo que se espera generar y difundir la urgencia de un proceso de autorreflexión en los jóvenes universitarios sobre sus estilos de vida, y los cambios personales y curriculares académicos sobre actividad física, a que hubiere lugar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en las Instalaciones de LAFICO de la Escuela de Nutrición, primer piso de la Facultad de Salud, en condiciones controladas de 22-23° C y una humedad relativa del 75%.

Participaron estudiantes de la Escuela de Nutrición y Dietética, matriculados y activos en el 2° semestre del año 2005, de los cuales se seleccionó una muestra intencional de 30 estudiantes de tercer nivel, (22 mujeres y 8 hombres), voluntarios y con aceptación del Consentimiento Informado. Previamente se había obtenido la aprobación del Comité de ética de la Facultad de Salud de la UIS.

Los estudiantes seleccionados procedieron a leer y responder dos cuestionarios: el primero, el de Kasari¹, para determinar las apreciaciones subjetivas de cada persona en cuanto a la actividad física, o ejercicios deportivos asimilados que debían seleccionar y que ha mostrado buena correlación con el VO_2 máximo, en deportistas habituales; luego, el formato del PAR-Q. (Sigla en inglés de: Cuestionario sobre la buena disposición para la actividad física, de B.J. Cardinal y col.) para descartar la presencia de contraindicaciones para el ejercicio; se escogieron los días lunes y martes para su asistencia al laboratorio, de 11 a.m. – 1 p.m. según la disponibilidad académica. Se les recomendó que su última ingesta fuera 3 horas antes y que se presentaran para las pruebas llevando pantaloneta, o una lycra con camiseta, para facilitar las mediciones de los pliegues cutáneos, cómoda y pudorosamente.

El orden de recolección de la información fue: peso, talla, presión arterial; para somatotipia de Heath-Carter, además, los diámetros biepicóndíleos humeral y femoral, el perímetro del brazo flexionado y tenso, el perímetro de la pierna, y 4 pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, supraespinal y pierna medial)²⁹. Para la metodología de Durnin-Womersley, los pliegues de bíceps, tríceps, subescapular, y suprailíaco¹⁹. Para el método de Jackson-Pollock, en hombres, los pliegues cutáneos de tórax, abdomen y muslo²⁰ y en mujeres, tríceps, suprailíaco y muslo²¹. Todas las medidas de los pliegues cutáneos se tomaron en orden próximo-distal, por duplicado y se hicieron de acuerdo con la norma, del plano sagital derecho y los criterios de la Sociedad Internacional para el Avance de la Kineantropometría-ISAK-¹¹, aplicándose las ecuaciones de los autores mencionados³.

Luego de la antropometría de superficie se explicó individualmente, la forma de realizar el test del escalón de McArdle-Katch y Katch¹⁵ y se tomó el pulso de reposo, según el estándar del ensayo por 15" y reposo de 1'; luego el test de ascensos y descensos a un cajón cúbico de madera de 0.40 m, a un ritmo de 24 por minuto para hombres y de 22 para mujeres, ajustando el metrónomo a 96 y 88 sonidos por minuto respectivamente, durante 3', registrando la frecuencia máxima alcanzada, para aplicar la tabla derivada de la ecuación del consumo de oxígeno de los autores, y el reposo de una duración igual, con control de la frecuencia cardíaca cada minuto, para calcular el índice de recuperación funcional (IRF)¹⁶, y la reserva cronotrópica, con lo que el estudiante finalizaba su participación.

Se emplearon los siguientes equipos antropométricos: calibrador de pliegues cutáneos, Harpenden; cinta métrica, Lufkin W606 PM; báscula electrónica Health-O-meter; tallímetro de madera fijado a la pared, dotado de cinta métrica metálica y pieza de Broca de madera, para ubicar el plano de Frankfort; equipo para diámetros mayores y menores GPM y Holtain, U. Kingdom^{7,11,27}.

Equipos de Fisiología: cajón de madera de 0.40 m de lado, metrónomo de cuerda Wittner referencia 1895, pulsómetro telemétrico Polar; tensiómetro y fonendoscopio Welch Allyn; cronómetro digital Digi Sport, termo higrómetro Durotherm alemán. Los equipos calibrados fueron, la báscula electrónica y el calibrador de pliegues cutáneos, que se realizó unos días previos a las pruebas, con peso conocidos y cilindro estándar de bronce.

Materiales: proformas antropométricas, planillas de variables fisiológicas, fotocopias de consentimiento informado; fotocopias de la encuesta de Kasari para actividad física subjetiva, y los formatos de PAR-Q.

Se realizó un análisis descriptivo usando para las variables de tipo continuo, las medias con su desviación estándar. Para la evaluación de las diferencias estadísticas se utilizó el “t” test no pareado y se consideró un nivel de significancia estadística menor de 0.05. Para establecer la posible concordancia e intercambiabilidad de los métodos antropométricos de Durnin-Womersley con el de Jackson-Pollock, se realizó un análisis de correlación y concordancia, utilizando el coeficiente de Pearson y el coeficiente de Lin respectivamente^{13,14}. Además, se practicó un análisis de componentes principales para la visualización de los dominios que agrupaban mejor las variables físico corporales y funcionales. Se utilizaron los programas Excel, el programa estadístico STATA 8.2 y el Software R versión 2.04.

RESULTADOS

En la **tabla 1** se incluyen las 20 variables del estudio de acuerdo al género, con los estadígrafos descriptivos y se evalúa si existen o no diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Se destaca que existen diferencias significativas en el peso promedio (Hombres 65.67kg vs. mujeres 51.6 kg p: 0.0013), Talla (Hombres 173.65 vs. Mujeres 158.38 p: 0); porcentaje de grasa por el método de Jackson- Pollock (Hombres 10.31% vs. mujeres 25.85% p: 0), y por el de Durnin-Womersley (Hombres 15.9% vs. mujeres 27.45% p:0). También la masa magra

determinada por los métodos de Jackson - Pollock (Hombres 59.35 Kg. vs. mujeres 37.92 Kg. p: 0) y Durnin- Womersley (hombres 54.86 Kg. vs. mujeres 37.18Kg. p: 0). En el Índice de masa corporal y la superficie corporal no hay diferencias significativas. El IAKS (Índice de sustancia corporal activa) es solamente significativo utilizando la metodología de Durnin-Womersley. La encuesta de Kasari, corresponde a un cuestionario sobre actividad física predominantemente del tipo deportivo, y sus parámetros de carga, que ha mostrado buena correlación con las pruebas de consumo de oxígeno, encontrándose en este estudio diferencias significativas entre los dos géneros (p: 0.0308). En el consumo de oxígeno -VO2 máx. – las diferencias son significativas (p: 0), así como en los indicadores de esfuerzo físico, la frecuencia cardiaca y la reserva cronotrópica, la cual se calculó con base en la frecuencia cardiaca máxima predecible de 220-edad, menos la frecuencia cardiaca estandarizada de reposo. Utilizando la clasificación de McArdle y Katch-Katch en cuanto a su tabla de percentiles de ubicación, también hay diferencias significativas (p: 0.0448). La frecuencia cardiaca de recuperación expresada como porcentaje del mismo, no mostró diferencias estadísticamente significativas. En los componentes del Somatotipo, solamente en la Endomorfia hay diferencias (p: 0.0064). El somatotipo medio de la muestra de los hombres es 3.5-4.4-3.1, que indica un predominio de la mesomorfia, con los otros dos componentes balanceados. En las mujeres es 4.9-3.6-2.7, que indica un predominio de la endomorfia y de la mesomorfia sobre la ectomorfia.

Tabla 1. Variables del estudio por género.

VARIABLE	HOMBRE PROMEDIO	HOMBRE DESV EST	MUJER PROMEDIO	MUJER DESV EST	VALOR P
EDAD	22,375	3,38	20,22	2,22	0,0515
PESO	65,675	11,59	51,6	8,7	0,0013
TALLA	173,65	7,42	158,38	4,37	0
IMC	21,65	2,79	20,55	3,154	0,3924
SUP. CORPORAL	1,775	1,18	1,5	0,1212	0,3209
GRASA JACKSON	10,31	3,98	25,85	5,21	0
GRASA DURNIN	15,9	4,63	27,45	3,87	0
MASA JACKSON	59,35	8,84	37,92	4,25	0
MASA DURNIN	54,86	7,59	37,18	4,67	0
IAKS JACKSON	1,13	0,097	0,954	0,9102	0,59
IAKS DURNIN	1,044	0,084	0,9355	0,1015	0,0117
KASARI	28,87	10,89	14,4	16,65	0,0308
VO2 MAX	51,72	6,08	35,06	2,41	0
RESERVA %	51,35	7,9	71,32	10,05	0
FC max.	142	14,98	166,36	13,25	0,0002
Percentiles McArdle	73	20,00	50,45	27,72	0,0448
ENDOMORFIA	3,46	1,14	4,89	1,187	0,0064
MESOMORFIA	4,4	1,01	3,65	1,18	0,1222
ECTOMORFIA	3,09	1,4	2,75	1,45	0,5713
% RECUP- I min.	53,1	26,05	41,96	16,54	0,1744

Al realizar el análisis de componentes principales se observa que se generan los siguientes ejes en la muestra de 22 mujeres y 20 variables, lo que permite apreciar gráficamente las posibles asociaciones, así:

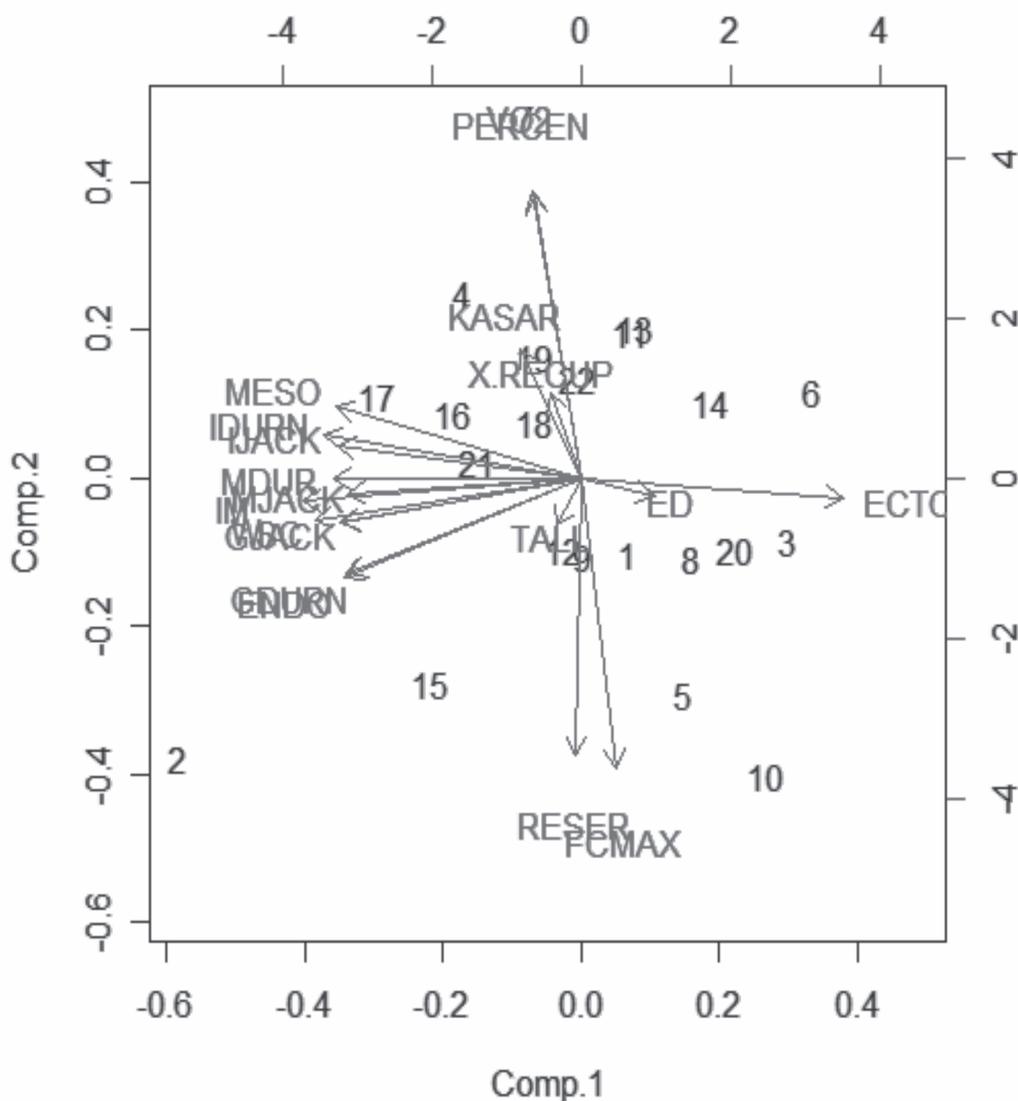
Primer eje: agrupa la mayoría de las variables como %grasa Durnin- %grasa Jackson, masa Durnin, masa Jackson, índice de masa corporal, superficie corporal. Este eje agrupa las variables del físico corporal y las técnicas metodológicas de medición del componente graso. Quedan por fuera de este eje la talla y la ectomorfia.

El segundo eje: agrupa, talla, reserva y frecuencia cardiaca máxima.

El tercer eje: agrupa la edad y la ectomorfia.

El cuarto eje: agrupa porcentaje de recuperación, Kasari y VO2 máx. y percentiles de su clasificación.

El análisis de componentes principales para hombres no se puede hallar, porque hay tan solo 8 y 20 variables; se requiere que los sujetos sean superiores en cantidad al número de variables, según el programa electrónico utilizado. Más adelante haremos uso de estos ejes en las respectivas discusiones. Ver Gráfica 1.



Gráfica 1. Componentes principales. Mujeres.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

VO2 máx. predictivo. Uno de los más conocidos estándares de oro en Fisiología del Ejercicio, es el VO2 máx. (máximo consumo de oxígeno), utilizado como indicador de la capacidad y potencia del sistema transportador de gases, para sostener un trabajo de cierta intensidad durante un tiempo prolongado, que traduce la aptitud orgánica de una persona; a mayor consumo de oxígeno, mayor efecto protector contra factores de riesgo coronario, siendo también un indicador de vida saludable. Para su medición se emplean métodos directos ergoespirométricos, e indirectos, estos últimos predictivos (estimación), con base en ecuaciones de regresión validadas, con un error que puede llegar a ser tan grande como del 20%^{1,3,4}.

El test del escalón de Mc Ardle-Katch y Katch empleado en este estudio, tiene una alta correlación validada por los autores, mediante mediciones directas de los gases respiratorios, para poblaciones similares a las de referencia¹⁵, habiéndose encontrado que en nuestros estudiantes (n=30, 22 mujeres y 8 hombres), 14 de ellos están igual o por debajo del percentil 50, correspondiendo al 46,66%, y son la mayoría de las mujeres, dentro de este grupo sobresalen 8, con una ubicación superior o igual al percentil 70; 6 de los 8 hombres tienen una calificación que puede considerarse muy buena en cuanto a la capacidad aeróbica, según las tablas del Manual del Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM 2006)³. Esto proviene del promedio del VO2 máx. para hombres que fue de 51.7 ml. kg⁻¹min⁻¹, con una desviación estándar de 6.1 ml. kg⁻¹min⁻¹, y para las mujeres, el promedio fue de 35.07 ml.kg⁻¹.min⁻¹, con una desviación estándar de 2.4 ml. kg⁻¹min⁻¹ (Tablas 2 y 3).

Este test de escalón significó para el promedio de los hombres un esfuerzo cardiaco de 142 pulsaciones con una desviación estándar de 15; que corresponde a un trabajo sub-máximo.^{15,16} Para el promedio de las mujeres

significó un trabajo físico de 166 pulsaciones y una desviación estándar de 13, también sub-máximo, pero próximo a lo que se conoce como esfuerzo máximo, al calcularse que está muy cerca del 85%, que es el porcentaje aceptado para clasificarlo de ésta manera. Hubo diferencias significativas entre los dos grupos con una p.= 0.0002. Lo anterior se relaciona con los datos de la reserva cronotrópica empleada, que fue en los hombres de un 51.35% y una desviación estándar de 7.9%; y para las mujeres un promedio de 71.32% y una desviación estándar de 10.005%, p. = 0.

Otra forma de evaluar la capacidad aeróbica, es mediante la tabla de calificación del VO2 máx. del Centro de Medicina Preventiva de Palo Alto, California¹⁷, según la cual, toda la muestra excepto una estudiante, puede ser considerada dentro de la clasificación promedio (3/5). Ver Tabla 4. Estos hallazgos son muy llamativos, porque al compararlos con una extensa muestra recopilada y estudiada por Melo McCormick, G. et al. en población universitaria de similares características, estudio no publicado aún, el 75% es calificada como sedentaria, es decir están ubicados debajo del 30 percentil³. Empleando la encuesta de Kasari¹ para autoevaluar la actividad física subjetiva, se halló una correlación positiva, de 0,58 en los hombres y de 0,36 en las mujeres, con el VO2 máx. predictivo del test empleado. Dadas las características de esa encuesta, intencionalmente seleccionada, que pone más énfasis en las actividades deportivas que en las actividades físicas de la vida diaria^{1,5,18}, pudiera pensarse que si se hubieran incluido preguntas sobre actividades laborales y de tiempo libre, los resultados podrían haber mostrado una mayor correlación con el VO2 y el gasto energético diario, lo que nos permitiría entender mejor, el por qué de los aparentes buenos resultados de la aptitud orgánica o aeróbica de esta muestra^{31,32,33}, dada que no se comprueban datos de un entrenamiento sistemático previo.

Tabla 2. Datos test de MC Ardle-Katch y Katch. Hombres.

CÓDIGO	FRECUENCIA CARDIACA MÁX. ALCAN- ZADA	VO2 máx, EN ML. KG. MIN.	RESERVA CRONOTRÓ- PICA EN %	KASARI PUNTAJE SOBRE 100	PERCENTILES DE MC ARDLE- KATCH - KATCH	% RECUPERACIÓN 1 min. FRECUENCIA CARDIACA
1	163	43,3	68,9	16	40	41,7
7	119	61	48,9	45	100	56,5
8	123	59,3	47,2	32	95	49,3
26	151	47,5	54,4	32	60	50
27	145	51	50	10	75	53,6
28	141	52,5	52,6	32	80	56,70
29	154	46,7	44,6	32	55	11
30	140	52,5	44,3	32	80	106

Tabla 3. Datos test de MC Ardlé-Katch y Katch. Mujeres.

CÓDIGO	FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA ALCANZADA	VO ₂ máx. EN ML. KG. MIN	RESERVA CRONOTRÓPICA EN %	KASARI PUNTAJE SOBRE 100	PERCENTILES DE MC ARDLÉ - KATCH-KATCH	% RECUPERACIÓN 1min. FRECUENCIA CARDIACA
2	172	34	73,45	8	30	39,76
3	187	31,8	86,06	32	10	37,08
4	172	34	76,86	18	30	34,41
5	145	39	59,4	2	90	38
6	187	31,8	83,33	6	10	22,86
9	166	35,1	55,13	6	50	25,58
10	138	40	55,63	60	95	62
11	174	33,6	78,8	6	30	30,77
12	174	33,6	79,51	12	30	35,05
13	191	29,8	89,58	1	5	45,35
14	155	37	58,41	32	80	47
15	167	35,1	76,4	6	50	24,74
16	160	36,3	67,48	48	70	68,7
17	161	36	70,5	1	65	46,5
18	180	32,6	83,05	1	20	51
19	158	36,6	68,55	6	75	38,82
20	156	37	66,67	4	80	42,39
21	167	35	60,23	4	50	94,34
22	159	36,5	65,85	18	75	37,04
23	171	34,2	77,78	2	35	46,43
24	166	35,1	72,13	36	50	34,1
25	154	37,4	64,4	8	80	21,2

En lo que tiene que ver con la recuperación funcional del ritmo cardíaco en el primer minuto, se utilizan referencias en las que se menciona que es deseable recuperar un 33% aprox. con relación a los cálculos del pulso basal estandarizado¹⁶. Se halló que el promedio de la recuperación de los hombres al primer minuto fue de 53.1%, con una desviación estándar de 26.05% y el de las mujeres fue de 41.96% y una desviación estándar de 16.54%; no obstante la desviación estándar alta, 24 de los participantes en el estudio se recuperaron dentro de esos parámetros y no hubo diferencias significativas entre los dos grupos en este aspecto, por una $p=0.174$. Esto se corrobora con los porcentajes sub-máximos de la reserva cronotrópica empleada (Tablas 2 y 3).

Dimensión composición corporal. En cuanto a la dimensión física de la composición corporal, y empleando el modelo simple de dos compartimientos, masa grasa y masa libre de grasa, los indicadores de la grasa corporal medidos en los estudiantes, según la metodología, ecuaciones y nomograma de 4 pliegues cutáneos de Durnin-Womersley¹⁹ y también según una de las ecuaciones generalizadas de Jackson y Pollock^{20,21}, mostraron que

tan solo el 6.6%, (2 mujeres), están por encima de los porcentajes de grasa considerados como normales para cada género en particular³; todos los demás estudiantes tienen un porcentaje de grasa adecuado, en ambos métodos empleados. Este indicador está en estrecha asociación con la aptitud orgánica encontrada, aunque esto no es lo que el análisis de componentes principales nos muestra propiamente dicho. Ver Tabla 5 y Gráfica 2.

Al hacer el análisis de correlación y concordancia¹⁴ entre estos dos métodos antropométricos, para estimar si pueden ser intercambiables, se halló que en la muestra total combinada y en el grupo de mujeres esto es posible, con unos coeficientes intraclase, de concordancia y de Pearson mayores de 0,89, más no en el grupo de hombres, que aunque tiene una $r = 0,89$, los demás coeficientes son de 0,48, que son bajos^{13,14}. Estas diferencias de los métodos en los hombres, pudieran deberse al pliegue del pecho en la fórmula de Jackson-Pollock empleada, pero también es muy probable que haya sido por el pequeño tamaño de la muestra de hombres ($n=8$), estadísticamente hablando. Ver Tabla 6 y Gráfica 3.

Tabla 4. VO2 máximo predictivo. HOMBRES y MUJERES.

CÓDIGO	GÉNERO	EDAD	VO2 máx.	PERCENTIL SEGÚN ACSM	PALO ALTO PUNTAJE SOBRE 5
1	0	19	43,3	40	4
2	1	18	34	30	3
3	1	18	31,8	20	3
4	1	20	34	30	3
5	1	21	39	60	4
6	1	19	31,8	20	3
7	0	29	61	100	5
8	0	22	59,3	90	5
9	1	19	35,1	40	3
10	1	19	40	60	4
11	1	25	33,6	30	3
12	1	21	33,6	30	3
13	1	19	29,8	20	2
14	1	18	37	50	3
15	1	23	35,1	40	3
16	1	20	36,3	40	3
17	1	23	36	40	3
18	1	20	32,6	30	3
19	1	23	36,6	40	3
20	1	18	37	50	3
21	1	18	35	40	3
22	1	19	36,5	40	3
23	1	25	34,2	30	3
24	1	20	35,1	40	3
25	1	19	37,4	50	3
26	0	22	47,5	60	4
27	0	19	51	80	4
28	0	25	52,5	80	4
29	0	20	46,7	60	4
30	0	23	52,5	80	4

GÉNERO: 0=HOMBRES, 1=MUJERES

ACSM= American College of Sports Medicine 2006. Calificación del VO2 máx. Obtenido, según ésta fuente.

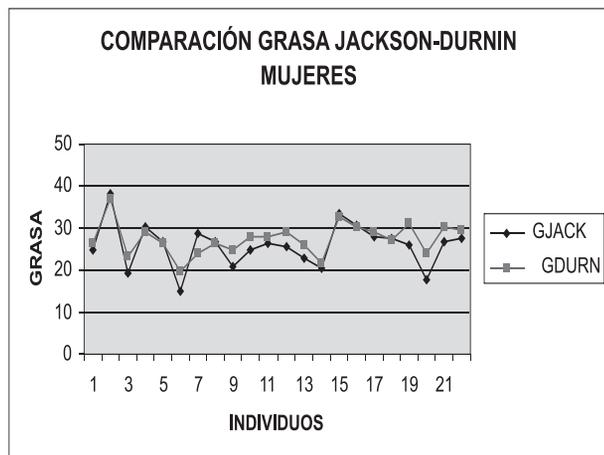
PALO ALTO= Centro Cardiológico de Palo Alto –California-USA. Otra referencia de calificación del VO2 máx.

Sin embargo, es muy interesante reseñar el trabajo de Martínez López²², quien en una muestra de latinos, encontró que las ecuaciones generalizadas de Jackson-Pollock, citadas en ACSM, de 2006, subestimaban sistemáticamente la grasa corporal en un 4%, frente al

método de Durmin-Womersley, el cual es a su juicio y como consecuencia de ese estudio, el que mejor se correlacionaba con la grasa corporal estimada por hidrodensitometría, como otro de los estándares de oro de comparación en Cineantropometría.^{11,12.}

Tabla 5. Comparación % grasa: Método de Durmin - Womersley -vs- Jackson - Pollock. Mujeres.

CODIGO	%G. JACKSON-P	% G. DURMIN-W.	DIFERENCIA	PROMEDIO 2
2	25	26,5	1,5	25,75
3	38,3	37,1	1,2	37,7
4	19,1	23,4	4,3	21,25
5	30,5	29,1	1,4	29,8
6	26,7	26,5	0,2	26,6
9	14,9	19,5	4,6	17,2
10	28,6	24	4,6	26,3
11	26,8	26,2	0,6	26,5
12	20,8	25	4,2	22,9
13	24,9	27,8	2,9	26,35
14	26,5	28	1,5	27,25
15	25,7	29,1	3,4	27,4
16	22,8	26	3,2	24,4
17	20,5	21,5	1	21
18	33,3	32,8	0,5	33,05
19	30,9	30,5	0,4	30,7
20	27,9	29,1	1,2	28,5
21	27,4	27	0,4	27,2
22	25,8	31,2	5,4	28,5
23	17,9	24	6,1	20,95
24	26,9	30,2	3,3	28,55
25	27,6	29,4	1,8	28,5
	7,07913181	5,12777799	1,87235528	26,3875
	DESV EST	DESV EST	DESV EST	PROMEDIO
	CCI	0,89715112		
	Pc:	0,89233897		
	Cb:	0,88864161		
	r:	0,92230363		



Gráfica 2. Métodos de Durmin-Womersley y Jackson-Pollock. Grasa corporal en porcentajes. Mujeres.

Masa corporal activa: este cálculo resulta de restarle al peso corporal, el porcentaje de grasa en Kg.; en este sentido las masas derivadas de los dos métodos antropométricos que se emplearon, muestran diferencias significativas entre los dos géneros de la muestra con una p. 0. El dato de esta variable, transversal como todas las demás, puede servir en estudios de correlación con otras variables como pueden ser, la fuerza muscular, la resistencia aeróbica, la potencia, etc., siendo muy sensible al método que se emplee en la estimación del porcentaje de grasa¹⁰; en el cuadro de componentes principales se observa inmersa en los resultados identificados como, la grasa Durmin y grasa Jackson. Ver Gráfica 2.

En este estudio se encontró que, los cálculos de la masa corporal activa mediante los métodos antropométricos de Durmin-Womersley y Jackson-Pollock, se correlacionaron, 0,83 y 0,85 respectivamente, con el consumo de oxígeno predictivo de la muestra, lo que traduce que entre el 70-72%

de la varianza es explicada por los factores de composición corporal estimada por el modelo de dos compartimientos, en cuanto a la potencia aeróbica máxima-PAM.²

IAKS: o índice de masa corporal activa, ha sido referenciado principalmente en la literatura Cubana y Alemana de mediados de la década de los años 80¹⁰. Se construye como, la relación entre el peso libre de grasa en gramos y el cubo de la talla en centímetros, por 100^{23,24}. Se propone, relacionado con el desarrollo relativo de la masa magra y en particular de la musculatura, como factor de fuerza. Como el numerador se deriva de la masa corporal activa y ésta a su vez de la grasa corporal en kg., como dijimos antes, este índice también es muy sensible al método empleado en la estimación del porcentaje de grasa. Se encontró en este estudio que este índice es solamente significativo entre los géneros utilizando la metodología de Durnin, $p. \leq 0.0117$, posiblemente debido a los pliegues cutáneos homogéneos.

Es un índice útil, en estudios prospectivos de programas de entrenamiento muscular principalmente.

Dimensión tamaño: es una de las dimensiones del físico corporal, y se suelen combinar sus dos indicadores principales, peso y talla vertical, para generar varios Índices, entre los cuales los más conocidos son el de Quetelet o índice de masa corporal, el ponderal, que corresponde a la ectomorfia de Heath-Carter y el índice de Rohrer para cálculos del peso ideal²⁴. Todos ellos de diferente forma, contribuyen a elaborar el índice con el peso y la talla. En este estudio el coeficiente de correlación entre el Índice de masa corporal y el de Rohrer fue de $r = 0,86$, pero no

se estableció su intercambiabilidad. Este último es poco conocido en estudios epidemiológicos en nuestro medio. Más adelante se tratará el índice ponderal.

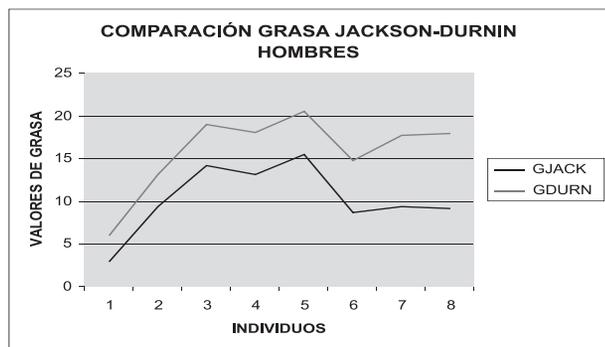
En el Índice de masa corporal –IMC- no hay diferencias significativas en los 2 grupos, como tampoco en la superficie corporal, como era de suponer, entre estas dos variables. Pero sí hay diferencias en el peso y la talla analizados cada uno por separado y no combinados en un índice (Tabla 7).

El IMC es un fuerte predictor de riesgo en cuanto al peso adecuado, junto al índice de los perímetros de cintura/cadera; en este estudio solamente una estudiante está por encima de la escala 25 de peso normal; todos los demás están dentro de los rangos considerados como normales^{25, 26,27}.

Dimensión forma-somatotípica: otra de las dimensiones del físico corporal considerada en este estudio fue la de la forma o somatotipo que se refiere a la relación del tamaño y la composición corporal que un individuo muestra en un determinado momento de su ciclo evolutivo^{28, 29,30} y que se expresa mediante tres componentes numéricos, que representan en su orden el contenido adiposo grueso (endomorfia), la muscularidad (mesomorfia) y la linealidad relativa (ectomorfia). El Somatotipo medio en los hombres de la muestra es de 3.5-4.4-3.1, que significa mesomorfo balanceado o predominio de la muscularidad sobre los otros dos componentes. El somatotipo de las mujeres fue de 4.9-3.6-2.7, es decir, mesomórfico-endomorfo, con predominio de la adiposidad y la mesomorfia mayor que la ectomorfia (Ver Gráfica 4).

Tabla 6. Comparación % grasa: método de Durnin - Womersley -vs- Jackson - Pollock. Hombres.

CODIGO	%G. JACKSON-	% G DURNIN-	DIFERENCIA	PROMEDIO 2
1	2,93	6	3,07	4,465
7	9,41	13,1	3,69	11,255
8	14,25	19	4,75	16,625
26	13,2	18,1	4,9	15,65
27	15,52	20,5	4,98	18,01
28	8,65	14,8	6,15	11,725
29	9,39	17,7	8,31	13,545
30	9,17	18	8,83	13,585
	3,98560983	4,63403558	2,0606379	13,1075
	DESV EST	DESV EST	DESV EST	PROMEDIO
	CCI	0,48680895		
	Pc:	0,4830397		
	Cb:	0,53884836		
	r:	0,8964		



Gráfica 3. Métodos de Durnin-Womersley y Jackson-Pollock. Grasa corporal en porcentajes. Hombres.

Es importante considerar que al hacer el análisis de los componentes principales o transformación de Hotteling, la ectomorfia o índice ponderal de Heath-Carter forma el que designamos como tercer eje que se aparta totalmente y en dirección contraria al eje principal o primer eje que aglutina a otros indicadores del físico corporal como si no tuviera nada que ver con ellos. Esto puede deberse a la modificación por inversión del Índice de Rohrer que hicieron los autores arriba mencionados, sin que se encuentre una explicación mayor y satisfactoria al respecto.

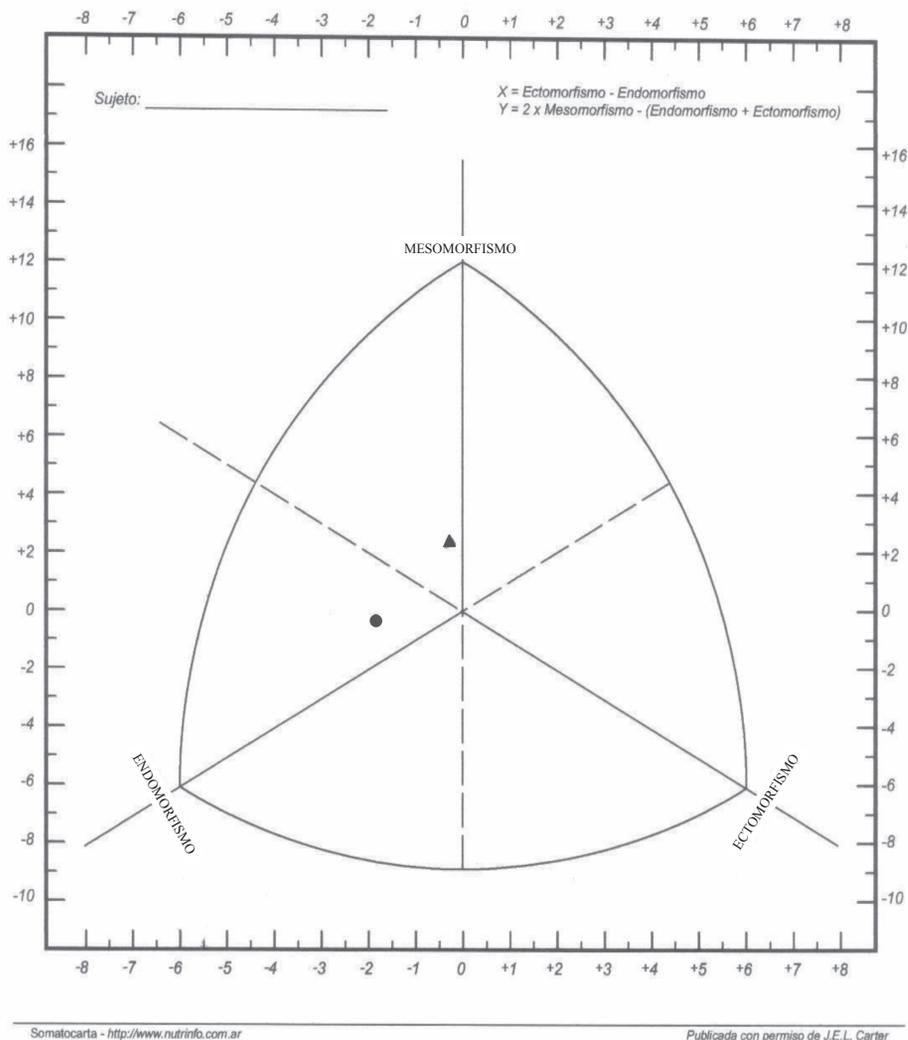
Tabla 7. Índice de masa corporal (IMC) y de Rohrer.

CÓDIGO	GÉNERO	EDAD	PESO	TALLA	IMC	Índice Rohrer
1	0	19	72,4	174,7	23,7	13,66
2	1	18	50,1	160,4	19,5	12,2
3	1	18	79	162,8	29,8	18,24
4	1	20	42	159,7	16,5	10,24
5	1	21	57,2	158,9	22,7	14,23
6	1	19	45,5	155,7	18,8	12
7	0	29	82,7	183,2	24,6	13,49
8	0	22	69,4	178,3	21,8	12,30
9	1	19	41,3	160,6	16	9,9
10	1	19	51,6	155	21,5	13,87
11	1	25	41,6	147,6	19,1	12,84
12	1	21	51,7	158,1	20,7	13,12
13	1	19	42,5	158,6	16,9	10,57
14	1	18	50	162,6	18,9	11,55
15	1	23	54,5	162,3	20,7	12,59
16	1	20	46,5	155,7	19,2	12,24
17	1	23	46,2	161,6	17,7	11,08
18	1	20	60,6	159,6	23,8	14,78
19	1	23	57,4	157,1	23,2	14,83
20	1	18	64,7	162,5	24,5	15,22
21	1	18	54,1	160,4	21	13,19
22	1	19	46,7	146,9	21,6	14,68
23	1	25	46,3	163	17,4	10,69
24	1	20	54,5	155,7	22,5	14,34
25	1	19	51,3	159,7	20,1	12,51
26	0	22	52,2	163,4	19,5	12,05
27	0	19	75,2	177,2	23,9	13,57
28	0	25	64,6	177,8	20,4	12,45
29	0	20	48,7	172,6	16,3	9,4
30	0	23	60,2	162	23	19,11

IMC= peso/talla ² (Quetelet)

INDICE DE ROHRER= peso/talla ³ (Valls, A. 1985) para peso ideal.

Gráfica 4. Somatocarta con el somatotipo medio de hombres y mujeres del estudio.



- ▲ = HOMBRES. n= 8. SOMATOTIPO MEDIO= 3.5-4.4-3.1. MESOMORFO BALANCEADO (predominio de la muscularidad).
- = MUJERES. n= 22. SOMATOTIPO MEDIO= 4.9-3.6-2.7. MESOMÓRFICO-ENDOMORFO (predominio de la adiposidad y la muscularidad es mayor que la talla).

CONCLUSIONES

La muestra de estudiantes de la Escuela de Nutrición y Dietética, presenta una capacidad aeróbica aceptable, que se clasifica en el percentil 50, estimada mediante el test del escalón de McArdle-Katch y Katch y VO₂ máx. predictivo, aunque no es homogénea, muestra menor sedentarismo que referencias locales de las mismas características.

La encuesta de actividad física subjetiva de Kasari, no es apropiada para éste tipo de poblaciones, porque se refiere a actividades deportivas exclusivamente, lo que sugiere utilizar ajustes en los tipos de encuestas en especial sobre actividades de la vida diaria y del tiempo libre.

La recuperación cronotrópica al primer minuto post esfuerzo es aceptable y sugiere una adaptación; sin embargo en este estudio no se tomaron datos de 3 minutos, que es lo recomendado, lo que posiblemente

nos hubiera dado más luces sobre procesos adaptativos u otros factores intervinientes, como la juventud, o reforzaría la relación con la masa activa libre de grasa, por ejemplo.

El peso corporal de la muestra es adecuado y sus porcentajes de grasa corporal, según el método de Durnin-Womersley de cuatro pliegues cutáneos, están dentro de los rangos considerados como normales, correlacionándose estrechamente con el Índice de masa corporal de Quetelet.

Las ecuaciones de Durnin-Womersley y de Jackson-Pollock son intercambiables en mujeres, pero en los hombres se necesita una muestra mayor.

El 72% de la varianza entre la Masa Corporal Activa y el VO₂, es explicada por el componente de la grasa como variable independiente en esa relación, en cuanto a la potencia aerobia máxima que es la dependiente.

La alta correlación encontrada entre los Índices de Quetelet y de Rohrer, $r=0.86$ y la dispersión contraria de la ectomorfia de Heath-Carter, frente a ellos, amerita su consideración en una muestra mayor para el cálculo del peso ideal.

Los diferentes métodos antropométricos para la estimación de la grasa corporal siguen siendo una herramienta de utilidad, pero su definitiva intercambiabilidad debería ser demostrada en una muestra más numerosa y de características similares.

La proforma restringida de 26 variables antropométricas, como la empleada en LAFICO, es una táctica de gran utilidad, puesto que permite el acopio de datos para numerosos cálculos y el manejo de la mayoría de las dimensiones del físico corporal, con lo que se puede obtener un mejor control de los planes y programas de los usuarios en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sharkey, B.J. Fitness & Health. Fifth Edition. Human Kinetics, Hong Kong, 2002.
2. Rodríguez, F. A. y M. T. Aragonés. Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico. En: Fisiología de la actividad física y del deporte. Madrid: Interamericana/ Mc Graw-Hill, 1992, p. 237-278
3. ACSM's. Guidelines for exercise testing and prescription. Seventh edition, Philadelphia : Lippincot Williams & Wilkins, 2006.
4. Astrand-Rodahl. Fisiología del trabajo físico 3ª edición. Buenos Aires : Médica Panamericana, 1992
5. Matsudo, V. Efectos de la actividad física diaria sobre la aptitud y los indicadores de vida saludable. Memorias del seminario sobre la actividad física y el ejercicio en el control de factores de riesgo. Servicio de Salud de Santander. Bucaramanga, Julio de 2006.
6. Melo McCormick, G. Evaluación morfofuncional de una población de estudiantes universitarios de Bucaramanga 2000. Comunicación personal. Estudio sin publicar.
7. Acero, José. Cineantropometría. Fundamentos y procesos Cali : Faid, 2002.
8. Melo McCormick, G. Manual de Cineantropometría. Guía de talleres. Escuela de Nutrición y Dietética. Universidad Industrial de Santander, 2000.
9. Wang ZW, Heshka S, Pierson RN Jr., Heymsfield SB. Systematic organization of body composition methodology: overview with emphasis on component-based methods. Am J Clin Nutr 1995;61: 457-65.
10. Rodríguez Alonso, Carlos y col. Contribución al estudio del perfil morfológico de atletas Cubanos de alto rendimiento de sexo masculino. Boletín científico-técnico. La Habana : INDER, 1986
11. Norton, K. and T. Olds. Sydney – Antropométrica. Australia : UNSW PRESS, 1996.
12. Lohman, T.G Advances in body composition assessment. Champaign, Illinois : Human Kinetics Publishers, 1996.
13. Bland, J. Martin and Altman, Douglas G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. The Lancet, February 8, 1986, p. 307-10
14. Lin, L. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. Biometrics, 1989; 45:255-68

15. Mc. Ardle, W. D., F. I. Katch, and V.L. Katch. Exercise Physiology. Fourth Edition. Baltimore : Williams & Wilkins,1996, p.209-210. ([http/ www. Cfnavarra.es/edad/anales/textos/busqu.html](http://www.Cfnavarra.es/edad/anales/textos/busqu.html))
16. Coldeportes-Antioquia. División Médica. Seminario sobre Ciencias Aplicadas al Ejercicio y el Deporte. Medellín, 1986.
17. American Heart Association. Exercise Testing and Training of Apparently Healthy Individuals: A Handbook For Physicians. Dallas, Texas,1972
18. Hatano, Y. Prevalence and use of pedometer. Res. J. Walking, 1:45-54, 1997
19. Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its stimation from skinfold thickness: measurements of 481 men and women aged 16 to 72 years. Br J Nutr 1974; 32: 77-97
20. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. Br J of Nutr 1978; 40:497-504
21. Jackson A , Pollock ML & Ward A Generalized equations for predicting body density of women. Med Sci Sport Exerc 1980;12:175-182
22. Martínez López, Elkin. Validación de los métodos antropométricos para la estimación de grasa corporal en adultos de origen latinoamericano. Lecturas sobre Nutrición, (2002) 9 (1): 9-23
23. Pospísil, M. Prácticas de Antropología Física. Selección de temas. Editorial Científico-Técnica, La Habana : 1988
24. Valls, A. Introducción a la Antropología. 2ª ed. Barcelona: Labor Universitaria, 1985, p 277
25. Oria, E. J. Lafita, E. Petrina, I. Argüelles. Composición corporal y obesidad.
26. Lakka, T. A., et al. Sedentary Lifestyle, Poor cardiorespiratory Fitness, and the Metabolic Syndrome. Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 35, No.8, pp. 1279-1286, 2003.
27. Roche, Alex F. S. B. Heymsfield and T. G. Lohman. Champaign, Human Body Composition. Illinois: Human Kinetics, 1996
28. Garrido Chamorro, Raúl Pablo, et al. Correlación entre los componentes del somatotipo y la composición corporal según formulas antropométricas. Centro de Tecnificación de Alicante (España). [http://www.efdeportes.com/Revista digital](http://www.efdeportes.com/Revista%20digital). Buenos Aires-Año 10-Nº 84-Mayo de 2005
29. Carter, L. Somatotyping. In: Antropométrica. K. Norton and T. Olds editors. Sydney, UNSW Press, 1996, p.148-70.
30. Gallagher D, Visser M, De Meersman RE, Sepúlveda D, Baumgartner RN, Pierson RN, Harris T, Heymsfield SB. Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity. J Appl Physiol 1997;83:229-39.
31. Baecke, J. A., Burema, H. J., Frijters, J. E. R. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. Ann J Clin Nutr 1982; 36: 936-42.
32. Taylor, H. L., Jacobs, D. R. Schucker, B. et al. A questionnaire for the assessment of leisure time physical activities. J Chronic Dis 1978; 31: 741-55.
33. Ainslie, P. N. , T. Reilly and K. R. Westerterp. Estimating Human Energy Expenditure. Sports Med 2003; 33, (9), 683-698.