



**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA**

Departamento de Educación Física



**UNIVERSIDAD DE PLAYA ANCHA  
DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**

Facultad de Educación Física

TESIS DOCTORAL

**MÉTODO PARA FRACCIONAR INDIRECTAMENTE EL PESO CORPORAL  
EN DOS COMPONENTES**

**Jorge Díaz Gamboa**

Valparaíso (Chile), 2009.





**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA**

Departamento de Educación Física



**UNIVERSIDAD DE PLAYA ANCHA  
DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**

Facultad de Educación Física

TESIS DOCTORAL

**METODO PARA FRACCIONAR INDIRECTAMENTE EL PESO CORPORAL  
EN DOS COMPONENTES**

**DOCTORANDO:** Jorge Díaz Gamboa.

**DIRECTOR:** Dr. César Oliva Aravena.

**DIRECTORA:** Dra. Miriam E. Quiroga Escudero.

El Director,

La Directora,

El doctorando,

Dr. Cesar Oliva Aravena. Miriam E. Quiroga Escudero. Jorge Díaz Gamboa.

Valparaíso (Chile), 2009.



**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA**

D. Antonio S. Ramos Gordillo, **SECRETARIO DEL DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA,**

**CERTIFICA,**

Que el Consejo de Doctores del Departamento en su sesión de fecha \_\_\_\_\_ tomó el acuerdo de dar el consentimiento para su tramitación, a la tesis doctoral titulada: **Método para fraccionar indirectamente el peso corporal en dos componentes**, presentada por el doctorando D. Jorge Díaz Gamboa y dirigida por los doctores: D. Cesar Oliva Aravena y Dña. Miriam E. Quiroga Escudero.

Y para que así conste, y a efectos de lo previsto en el Artº 73.2 del Reglamento de Estudios de Doctorado de la Universidad, firmando la presente en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de dos mil nueve.

## DEDICATORIA

*Dedico esta Tesis a mí querida esposa Eveling, quien mediante su constante apoyo, a mis proyectos de capacitación y perfeccionamiento profesional, ha sido el pilar de mi desarrollo profesional.*

*A mis hijos Leanella, Lissette, Leslie y Didier, quienes son mis más apreciados tesoros, los que indirectamente me han inspirado y apoyado en mi gestión de capacitación y perfeccionamiento docente.*

## AGRADECIMIENTOS

*Al Dr. Cesar Oliva Aravena, académico de la Facultad de Educación Física de la Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Valparaíso, Chile, quien con su vasta experiencia realizó una orientación y apoyo permanente en el desarrollo del presente estudio*

*Igualmente, a la Dra. Miriam Quiroga Escudero, co-directora de la presente Tesis Doctoral, quien no escatimó esfuerzos para la pormenorizada revisión.*

*Al señor Emilio Rodríguez Ponce, quién durante su gestión como Rector de la Universidad de Tarapacá, otorgo el apoyo académico y económico necesario para poder cumplir con mis estudios.*

*A los profesores y directores de los establecimientos educacionales que permitieron realizar las mediciones necesarias para la realización del presente estudio. Entre los cuales se encuentra los Colegios:*

- Municipalizados: Escuela D 10, D23, D16, D24, D4, E5, E15, e Integrado Edo. Frei Montalvo.*
- Particulares Subvencionados: American College, Colegio Alta Cordillera, Liceo Domingo Santa María y Arica Collage.*
- Colegios Particulares pagados: San Jorge y Junior College.*

*A mis alumnos ayudantes que colaboraron en la realización de las mediciones antropométricas básicas necesarias para el estudio.*

*Finalmente mis más sinceros agradecimientos y reconocimiento, al cuerpo docente de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, quien no escatimó esfuerzos por darnos la oportunidad de obtener los conocimientos actualizados en el área de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.*

*De igual forma quiero agradecer la gestión administrativa y docente aportada por la Universidad de Playa Ancha, que permitió la realización del presente programa de Doctorado.*

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>PRIMERA PARTE: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	18
<b>CAPÍTULO I. PRESENTACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	19
1.1. Presentación del problema .....	19
1.2. Definición de la problemática de la investigación .....	23
1.3. Objetivos de la investigación .....	24
1.4. Hipótesis .....	25
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	27
2.1. La obesidad .....	27
2.2. Distribución de la grasa corporal .....	30
2.2.1. Factores metabólico y endocrino .....	31
2.2.2. Las células grasas .....	35
2.2.3. Factor genético .....	38
2.2.4. Factor nutricional .....	39
2.2.5. Sedentarismo y actividad física.....	42
2.3. Composición corporal .....	48
2.3.1. Niveles de organización de la composición corporal .....	50
2.3.2. Determinación de la composición corporal .....	56
2.4. Cineantropometría .....	60
2.5. Métodos para determinar la composición corporal .....	64
2.5.1. Métodos directos.....	65

2.5.2. Métodos indirectos.....	69
2.5.3. Métodos doblemente indirectos .....	80
2.5.3.1. Fraccionamiento en dos componentes .....	80
2.5.3.2. Fraccionamiento en cuatro componentes .....	86
2.5.3.3. Fraccionamiento en cinco componentes.....	92
2.6. Índices .....	96
2.6.1. Índice de Masa Corporal (IMC).....	96
2.6.2. Índice de Masa Corporal adecuado .....	98
2.6.3. Índice de Relación Cintura/Cadera (ICC).....	103
2.6.4. Índice de Obesidad (IO).....	106
2.7. Protocolos indirectos para determinar la composición corporal a través de perímetros corporales .....	107
2.8. Mediciones Antropométricas.....	110
2.8.1. Procedimientos y normas básicas para la realización de las medidas .....	112
2.8.2. Errores comunes observados en la medida de pliegues cutáneos .....	113
2.8.3. Protocolos de medición de los pliegues grasos.....	113
2.8.4. Protocolos de medición de las circunferencias o perímetros corporales .....	116
<b>CONCLUSIONES DE LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>119</b>

<b>SEGUNDA PARTE: ESTUDIO PRÁCTICO</b> .....	123
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA</b> .....	124
3.1. Población y muestra.....	124
3.1.1. Muestra y técnica de muestreo .....	125
3.2. Variables de estudio.....	127
3.2.1. Variables de la investigación .....	127
3.3. Instrumentos .....	128
3.4. Protocolo de medición.....	128
3.4.1. Talla Vértex o Estatura.....	129
3.4.2. Peso Corporal .....	129
3.4.3. Perímetros Corporales .....	129
3.4.4. Pliegues Grasos.....	131
3.4.5. Porcentaje de Masa Grasa (%MG) .....	132
3.5. Límites de la investigación .....	135
3.6. Tratamiento estadístico de los datos.....	136
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS</b> .....	137
4.1. Presentación y análisis de los resultados.....	137
<b>DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	144
<b>CONCLUSIONES</b> .....	148
<b>PROSPECTIVA DE FUTURO</b> .....	151
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	153
<b>ANEXOS</b> .....	166

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> %MG para hombres (Pollock & Willmore, 1993).....	85
<b>TABLA 2.</b> %MG para mujeres (Pollock & Willmore, 1993).....	85
<b>TABLA 3.</b> Ecuaciones de densidad para varones de <12 a más de 50 años (Apud & Jones, 1984) .....	88
<b>TABLA 4.</b> Ecuaciones de densidad para damas de 12 a más de 50 años (Apud & Jones, 1984) .....	89
<b>TABLA 5.</b> Niveles de clasificación del peso corporal según el IMC (OMS, 1995).....	98
<b>TABLA 6.</b> IMC según rangos de edad y sexo (OMS, 1995).....	98
<b>TABLA 7.</b> IMC para 7-17 años de edad y sexo (OMS, 1995) .....	99
<b>TABLA 8.</b> Tipos de obesidad en hombres y mujeres según el resultado del Índice cadera cintura (Bouchard, 1991).....	105
<b>TABLA 9.</b> Niveles de Normalidad para el porcentaje de grasa de niños y adolescentes de 7 a 17 años (Deurenberg et al.,1990) .....	109
<b>TABLA 10.</b> Distribución porcentual de los colegios participantes en el estudio .....	125
<b>TABLA 11.</b> Distribución estratificada por sexo y fuente de financiación de los colegios participantes en el estudio .....	126
<b>TABLA 12.</b> Distribución porcentual de mujeres y hombres según fuente de financiación por edad.....	126
<b>TABLA 13.</b> Promedios (x) y desviación estándar (Ds) de las variables antropométricas de peso, talla y perímetros corporales de escolares hombres de rango etario de 10 a 14 años .....	137
<b>TABLA 14.</b> Promedios (x) y Desviación estándar (Ds) de las variables de peso, talla y pliegues grasos de escolares hombres de rango etario de 10 a 14 años .....	138
<b>TABLA 15.</b> Promedios (x) y Desviación estándar (Ds) de %MG de escolares hombres, de rango etario de 10 a 14 años, según el método utilizado.....	139

<b>TABLA 16.</b> Promedios ( $\bar{x}$ ) y Desviación estándar (Ds) de las variables de peso, talla y perímetros corporales de escolares mujeres de rango etario de 10 a 14 años .....	140
<b>TABLA 17.</b> Promedios ( $\bar{x}$ ) y Desviación estándar (Ds) de las variables de peso, talla y pliegues grasos de escolares mujeres de rango etario de 10 a 14 años .....	140
<b>TABLA 18.</b> Promedios ( $\bar{x}$ ) y Desviación estándar (Ds) de %MG de escolares mujeres de rango etario de 10 a 14 años .....	141

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO 1.</b> Evolución de las dimensiones de los pliegues grasos de los hombres según se avanza en la edad .....	138
<b>GRÁFICO 2.</b> Evolución de las dimensiones de los pliegues grasos de las mujeres según se avanza en la edad .....	141

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Representación gráfica de la distribución de la grasa en Androide y Ginoide (Bouchard, 2000).....	32
<b>FIGURA 2.</b> Esquema de líneas celulares características de la obesidad hipertrófica e hiperplástica (Valenzuela, 2000).....	35
<b>FIGURA 3.</b> Desarrollo hipotético de la obesidad hiperplástica (Björntor, 1991).....	36
<b>FIGURA 4.</b> Modelos de análisis compartimentales (Wang et al., 1992 en Nacleiro, 1997).....	50
<b>FIGURA 5.</b> Nivel atómico (Wang, 1992 en Bouchard, 2000).....	51

<b>FIGURA 6.</b> Nivel molecular (Wang, 1992 en Bouchard, 2000).....	52
<b>FIGURA 7.</b> Nivel celular (Wang, 1992 en Bouchard, 2000).....	53
<b>FIGURA 8.</b> Nivel anatómico (Wang, 1992 en Bouchard, 2000).....	54
<b>FIGURA 9.</b> Nivel global (Wang, 1992 en Bouchard, 2000).....	55
<b>FIGURA 10.</b> Diseños de la división corporal según los componentes (Nacleiro, 1997) .....	56
<b>FIGURA 11.</b> Disección de cadáveres en Bruselas (Holway, 2003) .....	66
<b>FIGURA 12.</b> Medición del peso hidrostático o hidrodensitometría (Holway, 2003).....	69
<b>FIGURA 13.</b> Evaluación por absorciometría fotónica dual o por rayos X (DXA) .....	75
<b>FIGURA 14.</b> Medición de la grasa corporal mediante bioimpedancia eléctrica (BIE).....	79
<b>FIGURA 15.</b> Nomograma para el cálculo del IMG (Bray & Gray, 1984).....	97
<b>FIGURA 16.</b> Diagrama esquemático del pliegue y su compresibilidad (Holway, 2002).....	111
<b>FIGURA 17.</b> Medición pliegue bicipital .....	114
<b>FIGURA 18.</b> Medición pliegue tricipital .....	114
<b>FIGURA 19.</b> Medición pliegue subescapular .....	115
<b>FIGURA 20.</b> Medición pliegue suprailíaco .....	115
<b>FIGURA 21.</b> Medición pliegue abdominal.....	115
<b>FIGURA 22.</b> Medición perímetro de cintura.....	116
<b>FIGURA 23.</b> Medición perímetro del abdomen.....	117
<b>FIGURA 24.</b> Medición perímetro de la cadera.....	117
<b>FIGURA 25.</b> Medición perímetro del muslo .....	118
<b>FIGURA 26.</b> Medición perímetro del brazo.....	118

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 1.</b> Características del tejido adiposo subcutáneo (Björntor, 1991).....	34
<b>CUADRO 2.</b> Ecuaciones por género para determinar la Masa Muscular (Martin et al., 1990).....	68
<b>CUADRO 3.</b> Índices para el cálculo de la masa libre de grasa (Faulkner, 1968).....	82
<b>CUADRO 4.</b> Clasificación del Índice de obesidad .....	106

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Tablas para la determinación del %MG en hombres y en mujeres .....	167
<b>ANEXO 2.</b> Autorización de los Directores de los establecimientos educacionales que participaron en el estudio .....	171
<b>ANEXO 3.</b> Autorización de los padres de los escolares que participaron en el estudio .....	172
<b>ANEXO 4.</b> Planilla de mediciones antropométricas .....	173

## INTRODUCCIÓN

La obesidad es una condición desfavorable de salud, que se caracteriza por un incremento excesivo de la grasa corporal. En muchos países, la prevalencia de la obesidad ha aumentado notablemente, lo que se ha convertido en una pandemia a nivel mundial. Nuestro país, Chile, no está exento de esta problemática, como lo confirman los estudios realizados por la Junta Nacional de Jardines Infantiles (Junji), donde se refleja que el 10% de los preescolares presentan una prevalencia de obesidad. A esto se suma el aumento de la obesidad en la población escolar del primer ciclo básico, de un 6,5% en 1987, a un 14% en 1999 (Vio et al., 2000).

Ante este problema, han surgido a nivel nacional diversos intentos para cambiar dicha realidad, es decir, se ha desarrollado una Política de Estado en Promoción de la Salud, a través del Ministerio de Salud, y de ello ha nacido el Plan Nacional de Promoción de la Salud (1997), para posteriormente en el año 1998 crearse el Consejo Vida Chile, organismo de carácter intersectorial, donde se formulan prioridades sanitarias y condicionantes de salud, teniendo como meta el año 2010.

A pesar de la implementación y aplicación de estas estrategias, surge la necesidad, de poder detectar el sobrepeso y obesidad desde temprana edad. Para ello se requiere de una técnica de fácil aplicación que nos permita predecir de forma certera el estado nutricional de los escolares, y que sea válido al correlacionarlo con los métodos universales que se aplican hoy en día y que utilizan costosos materiales de compleja manipulación.

En la actualidad, no es posible predecir de forma acertada el porcentaje de masa grasa (% MG) en nuestros escolares, debido a que en los colegios no se cuenta con la implementación necesaria para poder realizar las mediciones antropométricas pertinentes, es decir, se carece de cálipers, antropómetros, o

calculadoras programables, y por supuesto de sistemas de laboratorio como máquinas de bioimpedancia eléctrica, densitometría, etc. Por esta razón, el objetivo de la presente investigación fue: validar una técnica, de fácil manejo para el profesor de Educación Física, de manera que le permita determinar el porcentaje de masa grasa y de masa libre de grasa, en escolares de 10 a 14 años de edad de la Comuna de Arica.

El modelo que se propone para la determinación del porcentaje de masa grasa (% MG), se hizo con el objeto de contar con una alternativa simple, en lo referente a las mediciones antropométricas que se requieren hacer en los niños, para la obtención del % MG. Para ello, se utilizó una muestra de 1725 escolares (1020 mujeres y 705 varones), pertenecientes a colegios Municipalizados, Particular subvencionados y Particular pagado. Las mediciones que se consideran para el cálculo del % MG, son fáciles de realizar dentro de la sala de clases, y contemplan para las mujeres, el peso ( $P_e$ ), la talla ( $T_a$ ), el perímetro de caderas ( $P_{ca}$ ), el perímetro abdominal ( $P_{cab}$ ), el perímetro de brazo ( $P_{br}$ ) y el perímetro de muslo ( $P_{mus}$ ) y Para los varones, se consideraron, el peso ( $P_e$ ), la talla ( $T_a$ ), perímetro de caderas ( $P_{ca}$ ), el perímetro abdominal ( $P_{cab}$ ), y el perímetro de brazo derecho ( $P_{br}$ ),

Para la determinación de los modelos, que se proponen (para mujeres y hombres), se utilizaron como referencia los modelos basados en el protocolo de Durning & Womersley y en el protocolo de Slaughter, para el cálculo del % MG. El modelo propuesto, es de tipo lineal simple, donde el factor PPT (Peso, Perímetros y Talla), es el “predictor” que sirve para calcular el % MG, en la población de estudio. El “factor PPT”, se calculó mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Para las mujeres: } PPT = \left( \frac{P_{ca} + P_{cab} + P_{br} + P_{mus}}{4} \right) \cdot \frac{P_e}{T_a}$$

Para los varones: 
$$PPT = \left( \frac{Pca + Pcab + Pbr}{3} \right) \cdot \frac{Pe}{Ta}$$

La bibliografía analizada manifiesta que la obesidad en el ser humano es producto de factores fenotipológicos como lo son principalmente: a) la mala alimentación en general, b) el exceso de consumo grasas en particular, c) el sedentarismo, d) la forma de vida contemporánea, y e) la falta de actividad física.

Refiriéndose a la distribución de la grasa corporal, investigadores como: Sande & Mahan (1991), citado por Bastos et al. (2005), y Bevilacqua (1996), manifiestan, según los factores metabólico y endocrino, que la obesidad puede ser clasificada en exógena y endógena, siendo la primera la más común, ya que se encuentra estimulada por los hábitos alimentarios erróneos y un estilo de vida sedentario, y además, a ella se atribuyen situaciones de neurosis con trastornos emocionales como ansiedad, depresión e histeria, que provocan excesiva ingesta de alimentación.

Los estudios existentes sobre la composición corporal, han establecido dos modelos de organización: a) bicompartimentales, y b) multicomportamentales. En el primero, se divide el peso corporal en dos componentes: la masa grasa y la masa libre de grasa o masa magra. Este modelo se basa en la premisas de que la composición de la masa libre de grasa tiene una densidad constante (1.1 g/cc) a 37°, un contenido de agua del 72-74%, y una porción de potasio de 60-70 mmol/kg., en hombres, y de 50-60 mmol/kg., en mujeres. Sin embargo, el componente graso tiene una densidad constante 0.9 g/cc a 37° (Garrido & González, 2004). En cuanto al modelo multicomportamentales, este se encuentra compuesto por: Peso Graso, Masa Residual, Peso Óseo, y Masa Muscular Estriada o Activa.

Analizados los resultados obtenidos en el presente estudio, podemos manifestar que en lo referente a las mediciones antropométricas aplicadas a mujeres y hombres de 10 a 14 años de edad, se ejecutaron sin dificultad, confirmando que este tipo de técnicas no invasivas al ser aplicadas, requieren de un mínimo de tiempo y de equipamiento, (no necesitan más de 4 a 5 minutos en su aplicación, por sujeto evaluado).

En lo que respecta a los resultados obtenidos, se observó que, en las cuatro oportunidades en que se aplicó la Prueba "Wilcoxon", las diferencias obtenidas no son significativas al nivel del 5%. Por lo tanto, esta evidencia estadística muestra que, en promedio, la aplicación del protocolo propuesto (PPT), daría prácticamente, los mismos resultados que con los métodos de Durning & Womersley, y Slaughter.

PRIMERA PARTE  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

## **CAPITULO I. PRESENTACIÓN Y DEFINICION DEL PROBLEMA.**

### **1.1. Presentación del problema.**

Los estudios realizados en nuestro país por investigadores como Abala et al. (1998), Berrios et al. (1990), Vigil (2004), y Vio & Abala (1998), entre otros, sobre los niveles nutricionales de la población, han demostrado que en las últimas dos décadas se ha producido, tanto a nivel infantil como adulto, un incremento en los porcentajes de masa grasa corporal, y con ello, un aumento en el número de sujetos con sobre peso y obesidad, especialmente en los niños. Este fenómeno se atribuye al cambio de estilo de vida de los chilenos, situación que se relaciona con un mayor poder adquisitivo y con cambios en los hábitos de alimentación, lo que se ve reflejado en el aumento de ingesta de comida rápida, con alto porcentaje de grasas, aceites saturados, hidratos de carbono y bebidas de fantasía. Todas estas variables, sumadas al aumento del sedentarismo de la población, tanto adulta como infantil, dan como resultado el aumento de la obesidad en nuestro país. Al respecto, Vio et al. (2000), manifiestan que la situación nutricional en Chile ha estado cambiando rápidamente, con un pasado de una alta prevalencia de desnutrición en las décadas del 60 y 70 (15,5% en 1975 para 1.2 millones de niños que asisten a los controles de salud del sistema público en Chile), produciéndose una disminución hasta un 5% en 1993. En el mismo período, la obesidad aumentó de forma importante en preescolares y escolares, de manera que entre 1987 y 1996 la proporción de escolares obesos de primer año básico se duplicó entre los varones de 6,5 por ciento a 13,1% , y en las mujeres de 7,7 a un 14,7% (Vio et al, 1998).

Por otra parte, Rozowskin (1997), cita la encuesta sobre factores de riesgo realizada por Berríos (1988), en una muestra representativa de la Región Metropolitana (Santiago). En ella, el 20% de los varones y el 30% de las mujeres resultaron obesos, aumentando esta proporción con la edad. Cuatro

años más tarde, un nuevo estudio demostró un aumento de la obesidad en los hombres al 20,5%, y en las mujeres al 39,9%, cifra que en las mujeres de nivel socioeconómico bajo, llegó al 49,7% de obesidad.

La mejoría del nivel de vida de la población, ha traído como consecuencia una mayor disponibilidad de nutrientes acompañado de una disminución de la actividad física diaria (Vio et al., 2000). Es así como en los dos últimos decenios, la obesidad infantil se ha convertido en uno de los problemas clínicos más frecuentes de los países desarrollados, y nuestro país no está ajeno a este problema, ya que casi el 30% de los escolares son obesos, y es sabido que un niño obeso tienen diez veces más posibilidades de ser un adulto obeso, sumando a esto el riesgo de contraer alguna enfermedad crónica no transmisible (hipertensión, diabetes, etc.).

Esta afirmación se ve ratificada por Berríos et al. (1990), como resultado de su investigación en la ciudad de Santiago, en la que encontró, en una población sobre los 15 años de edad, que el 13% de los varones y el 23% de las mujeres eran obesos.

Los resultados entregados por la encuesta MORI realizada en 1996, manifiestan que el 83% de los chilenos mayores de 15 años, son sedentarios, lo que explica que en la actualidad existan altos niveles de prevalencia de obesidad. Según los estudios del Instituto Nacional de Tecnología de Alimento (INTA, 2000), un 70% de los jóvenes entre 11 y 17 años presentan problemas de sobrepeso u obesidad. Esto último hace pensar que la obesidad no es solamente un problema estético, sino que también, es un severo problema de salud, asociado a una mayor mortalidad y morbilidad, que constituye en este momento, uno de los principales problemas de salud pública en nuestro país.

La obesidad ha estimulado el incremento de enfermedades crónicas no transmisibles como: patologías cardiovasculares, respiratorias, diabetes...

Incluso, la tasa de mortalidad por diabetes en mujeres mayores de 15 años, entre 1990 y 1996 aumentó del 15 al 24% por cada 100.000 casos. De igual forma, en el mismo período se reconoce un incremento de las muertes por cáncer relacionadas con la obesidad, de manera que el cáncer de colon y el de recto, subieron de un 8,7% a un 11,2%. Al respecto, Vio et al. (2000), manifiesta que un 57% de los casos de diabetes, un 20% de las enfermedades cardiovasculares y un 26% de los cuadros de hipertensión arterial, podrían prevenirse si se erradica la obesidad y el sobrepeso.

Nuestra ciudad, Arica, ubicada en el extremo norte de Chile, limita al norte con la ciudad de Tacna, Perú, y no escapa a este problema, como lo demuestran estudios realizados en la población infantil. De esta forma, el Servicio de Salud de Arica (1992), detectó en niños(as) de 0 a 6 años de edad un 20% con sobrepeso y un 7,7% con obesidad. Por su parte, estudios realizados por la Junta Nacional Escolar y Beca (Junaeb 1992), en escolares de Primer año Básico, dieron como resultado un 19,1% de niños(as) con obesidad, o sea, 612 alumnos(as) de un total de 3200, cifras que ubican a Arica, como la segunda comuna con mayor grado de obesidad de la Región.

En el estudio realizado por Díaz (2002), en la población escolar de Arica, con edades comprendidas entre los 7 y los 17 años (de 1<sup>er</sup> año Básico a 4<sup>to</sup> Año de Educación Media), teniendo como parámetro el Índice de Masa Corporal (IMC), se observó, en las niñas, una marcada tendencia al sobrepeso, y en los niños, se apreció un grado de normalidad. Sin embargo, al predecir el porcentaje de masa grasa (%MG), mediante los métodos de Durning & Womerley (1978), y Slaughter et al. (1998), que utilizan la medición de los pliegues grasos, se encontró que las niñas presentan un marcado estado de obesidad, y los niños un sobrepeso.

En este estudio se puede apreciar también que el porcentaje de masa grasa (%MG) promedio de la muestra, se va incrementando de forma

progresiva a medida que avanza la edad, iniciándose a los 7 años con un 19,6% de grasa corporal, lo que es equivalente a 5,13 kg., de masa grasa. Esto significa 2,9 kg. de sobrepeso, para llegar a los 17 años, con 30,5% de grasa corporal, lo que es equivalente a 17,5 kg., de masa grasa, aproximadamente un 6,01 Kg., de sobrepeso. Además, en las damas, se observa que el %MG tiene un notorio peak de alta velocidad de crecimiento a los 10 años de edad (26%), llegando a su mayor incremento (30,7%), a los 14 años de edad. Mientras que en los varones, el peak de alta velocidad de aumento de la grasa corporal se encuentra a los 8 años de edad (28,4%), y posteriormente entre los 12 y 17 años el %MG se presenta fluctuante en valores que van del 25,4% al 24,5% (Díaz 1999).

Al respecto se puede manifestar que los resultados logrados mediante esta evaluación (utilización de pliegues grasos), son más específicos y entregan mayor información sobre el %MG y el nivel de sobre peso u obesidad que presenta el sujeto evaluado, situación que no se obtiene mediante la determinación de IMC.

Ante este problema de la obesidad, han surgido, a nivel nacional, diversos intentos por cambiar dicha realidad. Uno de ellos consiste en desarrollar una Política de Estado en Promoción de la Salud, y en respuesta a este desafío el Ministerio de Salud (Minsal), puso en marcha el Plan Nacional de Promoción de la Salud (1997), y en el año 1998 creó el Consejo Vida Chile, organismo de carácter intersectorial, que cuenta con la participación de instituciones de representación nacional, donde se formulan prioridades sanitarias y condicionantes de salud, con metas en el año 2010. Al respecto, en la comuna de Arica hay dos escuelas acreditadas como promotoras de la salud, en las que se trabajan con énfasis temas como la alimentación saludable y la actividad física. Por otra parte, la Junta Nacional de Alimentación y Becas (Junaeb), inició en el año 2002 su plan de "Alimentación Saludable", lo que se tradujo en un cambio de los contenidos de las colaciones que se entregan a los

escolares, entre los que destacan: a) la reducción de la cantidad de materia grasa en los productos lácteos; b) la disminución de las galletas por su alto contenido de azúcar; y c) la eliminación de las raciones enlatadas, por su alto contenido de grasas saturadas y preservantes. En su lugar, se incorpora a la dieta el consumo de cereales con fruta picada, aumentando las ensaladas de 4 a 8 veces en el mes, y entregándose productos frescos como pollo, pescado y carnes rojas. A esta acción se suma la realización de talleres informativos con los Centros de Padres de los Colegios.

En nuestra región esta acción es llevada a cabo entre, la Junaeb y la Secretaría Ministerial Regional de Salud y Educación, quienes han implementado la campaña de “Colaciones Saludables”, que está focalizada hacia los alumnos(as), de primero básico, y está complementada con información orientadora, entregada a los profesores, para trabajar el tema en la sala de clase. Sin embargo, a pesar de la implementación y aplicación de estas estrategias, surge la necesidad, tanto a nivel local como nacional, de poder detectar el sobrepeso y la obesidad desde temprana edad.

Para ello, se requiere de una técnica de fácil aplicación que nos permita predecir, de forma más certera, el estado nutricional de los escolares, siendo necesario que sea válido al correlacionarlo con los métodos universales que se aplican en la actualidad y que utilizan costosos materiales de compleja manipulación.

## **1.2. Definición de la problemática de la investigación.**

En la Comuna de Arica, así como en el resto de Chile, es imposible predecir de forma acertada el % de MG, debido a que en los colegios no se cuenta con la costosa implementación necesaria para poder realizar las mediciones antropométricas pertinentes, es decir, se carece de cálipers, antropómetros, o calculadoras programables, y por supuesto de sistemas de

laboratorio como: máquinas de bioimpedancia eléctrica, densitómetros, determinadores de potasio corporal total, absorciometría fotónica dual, etc.

Por lo tanto, en este caso, el método para determinar la composición corporal debe ser: no-invasivo para el sujeto, de bajo costo, transportable, preciso, válido, estandarizado y de fácil manejo para el profesor de Educación Física o profesor de curso que esté en contacto permanente con el niño y la niña. Estas características permitirán, entre otras cosas, generar bases de datos comunales y regionales sobre los niveles de obesidad existentes, bajo un mismo lenguaje metodológico, hecho de gran utilidad para la propagación de información confiable, de forma que permitan tomar acciones de prevención.

Por tal motivo, surgen las siguientes interrogantes: ¿es posible crear e implementar un método que permita predecir el %MG de forma indirecta en escolares de 10 a 14 años, utilizando para ello sólo medidas antropométricas de talla peso y perímetros corporales? Y, ¿cuál sería el grado de Significancia, Validez, Confiabilidad, y Objetividad de un método que utilice medidas de peso corporal, talla, edad y perímetro de cadera, perímetro abdominal, brazo y muslo; en relación a los métodos de Pliegues cutáneos de Durning & Womersley (1978) y de Slaughter (1988).

Es por ello, que a través de esta investigación, se pretende proponer una alternativa viable que esté más al alcance del profesor de Educación Física, para poder diagnosticar el grado de sobre peso y obesidad de sus alumnos y, a través de estos antecedentes, emprender acciones educativo-físicas que le permitan reducir los niveles de sobrepeso y obesidad de sus educandos.

### **1.3. Objetivos de la investigación.**

Objetivo General.

Validar una técnica, de fácil manejo para el profesor de Educación Física, de manera que le permita fraccionar de forma indirecta, el peso corporal en dos

componentes, masa grasa y masa libre de grasa, en escolares de 10 a 14 años de edad, de la Comuna de Arica.

#### Objetivos Específicos.

- Someter a mediciones antropométricas de peso corporal, talla, pliegues y perímetros corporales, a escolares, mujeres y hombres, de 10 a 14 años de edad, de la Comuna de Arica.
- Determinar los porcentajes de masa grasa de los escolares, utilizando los protocolos de: Durning & Womersley, y el de Slaughter.
- Definir el nivel de correlación y significancia del método que se propone, con los métodos de Durning & Womersley, Slaughter.
- Elaborar una técnica, de fácil manejo para el profesor de Educación Física, que le permita fraccionar de forma indirecta, en %MG y %MLG, el peso corporal en escolares de 10 a 14 años de edad.
- Determinar los criterios primarios y secundarios, del instrumento propuesto.

#### 1.4. Hipótesis.

Una vez presentada la problemática y los objetivos de la investigación, y dada la naturaleza y énfasis de los mismos, planteamos las siguientes hipótesis:

- H<sub>0</sub>. No existe diferencia significativa entre los %MG obtenidos mediante métodos que utilizan medición de pliegues grasos, en los escolares de 10 a 14 años de edad, frente a un método que utilice medidas de peso corporal, talla, perímetro abdominal, perímetro de cadera, perímetro brazo y perímetro de muslo ( $p > 0,05$ ).

- H<sub>1</sub> Existen diferencias significativas entre los % MG obtenidos mediante los métodos que utilizan medición de pliegues grasos, en los escolares de 10 a 14 años de edad, frente a un método que utilice medidas de peso corporal, talla, perímetro abdominal, perímetro de cadera, perímetro brazo y perímetro de muslo. ( $p < 0,05$ ).
- H<sub>2</sub> Los datos promedios obtenidos por los alumnos(as) con el método propuesto y con los métodos de Durning & Womersley y el de Slaughter, se correlacionan significativamente ( $p < 0,05$ ).

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. La obesidad.

En la actualidad, existen muchas definiciones de obesidad, siendo la más antigua la proveniente del griego *obeder* (*ob*=exceso, *eder*=comer), que significa comer en exceso. Para Valenzuela (2000), esta es una definición muy simple, debido a que identifica como única causa de la obesidad, el comer demasiado. Este autor, manifiesta que la obesidad primaria, es una enfermedad crónica de origen multifactorial, donde se entrelazan factores genéticos (determinantes) y ambientales (predisponentes), caracterizada por un aumento anormal del tejido graso secundario y por un aumento de la energía absorbida mediante la alimentación, con respecto a la gastada durante las actividades de la vida diaria, lo que conlleva a riesgos para la salud.

Por otro lado, fisiopatológicamente, la obesidad es considerada como un estado físico-patológico, caracterizado por un incremento de la grasa corporal a un nivel que compromete la salud de un sujeto y se encuentra asociada a enfermedades no transmisibles (Valenzuela, 2000). Podemos definir, por lo tanto, la obesidad como una enfermedad no transmisible, de etiología multifactorial, de curso crónico, en la cual se involucran aspectos genéticos, ambientales y de estilo de vida, que conducen a un trastorno metabólico.

En la actualidad, la obesidad, es un problema de interés mundial, y está considerada como una enfermedad de proporciones epidemiológicas. Al respecto Goran (2001), manifiesta que, la obesidad, es una enfermedad multifactorial y está caracterizada por un excesivo acumulo de tejido adiposo en el organismo. A su vez, es un factor desencadenante de patologías graves, como la diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares, trastornos de la función reproductiva en las mujeres, algunos tipos de cáncer y problemas

respiratorios. Además la obesidad puede ser causa de sufrimiento, depresión y de comportamientos de rechazo social que perjudican la calidad de vida de los individuos.

La obesidad se identifica, hoy en día, como el Síndrome Metabólico o Síndrome X, en el cual se encuentran asociados en una misma persona factores de riesgo vascular tales como: obesidad abdominal, hipertensión arterial, elevación de los triglicéridos, reducción del colesterol HDL y leve elevación de la glicemia sanguínea (Leighton et al., 2005).

Según Pollock & Wilmore (1993), citados por Bastos et al. (2005), el sobrepeso es la condición en la que el peso del individuo excede del promedio de la población en relación al sexo, etnia, la talla y el somatotipo. No obstante, la obesidad también es considerada como un desequilibrio permanente y prolongado entre la ingestión de alimentos y el gasto energético, de un sujeto, en que el exceso de calorías es almacenada en forma de tejido adiposo. Esto reafirma el hecho de que la principal causa de aparición de la obesidad en humanos, es el desequilibrio entre la ingestión calórica y su posterior consumo energético.

Las células adiposas (adipocitos) de nuestro cuerpo, se encuentran distribuidas a lo largo de la estructura corporal y su función, entre otras, es almacenar en forma eficiente el exceso de energía, obtenido mediante la alimentación (triglicéridos). Al respecto, Vigil (2004), manifiesta que en el mundo de hoy, ante una abundancia nutricional y un estilo de vida sedentario, el sistema de almacenamiento de los triglicéridos aumenta la reserva de energía adiposa, debido a que ésta no es usada en el diario vivir del ser humano. Bastos et al. (2005), informa que en estudios realizados por Coutinho (1999b), sobre obesidad, disponibles en América Latina en la década de los 80 y 90, utilizando como referencia un índice de masa corporal (IMC), con valores

iguales o superiores a 25, se refleja que el predominio del sobrepeso en Uruguay es del 50% tanto en hombres como en mujeres; en Chile del 50% en mujeres y del 40% en hombres; en Colombia de un 50% en hombres y de un 30% en mujeres; en Brasil del 40% para las mujeres y del 27% para los hombres, mientras que en México del 30% para los hombres y del 35% para las mujeres. Por su parte, Goran (2001), enfatiza que en la reciente investigación realizada en Estados Unidos de América, sobre Salud Nacional y Examen Nutricional (NHANES – National Health and Nutrition Examination Survey), el predominio de sobrepeso es del 22% y el predominio de obesidad del 10.9% para todos los grupos raciales y étnicos combinados. Los valores más altos de sobrepeso en niñas fueron encontrados entre el grupo de negros no-hispanos (15–30% para las niñas de 12–17 años y 17–31% para las niñas de 6–11 años). En cuanto a los niños, las tasas más elevadas correspondieron al grupo de americanos mexicanos (13–27% para el grupo mayor y 18–33% para el grupo más joven).

Investigadores como Vio et al. (1998) y Bastos (2005), opinan que estos cambios se deben preferentemente a que en las últimas décadas, en muchos de los países desarrollados, la obesidad ha aumentado debido a la gran disponibilidad de alimentos altamente elaborados.

Nuestro país, no está ajeno a esta situación, ya que, según estudios realizados en la Región Metropolitana y en el centro de Chile, por investigadores como Rozowski (1997), Berrios et al. (1990), Vio et al. (2000), Abala (2000), y Díaz (1999), en la Región de Tarapacá, en las últimas décadas nuestro país ha presentado un aumento de la obesidad infantil y adolescente.

Bioquímicamente, la grasa corporal, se define como los lípidos extraditables mediante una solución de éter, por lo tanto, se considera correcto utilizar como sinónimo los términos de grasa y lípidos (Porta et al., 1995). En cambio, el tejido adiposo, se refiere a la masa grasa diseccionable incluyendo

tanto el tejido adiposo subcutáneo y visceral, como una pequeña cantidad de grasa intramuscular.

El tejido adiposo se deposita en el cuerpo de dos formas diferentes denominadas: a) grasa esencial y b) grasa de depósito.

- a) Grasa esencial: está formada por lípidos, tales como fosfolípidos, los cuales son requeridos por el organismo para el funcionamiento fisiológico adecuado. Estos lípidos se almacenan en el tuétano de los huesos, en el corazón, los pulmones, el hígado, los riñones, el bazo, los intestinos, los músculos y en tejidos localizados en el sistema nervioso central. En el caso de las mujeres, además, se localiza en las caderas, las glándulas mamarias y en la región inferior del cuerpo (Porta, et al., 1995).
- b) Grasa de depósito: se localiza básicamente en la región subcutánea, y tiene como función la protección de los órganos internos y la reserva energética al acumularse en los adipocitos como moléculas complejas de triglicéridos.

Al respecto, Lohman (1981), manifiesta que aproximadamente el 50% de la grasa se encuentra depositada en el tejido adiposo subcutáneo, y presenta alta correlación con la grasa total del cuerpo.

## **2.2. Distribución de la grasa corporal.**

En la distribución del tejido adiposo en el cuerpo, participan numerosos factores, destacando, entre éstos: el metabólico, el endocrino, las células grasas, los genéticos, los nutricionales y el sedentarismo. A continuación, analizaremos cada uno de ellos.

### **2.2.1. Factores Metabólico y Endocrino.**

Investigadores como Sande & Mahan (1991), citado por Bastos et al. (2005), y Bevilacqua (1996), señalan que, la obesidad, puede ser clasificada en exógena y endógena.

- La obesidad exógena es la más común, y se encuentra estimulada por los hábitos alimentarios erróneos y por un estilo de vida sedentario, sumándose a ello la falta de una reducción adecuada en la ingesta calórica. También es reconocido que este tipo de obesidad se encuentra ligado a situaciones de neurosis con trastornos emocionales, como ansiedad, depresión e histeria, que provocan excesiva ingesta de alimentación.
  
- La obesidad endógena, corresponde a la grasa visceral o profunda que rodea los diversos órganos internos (es la menos común). Su distribución en el organismo se encuentra controlada por el sistema endocrino. Ejemplo de ello, es la diferencia de la distribución de la grasa en la mujer en comparación con el hombre. En la mujer, ésta tiende a acumular el exceso de grasa sobre las caderas y los muslos, y a veces en la región de los senos o mamas. Mientras que en los hombres, se concentra en la región abdominal y su aumento se produce por disturbios hormonales y metabólicos.

El control del sistema endocrino en la distribución de las grasas en el organismo, da origen a tres tipos de obesidad según Vague (1947), citado por Valenzuela (2000), y son: a) la homogénea, b) la androide, y c) la ginecoide.

- a) La obesidad de distribución homogénea, también llamada Obesidad tipo I, se caracteriza por el exceso de grasa corporal total sin que se produzca una concentración específica de tejido adiposo en alguna región corporal específica.

- b) La obesidad androide u Obesidad tipo II, está caracterizada por el exceso de grasa subcutánea en la región abdominal y del tronco (androide). Tiene mayor incidencia en varones, y suele asociarse con altos niveles de colesterol tipo LDL.

Desde el punto de vista antropométrico, se considera que una obesidad es de tipo androide cuando el cociente cintura/cadera es superior a 1,0 en el hombre, y a 0,90 en la mujer (Fig.1). Dando origen a dos subgrupos:

- Obesidad subcutánea, en este caso el exceso de tejido adiposo se localiza en la zona subcutánea abdomen.
- Obesidad visceral u Obesidad tipo III. En este tipo de obesidad se observa un exceso de grasa abdominal perivisceral. Para su evaluación se requieren técnicas de imagen (tomografía axial computarizada o resonancia magnética), y se utiliza el índice de área grasa visceral/área, grasa subcutánea. Un índice superior a 0,4 define la obesidad visceral. Solo tiene utilidad en protocolos de investigación (Bouchard 1991).

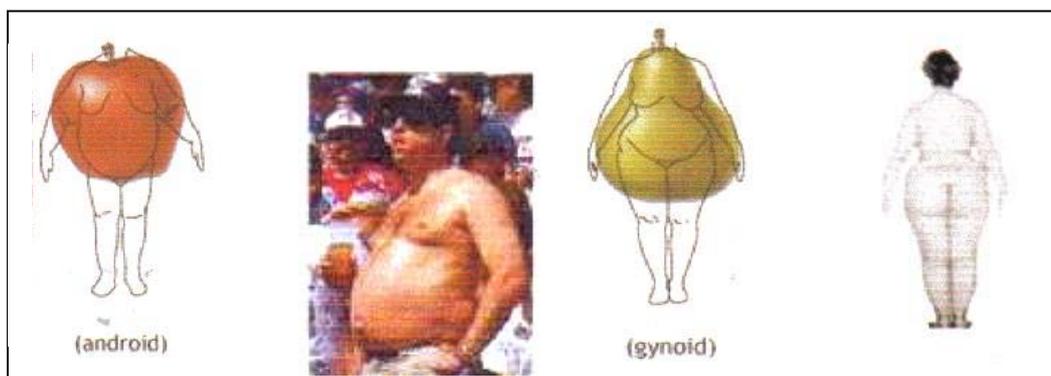


Figura 1. Representación gráfica de la distribución de la grasa en Androide y Ginoide. (Bouchard, 2000).

- c) La obesidad ginoide, denominada Obesidad tipo IV, se caracteriza por el exceso de grasa glúteo-femoral (ginoide), es propia de la mujer y se ubica en la región femoroglútea. Ésta se produce, fundamentalmente, por situaciones críticas en las que se producen cambios determinantes en el organismo, como el ciclo reproductivo o embarazos repetidos, ya que

dichas situaciones pueden favorecer un cúmulo substancial de grasa en estos depósitos (Bouchard 1991). Como hemos mencionado anteriormente, este tipo de obesidad se caracteriza por un exceso de grasa a nivel de glúteo y muslo (fémur), y los adipocitos en esta región son más numerosos y más grandes, debido a la mayor actividad de lipoproteínlipasa (LPL), y su metabolismo más estable, situación que prevalece en las mujeres. (Fig.1). Como ya hemos señalado, en este caso la relación cintura/cadera es superior a 1,0 en el hombre y a 0,90 en la mujer. Un índice cintura/muslo superior a 1,6 en el hombre o a 1,4 en la mujer, refuerza el diagnóstico de obesidad femoroglutea (Bouchard, 1991). Sus características se presentan en el CUADRO 1.

Desde el punto de vista metabólico, Björntor (1991), ha clasificado el tejido adiposo en tres grupos.

- Tipo I. Tejido adiposo metabolitamente lento.
- Tipo II. Tejido adiposo intermedio: subcutáneo, abdominal, mamario, retroperitoneal, etc.
- Tipo III. Tejido adiposo altamente metabólico, intra-abdominal o visceroportar.

A nivel endocrino, la lipoproteinlipasa (LPL), tiene una función importante en la localización de la grasa, debido a que es la enzima encargada de captar los triglicéridos circulantes y almacenados, por lo tanto, a mayor actividad de la enzima, mayor es el almacenamiento de grasa. En esta acción, juega un papel importante el área de superficie capilar y el flujo sanguíneo local (Valenzuela, 2000). Este mismo autor, destaca que la actividad de la LPL, en las diferentes regiones donde se localiza el tejido adiposo, estaría regulada por las hormonas esteroides, tanto femeninas (estrógenos y progesterona), como masculinas (andrógenos), teniendo estas últimas un marcado efecto inhibitorio.

La acción de la progesterona estaría mediada a través de la LPL, la que favorecería la incorporación de triglicéridos y posteriormente (alcanzado cierto llenado), estimularía la aparición de nuevos adipocitos a partir de células precursoras.

	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Características	Femoroglutea	Subcutánea. Abdominal, mamario, y retroperitoneal	Visceral: omental y mesentérico
Actividad LPL	Alta (progesterona y estrógeno)	Intermedia	Alta (cortisol vía LPL?)
Lipólisis	Baja	Intermedia (receptores beta, ¿testosterona?)	Alta (receptores beta, ¿testosterona?)
Fisiología	Reserva para embarazo y lactancia		Disponibilidad inmediata
Menopausia	Desaparecen las regulaciones específicas. Aumento similar en todos los depósitos		
Obesidad androide		Aumentado (+) Lipólisis (+)	Aumentado (++) Lipólisis (++)
Ginecoide	Aumentado > LPL		
S.O. poliquísticos	<LPL. Características masculinas Complicaciones aun sin marcada obesidad	Lipólisis (+)	Aumentado
Embarazo Lactancia Desor, Metabólic.	> LPL Alta lipólisis (<LPL)	Posibles	Frecuentes

CUADRO 1. Características del tejido adiposo subcutáneo (Björntor, 1991). LPL: Lipoproteinlipasa.

### 2.2.2. Las células grasas.

En la obesidad hipertrófica (Fig 2-b), se produce el aumento del volumen de los adipocitos, en cambio, la obesidad hiperplásica (Fig 2-c), implica un aumento del diámetro e incremento del número de adipocitos (Valenzuela, 2000). La discriminación entre hiperplasia e hipertrofia es importante desde el punto de vista clínico y para su tratamiento, ya que, entre ellas, existen diferencias metabólicas y morfológicas. Por su parte, Bastos et al. (2005), opinan que este tipo de obesidad se encuentra relacionada con la obesidad exógena en los niños.

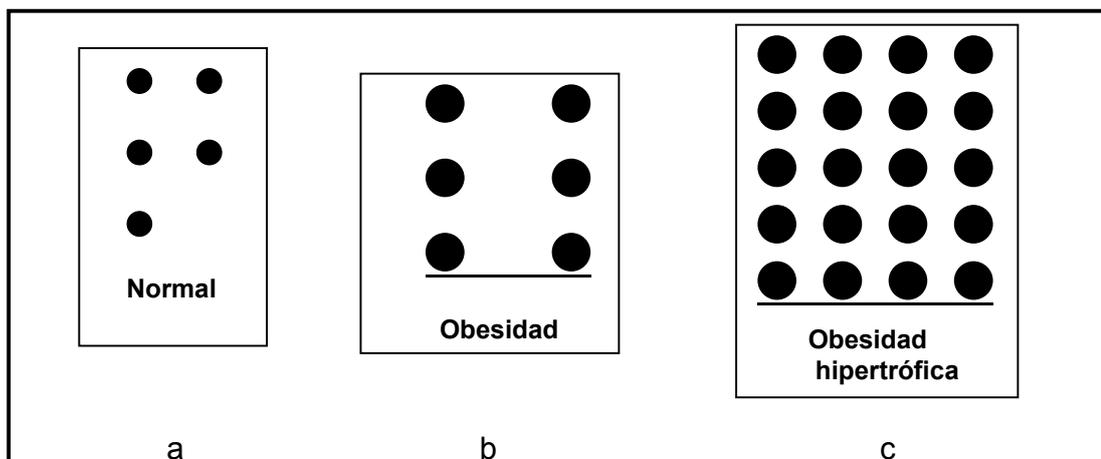


Figura 2. Esquema de líneas celulares características de la obesidad hipertrófica e hiperplástica (Valenzuela, 2000).

En este caso, las células adiposas aumentan en número y son capaces de acumular una cantidad más elevada de grasa, incrementando su tamaño normal. Es entre los 5 y 7 años cuando los niños adquieren mayor número de células adiposas. Como ya hemos mencionado, el aumento del número de adipocitos (hiperplasia), es propio de la obesidad infanto juvenil (inicio antes de los 12 años), lo que implica una obesidad de larga duración con genotipo importante y con menor respuesta al tratamiento.

La obesidad determinada por el aumento del tamaño del adipocito (hipertrofia) es propia de la obesidad desarrollada en la etapa adulta, la cual se asocia con enfermedades metabólicas y tiene mejor respuesta al tratamiento.

Los adipocitos son células, cuyo diámetro puede variar desde 10 hasta 200 micras, lo que les permite, en algunas oportunidades, aumentar su volumen más de 1000 veces (Valenzuela, 2000).

El crecimiento del tejido adiposo es aún motivo de intensa investigación y controversia; sin embargo, hay acuerdo en que la multiplicación del tejido adiposo ocurre en los dos primeros años de vida. Algunos trabajos en humanos, indican la existencia de una segunda fase de incremento de la grasa corporal a expensas fundamentalmente del aumento del número de adipocitos, lo que ocurriría entre los 11 y 13 años. Por otra parte, trabajos en animales indican que

los adipocitos a partir de un “cierto tamaño crítico”, son capaces de producir nuevas células grasas a expensas de células precursoras (preadipocitos) (Fig. 3).

El número de células adiposas en el obeso, puede llegar a 75 billones, lo que representa tres veces más que en el no obeso. No obstante, se mantiene una relación directa con el volumen de masa grasa. El tamaño de los adipocitos se relaciona con el inicio de la obesidad, y si ésta es tardía, es decir, si la obesidad se inicia siendo el individuo ya adulto, los adipocitos son de mayor tamaño. Por su parte, Faust, citado por Valenzuela (2000), observó en roedores (ratas Osborne-Mendel), que el tamaño de los adipocitos jugaba un papel importante en la ingesta de alimento. La característica de estas ratas es que, cuando se les deja en presencia de comida rica en grasa, presentan gran hiperfagia, incrementando, de forma importante, sus depósitos de grasa, inicialmente como consecuencia de un aumento del tamaño del adipocito (hipertrofia) y posteriormente por aumento en su número (hiperplasia). Pero al ser sometidos a una remoción de parte de su tejido graso (lipectomía quirúrgica), se aprecia un aumento del volumen de los adipocitos remanentes con una disminución progresiva de la hiperfagia. Esto nos estaría señalando que el llenado o el aumento de tamaño de la célula grasa, de alguna manera, generaría señales hacia el hipotálamo que se traducen en una disminución de la ingesta alimentaría.

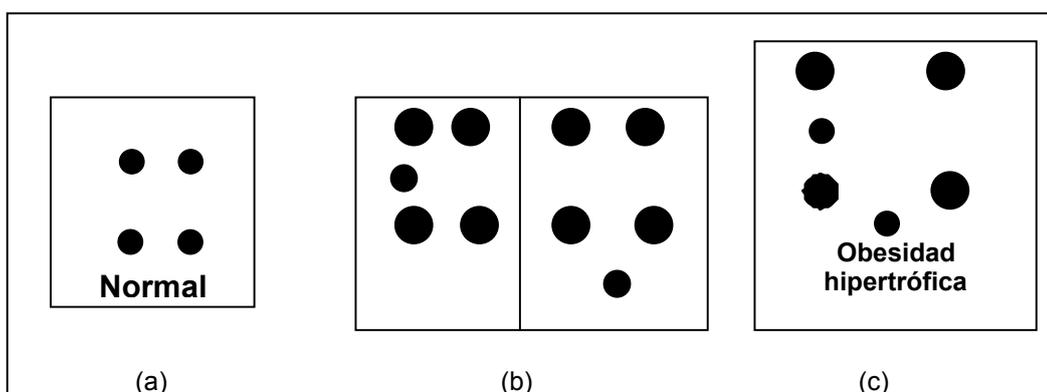


Figura 3 a, b y c. Desarrollo hipotético de la obesidad hiperplástica (Björntor, 1991).

Aunque las causas precisas que influyen en la multiplicación del tejido graso son pobremente comprometidas, se sabe que ciertos factores juegan un papel importante en animales y probablemente también en el humano, el número y tamaño de los adipocitos está influido por la alimentación temprana y la actividad física (Valenzuela, 2000).

Cuando los adipocitos se repletan de grasa sobre un nivel crítico, pueden aparecer nuevos adipocitos a partir de células precursoras, incrementando la cantidad total de grasa en la región.

Valenzuela (2000), también manifiesta que los actuales estudios señalan que el desarrollo del adipocito derivaría de una célula precursora denominada adipoblasto, la cual a su vez parece derivar de los fibroblastos. El adipoblasto es una célula muy pequeña que en su interior no contiene grasa ni enzima para su depósito o liberación, la cual ante diversos estímulos puede evolucionar hacia una célula de mayor tamaño, que ya es capaz de almacenar grasa, recibiendo el nombre de preadipocito, que posteriormente se diferenciará en adipocito maduro. Dentro de los factores que han sido implicados hasta el momento en la diferenciación y maduración del adipoblasto a adipocito están: el factor de crecimiento semejante a la insulina, glucocorticoides, hormonas tiroideas y sexuales, prostaglandinas, el factor de crecimiento de fibroblastos y el factor de crecimiento adipocitario, entre otros.

La preocupación e importancia de la obesidad infantil está en relación con su persistencia o aparición en la edad adulta, esto puede favorecer el incremento de la hipertensión arterial, diabetes mellitus, e hipercolesterolemia, aumentando el riesgo cardiovascular (Moreno & Hernández, 2000).

### **2.2.3. Factor genético.**

Otro de los elementos que se debe tener presente en lo referente a la prevalencia de la obesidad, tiene relación con el factor genético.

Es así, como a comienzo de la primera década del siglo XX, surge el interés por conocer la influencia genética en el desarrollo de la obesidad. Sin embargo, estudios recientes revelan que el peso corporal está sujeto a una determinación genética substancial, respondiendo a una variación aproximada de un tercio en cuanto al Índice de Masa Corporal (Moreno et al., 2000). Sólo en los últimos años se ha empezado a obtener datos sobre los posibles genes involucrados en el desarrollo de la persistencia de la obesidad en la descendencia familiar. Al respecto, Coutinho (1999a), citado por Bastos et al. (2005), reconoce que la herencia genética es un factor importante en el desarrollo de la obesidad. Sin embargo, es difícil determinar con exactitud en qué proporción, este factor genético, es el responsable de su desarrollo. Por su parte, Santos et al. (2005), señalan que la obesidad de los padres es un factor importante de riesgo para el desarrollo de la obesidad en la descendencia de sus hijos.

Por su parte Bevilacqua, (1996), afirma que en estudios realizados en familias, se ha observado que si los progenitores tiene un peso normal, el riesgo de tener hijos obesos es del 14%. Sin embargo, si uno de los padres es obeso, el riesgo de que los hijos sean obesos aumenta al 40%, y si ambos padres son obesos, las posibilidades en que los hijos sean obesos aumenta al 80%. De igual forma, los estudios realizados con gemelos homocigotos muestran una gran relación fenotípica. Cabe señalar que diversos estudios demuestran que la obesidad se produce como una característica familiar. No obstante, los factores hereditarios pueden ser influidos por los factores ambientales.

Samaras et al. (1999), estudiaron el efecto de la actividad física sobre el componente graso en un grupo de 970 gemelas a través de medidas directas de grasa corporal total y abdominal, con independencia de las influencias ambientales, genéticas, o de otro tipo. Los resultados demostraron que la actividad física es la variable que más contribuye a la disminución de grasa corporal total y abdominal en mujeres de mediana edad sanas. En las participantes con predisposición genética a la obesidad, la actividad física no tuvo ningún efecto sobre el componente graso.

#### **2.2.4. Factor Nutricional.**

En relación al estilo de vida moderno, Bastos et al. (2005), cita el estudio de Coutinho (1999b), y asegura que el hábito de comer fuera de casa contribuye al aumento del tejido adiposo de las personas, ya que mayormente, este tipo de comidas suelen ser ricas en grasas y poseen un alto contenido calórico, y aún no siendo demasiado pesadas, se tiende a estimular un consumo exagerado de estos alimentos, por lo que el efecto final se traduce en un elevado consumo calórico que contribuye de este modo al aumento del tejido adiposo.

Estudios realizados en Chile por Vio et al. (2000), han demostrado que el estado nutricional de la población nacional ha sufrido cambios epidemiológicos muy significativos, el cambio de los hábitos alimentarios de la población, causados por la invasión en el mercado nacional e internacional de productos alimentarios con un mayor contenido de grasa proveniente de productos animales, azúcar refinada y alimentos procesados, sumando a esto el menor consumo de fibra natural, lo que ha provocado, un aumento progresivo de la obesidad, tanto a nivel infantil como adulto. Es así, como entre 1989 y 1997, la obesidad, aumenta de forma importante en preescolares y escolares en edades

de 6 a 16 años, incrementándose del 5 al 25% en los varones, y del 10 al 27% en las damas (Minsal, VIDA CHILE-INTA, 2001).

A este respecto, Vio et al. (2000), afirman que, en Chile, el tipo de consumo ha cambiado hacia un nuevo modelo llamado la dieta occidental, dando como resultado, que el consumo de grasa ha aumentado de 13,9 kilos por persona en el año 1975, a 16,7 kilos por persona en el año 1995, y el de azúcar de 30,2 a 39,2 kilos por persona al año, en el mismo período. Además, agregan que también ha aumentado el consumo de pollo y productos lácteos, pero ha disminuido la ingesta de cereales y legumbres. A esto se suma que una parte importante de la población adulta tiene un inadecuado consumo dietético.

Estudios efectuados en Santiago (Región Metropolitana), mostraron que en 120 consultorios del Sistema Nacional de Servicios de Salud, la mediana de consumo calórico fue de 2324 Kcal. por día, para los varones, y de 1668 Kcal. por día, para las mujeres. El porcentaje de calorías proveniente de grasas estuvo por encima del límite recomendado del 25%. Por otro lado, hubo un bajo consumo de pescados, legumbres, frutas, leche y cereales, y un consumo relativamente alto de grasas, aceites, pan, verduras, azúcar y carne.

Esta situación nutricional nacional no es única, ya que, en muchos países del mundo, especialmente de América Latina y Asia, han pasado rápidamente de déficit nutricional a un estado de obesidad e hiperlipidemias. En la mayoría de los países de estas regiones, se ha observado un cambio en la dieta, tradicionalmente rica en cereales, plantas y tubérculos y baja en grasas y proteínas animales, por otra caracterizada por una alta ingesta de grasas, azúcar y alimentos procesados, cuyo consumo es estimulado por atractivos mensajes que impulsan a comerlos.

Aranceta et al. (1996), manifiestan que, en España, el 95% de la obesidad infantil es de origen exógeno o nutricional, y sólo el 5% de los casos tiene una causa de origen genético o endocrina, por lo cual la obesidad infantil

se ha convertido en un verdadero problema de salud pública y agrega que en su país el 13,9% de la población entre 2 y 24 años es obesa, detectándose las mayores cifras entre 6 y 12 años.

En la encuesta sobre factores de riesgo realizada por la Pontificia Universidad Católica de Chile, en 1988, en una muestra representativa de la Región Metropolitana (Santiago), el 20% de los varones y el 30% de las mujeres, resultaron obesos, y esta proporción aumentó con la edad. Cuatro años más tarde, un nuevo estudio demostró un aumento de la obesidad en los hombres a 20,5% y en las mujeres a 39,9%, cifra que llega a 49,7% de obesidad en las mujeres de nivel socioeconómico bajo (Berríos, 1990).

La misma situación se ha observado en Brasil donde la proporción de obesos, medida en dos grandes encuestas antropométricas nacionales de corte transversal en 1974-75 y 1989, mostró un incremento mucho mayor en los grupos de bajos ingresos. Pobreza y bajos niveles de educación aparecen en forma repetida como las variables más importantes que explican los altos índices de obesidad, enfermedad y muerte en los sectores más pobres de la población.

Sin embargo, a pesar del notable incremento de la obesidad y del sobrepeso en la población escolar actual, la desnutrición sigue siendo el problema nutricional colectivo más relevante de la infancia en los países en vías de desarrollo. En algunas regiones del mundo como América Latina y Asia Oriental, se ha producido una ostensible disminución de las tasas de desnutrición, aunque en general, el número absoluto de desnutridos se ha incrementado en el mundo.

La desnutrición y una alimentación deficiente, hacen que de la maduración acaecida durante los primeros años de vida se pase a retardar el crecimiento del niño; sin embargo, como dicho crecimiento continua hasta los

18 años, y los efectos de las deficientes condiciones de alimentación y nutrición podrían aminorarse proporcionando una buena nutrición. No obstante, el cerebro es una excepción notable y en general, todo el sistema nervioso. Los primeros dos años de vida no sólo corresponden a la etapa de máximo crecimiento, sino que al final del primer año de vida se alcanza el 70% del peso del cerebro adulto, constituyendo también, casi el período de crecimiento total de este órgano. De allí, que la desnutrición infantil y la sub-alimentación crónica podrían ocasionar un retraso en el crecimiento cerebral, reducción de su tamaño y el consecuente menor desarrollo intelectual, aspectos que son de trascendental importancia para la educación.

#### **2.2.5. Sedentarismo y Actividad Física.**

La Organización Mundial de la Salud (OMS), considera como actividad física cualquier movimiento producido por el músculo esquelético que dé como resultado un incremento del gasto energético. Por el contrario, la falta de movimiento implica una combustión insuficiente de las calorías ingeridas con la dieta, por lo tanto al no ser usadas, se almacenarán en forma de tejido graso. Sin embargo, el modelo de vida actual, impulsado por el incremento de una evolución tecnológica, que tiene como finalidad facilitar las actividades tanto de la vida cotidiana como de la vida laboral, incide directamente en una reducción de la capacidad de movimiento del individuo, lo que induce a una disminución del gasto energético básico del ser humano, lo que promueve indirectamente a un estilo de vida sedentario. En la mayor parte de los casos, la situación de sedentarismo suele verse acompañada por una alimentación inadecuada que, en su conjunto, induce a una reducción de la capacidad de movimiento del individuo.

Al respecto, Bastos et al. (2005), señala que estudios realizados por Dionne et al. (2000), sobre la relación entre la participación en actividades físicas intensas y los indicadores de adiposidad y distribución de grasa en

adolescentes varones, demuestran que los resultados encontrados de las variables de peso, el componente graso, el índice de masa corporal, la suma de los seis pliegues subcutáneos, los perímetros de las extremidades y del tronco, y la relación perimetral entre cintura y cadera, se correlacionaron de forma inversa y significativa con la participación en actividades físicas intensas.

Estas observaciones, vienen a confirmar la hipótesis de que el exceso en la acumulación de grasa abdominal, puede prevenirse a través de la participación sistemática en actividades físicas de mediana intensidad. Según Wifley & Brownell (1994), citados por Bastos (2005), existe cada vez un mayor consenso en cuanto a que la actividad física es el componente más variable en relación al balance energético del individuo, y parece ser el factor más importante a la hora de mantener el peso y en la contribución al adelgazamiento. Generalmente, se considera como una persona sedentaria, aquella que realiza menos de treinta minutos de ejercicio físico continuado y de moderada intensidad, como mínimo tres veces a la semana. O bien, aquella que no gasta más de dos mil calorías en práctica de ejercicio físico a la semana.

Estudios realizados por Bar Or. (2004), citando las investigaciones de Andersen et al. (1998), Crespo et al. (2001), Dietz (1985) y Gortmaker et al. (1996), informan que el riesgo de ser obeso está fuertemente relacionado con el tiempo que se dedica a ver televisión. Es así, como la prevalencia de la obesidad, fue mayor, entre aquellos niños que veían televisión más de 4 horas al día, y menor en aquellos que solamente veían una hora o menos. De igual forma, el tiempo dedicado a los juegos electrónicos y a la educación pasiva, contribuyen de forma importante a la disminución del gasto energético convirtiéndose así en un factor de riesgo de obesidad.

En el caso de Chile, Vío et al. (2000), señalan, que los niños obesos y normales pasan más de tres horas diarias frente al televisor, cifra que aumenta

a cuatro en días festivos. En la actualidad, los juegos de los niños son completamente sedentarios, ya que la actividad física infantil relacionada con los juegos de patio o de calle prácticamente ha desaparecido. Juegan sentados frente al computador, la televisión y los juegos de video, que han sustituido a las pichangas en las calles, el paco y ladrón, la escondida, etc.

Estudios realizados por Berríos et al. (1990), toman como patrón de clasificación de persona activa y de persona sedentaria, el hecho de que ésta, realice por lo menos una actividad física continuada, durante 20 minutos y como mínimo dos veces por semana. Con este criterio, más de 3/4 partes de los adultos en estudio fueron calificados como sedentarios. Otro estudio, evaluó este factor en una muestra no representativa de escolares de Santiago. Se encontró que los niños y niñas dormían un promedio de 11-12 horas diarias, y veían T.V. alrededor de 3-4 horas al día, completando así casi dos tercios del día en actividades de baja demanda energética. Este patrón de actividad física varió solamente en los niños, quienes durante el fin de semana aumentaron significativamente las horas destinadas a ejercicio intenso, comparadas con los días de semana (Gattas, 1996, citado por Díaz et al., 2004).

En nuestro país, al igual que en los países desarrollados (USA, Canadá, España, Francia, Inglaterra, etc.), el sedentarismo es un factor de riesgo de obesidad. Así lo señala Berríos (1990), como resultado de una encuesta efectuada en 1988 en la Región Metropolitana, utilizando el criterio OMS, que considera sedentaria a una persona cuando efectúa menos de dos sesiones de ejercicios semanales, de 15 minutos cada una; mostró que el 55,4% de los hombres y el 77,4% de las mujeres eran sedentarias. Estas cifras, al igual que las de obesidad, eran mayores en el nivel socioeconómico bajo. Esto se ve reafirmado por los resultados obtenidos en la encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN), aplicada el año 2000. En ella se observa, que, en Chile, más de la mitad de la población tenía algún grado de sobrepeso y obesidad. Situación que se asocia con que la principal causa de muerte en

nuestro país sean las enfermedades del corazón y las cerebro vasculares, las que están influidas directamente por estados nutricionales alterados y agravados por la inactividad física de la población. Al respecto, se debe recordar que el ser humano está hecho para moverse, por lo tanto, la actividad física y el ejercicio son una expresión importante de la actividad humana diaria.

En la actualidad, existe el consenso (médicos, nutricionistas, profesores de Educación Física, pediatras), de que la actividad física es el recurso terapéutico más eficaz en el manejo integral de las personas obesas. Para ello, es necesario precisar los principios, los fundamentos, la metodología y los objetivos de su aplicación, donde el tipo de duración (volumen de trabajo), y el nivel de intensidad de la actividad física que realiza una persona, influyan tanto en la patogenia como en la respuesta al tratamiento de la obesidad (Valdés, 1997).

La capacidad de trabajo físico o *Physic Work Capacity (PWC)*, se define como la capacidad de un sujeto para realizar un trabajo con agrado y sin sensación de fatiga durante un tiempo determinado. La capacidad de desempeño físico o capacidad de trabajo físico depende de factores hereditarios, somáticos, ambientales y psicológicos. No implica necesariamente la ejecución de un esfuerzo máximo, sino más bien el desempeño de un individuo en sus roles habituales laborales y de recreación. En los inicios de la humanidad, el hombre necesitó un gran poder físico para sobrevivir, y lo logró gracias al trabajo y continuas luchas, que dieron fuerza y habilidad a su cuerpo. De esta manera, sus características anátomo-fisiológicas se perfeccionaron para el movimiento y la acción, razón por la cual el aparato locomotor y sus órganos de servicio constituyeron la parte principal de su masa corporal total. En este sentido, en la vida actual, la disminución del tiempo libre, el reemplazo del esfuerzo físico humano por la tecnología, el aumento de agentes estresantes con la consecuente fatiga mental y física, etc., tienden a disminuir los requerimientos de gasto energético en los individuos.

Estos factores, sumados a la disminución de la capacidad física de trabajo producido por el envejecimiento, con pérdida de la eficiencia mental y física, predisponen, al ser humano, a enfermedades cardiovasculares, respiratorias, y artro-músculo-esqueléticas. Además, pueden causar trastornos psicológicos y metabólicos, ya que, los estímulos insuficientes o de baja intensidad deterioran las funciones del organismo (la no actividad física deteriora el órgano, Ley de Roux).

Está confirmado que el gasto de energía, a través de la actividad física, contribuye a disminuir el peso corporal, por lo tanto, es necesario motivar al niño, al adolescente, a los adultos (padres), y a la tercera edad, a la realización de una actividad física diaria como: caminar, trotar, realizar juegos callejeros, subir escaleras en lugar de utilizar elevadores, andar en bicicleta, patinar, o bien, practicar algún deporte que despierte interés y diversión. Es importante que estas actividades se realicen no sólo en la escuela, sino que también se lleven a cabo en casa, en conjunto, con la familia, disminuyendo de esta manera, el sedentarismo familiar (fomentado por ver la televisión, usar la computadora y juegos de vídeo).

Dentro de la bibliografía consultada, hay evidencias suficientes que demuestran, que el ejercicio físico, es un medio terapéutico necesario e indispensable, en el manejo integral del sobrepeso y obesidad. En este caso, la planificación del programa físico por aplicar, debe respetar el perfil muy especial del obeso, e involucrar variables como: la capacidad física de trabajo (PWC), especialmente en relación con la resistencia a la fatiga y el desempeño de esfuerzo aeróbico; una baja de la autoestima provocada por la imagen corporal alterada, la inseguridad de participar en grupos heterogéneos, y frecuente sensación de ser rechazado por el medio.

Por otra parte, Rizzoli (2006), manifiesta que es posible que estas personas presenten una alteración de la tasa metabólica de reposo, de la termogénesis inducida por los alimentos y de la temperatura corporal basal, así como alteración de los niveles celulares de adenosíntrifosfatasa, lipoproteína lipasa y del metabolismo activo del tejido adiposo. Este mismo autor afirma, que por su bajo nivel de capacidad física, la ejecución de gran parte de las actividades de un obeso suele exceder el 35–40% de su máxima capacidad de trabajo, lo que fisiológicamente es difícil de mantener sin fatiga muscular. Esto, condiciona progresivamente a un individuo poco activo, con un gasto calórico bajo, a la pérdida progresiva de su capacidad física de trabajo. Por el contrario, el aumento del nivel de actividad física, lograda a través una planificación adecuada de un programa de entrenamiento, modificará de forma significativa la Capacidad Física de Trabajo (PWC) de una persona.

El entrenamiento físico, consiste en someter al organismo a una carga o tensión de trabajo con una intensidad, duración y frecuencia suficientes para producir cambios adaptativos observables o medibles. Por ello, para lograr esta mejoría mediante la aplicación de un programa de entrenamiento, es necesario someter al organismo a un aumento de la actividad física, lo que redundará en un mayor gasto calórico que el que efectúa normalmente en su quehacer diario. Por lo tanto, para lograr cambios biológicamente correctos, resulta imprescindible calcular con precisión la intensidad del esfuerzo, la duración del esfuerzo, la frecuencia del estímulo y la pausa inter-esfuerzos e inter-sesiones. También, hay que tener presente, que la intensidad requerida, aumenta a medida que mejora el desempeño físico en el curso del entrenamiento, por ello se deben tener presentes los principios básicos del entrenamiento físico.

La realización de una actividad física programada conscientemente (tres veces por semana), de forma adecuada, permite no sólo estimular el gasto energético de la población (escolar y laboral), sino que trae consigo adaptaciones neuromusculares, cardiorrespiratorias, y cardiovasculares de

quien la realice, lo que influirá directamente en un mejor estado de salud, físico y mental. Los resultados de múltiples investigaciones, realizadas tanto en el plano internacional como nacional, dejan como conclusión, la necesidad imperiosa de que todo ser humano sano debe realizar una actividad física programada, según edad y sexo, la cual debe iniciarse en la educación preescolar con la finalidad de crear conciencia y conocimientos en esa edad, sobre los beneficios que aporta la actividad física al mantenimiento de una vida sana.

### **2.3. Composición Corporal.**

En este apartado, queremos representar los fundamentos teóricos, metodológicos, y prácticos, que permitan desarrollar la propuesta de investigación, considerando y analizando, las leyes, principios y protocolos de los diferentes métodos que en la actualidad se utilizan para determinar la composición corporal del ser humano. Por ello, iniciamos este punto con la siguiente interrogante: ¿qué es la composición corporal del ser humano?

La composición corporal, es un componente clave de la salud y del bienestar físico del ser humano. El peso corporal, está definido como la expresión cuantitativa de la fuerza con que éste es atraído por la tierra (acción de la fuerza de gravedad).

En los últimos 30 años, el interés por investigar y analizar la composición del cuerpo humano, tanto del punto de vista morfológico, como de las variaciones fisiológicas, patológicas, cuantitativas y cualitativas, ha aumentado, dando origen a diferentes equipos doctrinales dentro de las distintas ciencias del conocimiento humano. Al respecto, Garrido & González (2004), señalan que para estudiar la composición corporal, es imprescindible comprender el efecto que tienen, en su valoración, variables tales como: la dieta, el crecimiento, la actividad física, el patrón genético, y las enfermedades.

Estas técnicas, resultan útiles tanto para la valoración del estado nutricional de un sujeto, como también para la monitorización específica de pacientes y deportistas, permitiendo, de esta manera, observar no sólo la evolución de la composición corporal a lo largo de su vida, sino también los factores de riesgo para determinadas enfermedades no transmisibles.

Por otro lado, Garrido & González (2004), opinan que el estudio de la composición corporal, se debe organizar en tres áreas diferentes, pero muy interrelacionadas entre sí: a) Normas de composición corporal. b) Metodología, y c) Efectos biológicos. Además, afirman que estas áreas interactúan entre ellas; por ejemplo, la acción biológica de la hormona de crecimiento se relaciona con la expansión del líquido extracelular, y este parámetro tiene influencia sobre la estimación de la grasa corporal total. En el área de la composición corporal (normas de composición corporal), se encuentran más de 30 componentes fundamentales del cuerpo, los cuales se agruparán en las fracciones, que conformarán las distintas teorías y métodos, que van a permitir calcular la composición corporal.

### **2.3.1. Niveles de organización de la composición corporal.**

Muchos de los modelos, que intentan organizar los componentes constituyentes de la composición corporal, se basan en la división del cuerpo en compartimientos químicos. Es así, como existen modelos bicompartimentales, y multicompartimentales. En el primer caso, el cuerpo se divide en dos fracciones: la masa grasa y la masa libre de grasa o masa magra. Hay que tener en cuenta que la composición de la masa libre de grasa tiene una densidad constante (1.1 g/cc) a 37°, un contenido de agua del 72-74%, y una porción de potasio de 60-70 mmol/kg., en hombres, y de 50-60 mmol/kg., en mujeres, mientras que el componente graso tiene una densidad constante 0.9 g/cc a 37° (Garrido & González, 2004).

Los modelos multicompartimentales (de 3 ó más componentes), poseen claras ventajas frente a los bicompartimentales, ya que cometen menos errores en la estimación de la composición corporal. No obstante, requieren de un equipamiento sofisticado, que se encuentra fuera del alcance poblacional.

Por su parte Wang et al., (1992), citado por Sáez (2004), propone una división del peso corporal teniendo en cuenta los componentes que lo constituyen estableciendo de esta manera cinco niveles:

Nivel 1. Atómico: hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, carbono, minerales.

Nivel 2. Molecular: agua, proteínas, lípidos, hidroxí-apatita.

Nivel 3. Celular: intracelular, extracelular.

Nivel 4. Anatómico: tejido muscular, adiposo, óseo, piel, órganos y vísceras.

Nivel 5. Cuerpo entero: masa corporal, volumen corporal, densidad corporal.

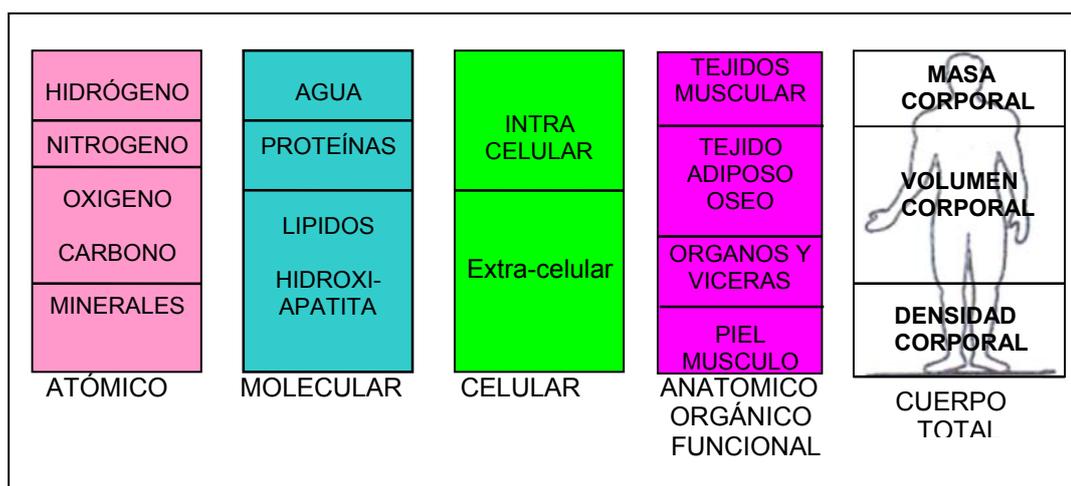


Figura. 4. Modelos de análisis compartimentales (Adaptado de Wang et al., 1992, en Nacleiro, 1997).

Nacleiro (1997) y Guedes & Ribeiro (1998), concuerdan con lo anteriormente dicho y presentan un cuadro esquemático de esta clasificación que va desde lo simple a lo más complejo, el cual considera al organismo como una unidad en funcionamiento (Fig. 4). Asimismo, Guedes & Ribeiro (1998), manifiestan que la principal utilización del nivel anatómico es la relación específica con otros niveles de organización.

Por su parte, Rizzoli (2006), hace una descripción detallada de diferentes niveles en los cuales, en la actualidad, se ha dividido la composición corporal de un sujeto. De esta forma, tenemos:

- Nivel atómico:

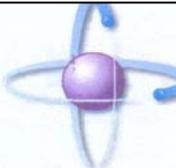
Nivel II Atómico	Elementos	Peso	%MG
	Oxígeno	43	61
	Carbon	16	23
	Hidrogeno	7	10
	Nitrogeno	1,8	26
	Calcio	1,2	1,4
	Otros		2

Figura 5. Componentes del Nivel atómico (Wang, 1992 en Bouchard, 2000).

En este caso el 99 % del peso corporal del ser humano puede atribuirse a 11 átomos constituyentes (Fig. 5).

- Oxígeno. 60,0%, el principal componente elemental del agua corporal.
- Carbono. 23,0%, el principal componente elemental de la grasa corporal.
- Hidrógeno. 10,0 %.
- Nitrógeno. 2,6%, el principal componente elemental de la proteína corporal.
- Calcio 1,4%, el principal componente elemental de los huesos.
- Sodio, potasio, cloro, fósforo, magnesio, azufre. 3%.

De esta manera, el peso corporal total del individuo puede reconstruirse a partir de la suma de los pesos parciales de estos 11 elementos llegando a un total de 99,0%.

- Nivel molecular (bioquímico):

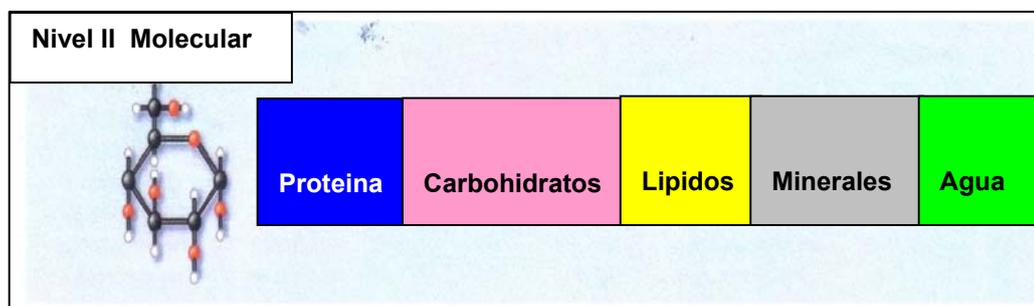


Figura 6. Componentes del Nivel molecular. (Wang, 1992, en Bouchard, 2000).

Este nivel, está considerado como el primero de la organización anatómica, dividiendo el peso corporal en masa celular total, fluido y sólido extracelular. La masa corporal total, está compuesta por diferentes tipos de células, (Guedes & Ribeiro, 1998). Este nivel se encuentra conformado por 5 componentes:

- Lípidos. Dependiendo del sexo: hombres, 20–25%; mujeres 25-35%, en su mayoría triglicéridos.
- Proteínas. 15–16%.
- Agua. 60 %. Agua intracelular: 34%; Agua extracelular: 26%.
- Glucógeno. 0,5-1%.
- Minerales (óseos + no óseos). 5,3%.

En este caso, al igual que en el nivel anterior, el peso corporal puede reconstruirse por la suma de los pesos de estos componentes.

Peso corporal (kg.) = grasa + agua + proteínas + glucógeno + minerales óseos + minerales no óseos (Rizzoli, 2006).

El modelo de dos componentes (bicompartimental), es un modelo molecular clásico de composición corporal. Según el mismo, el peso del individuo puede reconstruirse de acuerdo con la siguiente expresión: Peso corporal (kg.) = compartimiento graso (masa lipídica) + compartimiento no-graso (masa magra – masa libre de grasa). Este compartimiento no graso incluye agua, proteínas, minerales y otros compuestos no grasos que están presentes en cantidades más pequeñas.

- Nivel celular:

Este nivel, está constituido por tres componentes:

- a) células (grasa + masa celular);
- b) líquidos extracelulares;
- c) sólidos extracelulares.

En este nivel, se identifican los elementos constituyentes de la célula, tanto intra como extra celular (Fig. 7).

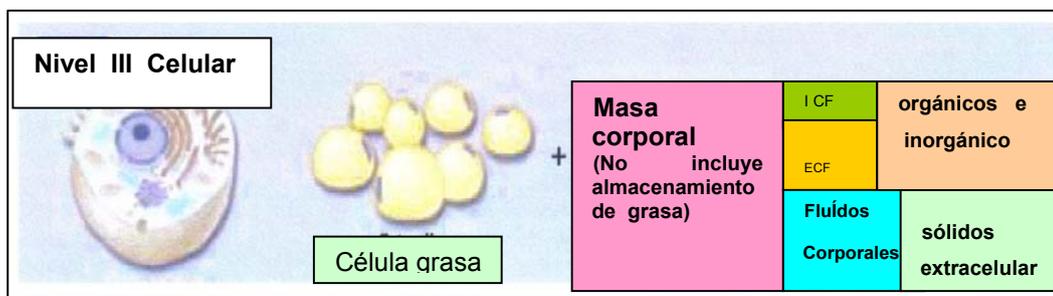


Figura 7. Componentes del Nivel celular (Wang, 1992, en Bouchard, 2000).

La masa compuesta por las células corporales, reúne el agua intracelular y los sólidos intracelulares. Es necesario señalar, que el potasio (K) es el principal sólido intracelular, y que en cambio el sodio (Na), es el principal sólido extracelular. Por lo tanto, en este nivel, el peso corporal del sujeto se puede reconstruir como la suma de los pesos de los compartimientos estimados:

Peso corporal (kg.) = células + líquidos extracelulares + sólidos extracelulares.

Los triglicéridos de los adipocitos, se excluyen de la estimación de la masa celular corporal, ya que este término se refiere a la porción protoplásmica activa de las células. Podríamos decir, en definitiva, que este nivel se considera compuesto por grasa, masa celular corporal, líquido extracelular y sólidos extracelulares (Rizzoli, 2006).

- Nivel anatómico (hístico-orgánico o tejidos-sistemas).

Este nivel de organización de la composición corporal integrar los componentes básicos del cuerpo humano, constituido por los siguientes compuestos: tejidos muscular, adiposo, óseo, piel, órganos y vísceras. Se incluyen dentro de las vísceras: el hígado, los riñones, el páncreas, el cerebro, el tracto gastrointestinal, el corazón y los pulmones; así como a los sistemas celulares (médula ósea, elementos celulares de la sangre), y residual (Fig. 8).

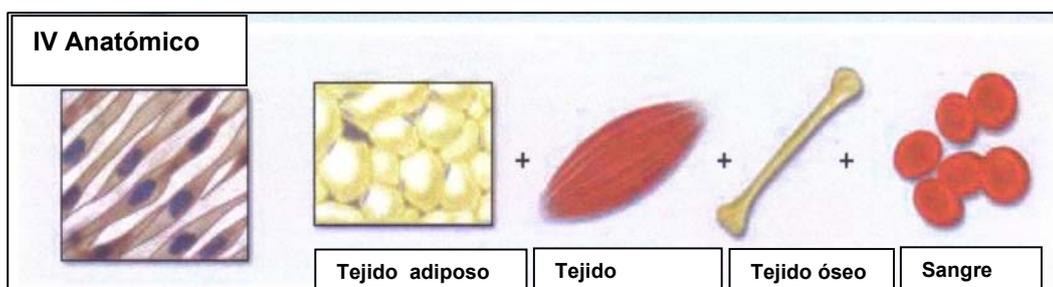


Figura 8. Componentes del Nivel anatómico (Wang, 1992, en Bouchard, 2000).

El tejido adiposo incluye a los adipocitos con fibras de colágeno, fibroblastos, capilares y líquido extracelular. Existen cuatro tipos de tejido adiposo: subcutáneo, visceral, intersticial, y medular óseo. Al igual que los niveles descritos anteriormente, el peso corporal del sujeto puede reconstruirse

a partir de la sumatoria de los pesos de los diferentes compartimientos estimados:

Peso corporal (kg.) = tejido adiposo + músculo esquelético + huesos + órganos y vísceras+ residual.

- Nivel global o cuerpo total.

Este nivel incluye propiedades y características del cuerpo como un todo (Fig. 9). Está compuesto por: masa, volumen, densidad, y superficie corporal. Gran parte de los trabajos de campo se realizan a este nivel de estudio (Rizzoli, 2006).

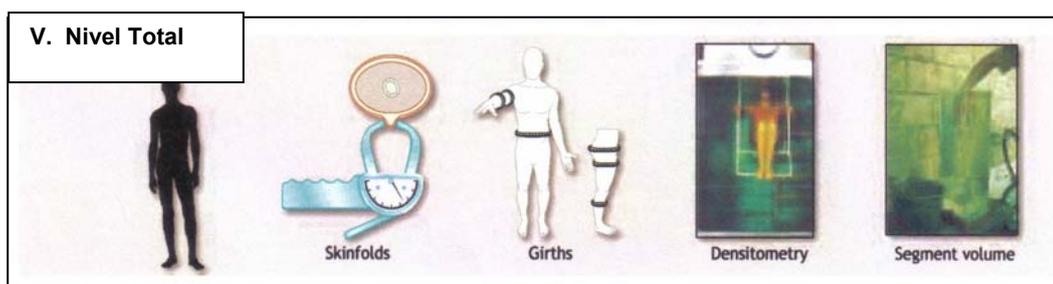


Figura 9. Componentes del Nivel Total (Wang, 1992, en Bouchard, 2000).

Cada uno de estos niveles descritos, representa la composición corporal humana, desde diferentes puntos de vista en su constitución, y como se mencionó anteriormente la suma de los subcomponentes da el peso total del cuerpo (Holway, 2003; Rizzoli, 2006; Sáez, 2004). No obstante, si tomamos la actividad física como uno de los factores principales, además de la edad, el crecimiento, el desarrollo corporal, la dieta, etc., que influyen sobre la composición corporal humana, el modelo molecular se presenta como el más práctico e idóneo para estudiar los componentes del organismo, y la forma en que éstos se modifican por la actividad física desarrollada. Este análisis tendrá una mayor o menor profundidad, según sea la complejidad y precisión con la que se realice.

Es así, como tenemos cinco posibilidades de estudio de la composición corporal, (Fig. 10), según se dividan o agrupen estos componentes del cuerpo (2, 3, 4 y 5 componentes).

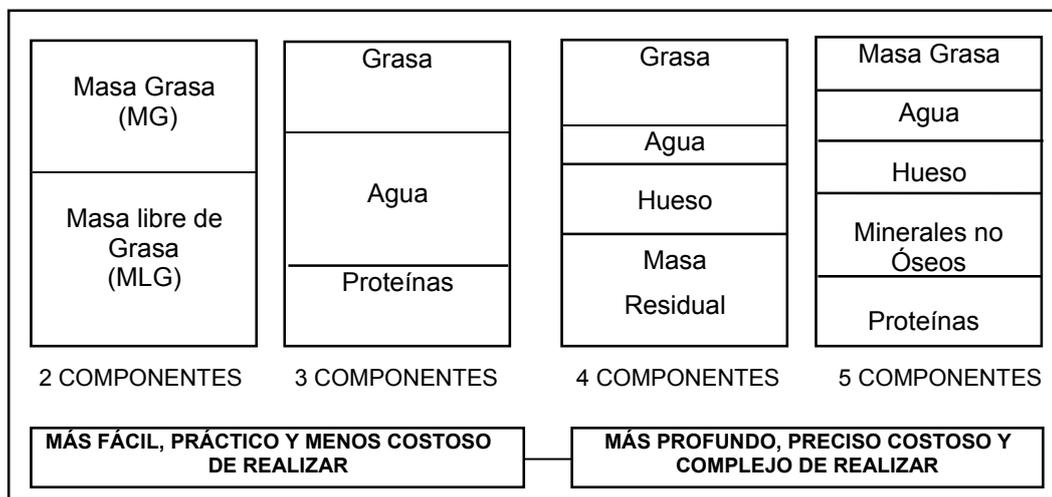


Figura 10. Diseños de la división corporal según los componentes (Nacleiro, 1997).

### 2.3.2. Determinación de la composición corporal.

La génesis de los estudios sobre los Componentes Corporales, se remonta a las primeras décadas del siglo XX, con la propuesta hecha en 1921, por Matiegka, quien en su interés por encontrar una relación entre la fuerza y la cantidad de masa muscular de un sujeto, propone una metodología antropométrica para fraccionar el peso corporal en cuatro componentes: peso graso, peso óseo, peso muscular y peso residual. Posteriormente, Behnke en el año 1939, para diferenciar la composición corporal de sus dirigidos, decidió que la densidad sería el método adecuado, basándose en que la grasa posee una densidad menor que la masa libre de grasa (MLG), teniendo como referencia los valores de densidad de 0,901 y 1,10 gm/ml, lo que le lleva a proponer la división del peso corporal en dos componentes concentrados en porcentaje de masa grasa (%MG) y porcentaje de masa libre de grasa (%MLG). Conceptos basados fundamentalmente en la difusión del nitrógeno en el tejido muscular.

Este autor, pensó en medir el volumen del cuerpo humano desarrollando entonces sus conceptos sobre la gravedad específica, por medio del principio de la física descubierto dos siglos antes por Arquímedes, el cual establece que, *“un cuerpo sólido es más pesado que uno líquido, y si es colocado dentro de éste tiende a la inmersión. Pesará dentro del líquido, el peso normal menos el peso del líquido desalojado”* (Holway, 2003).

Derivándose, de ello, la siguiente ecuación para determinar la densidad corporal:  $D_c = M_c/V_c$  (g/ml), de la cual, surgió la fórmula para determinar el porcentaje de masa grasa (%MG) quedando como  $M/D = MG/D_g + MLG/DMLG$ . Donde:

M/D: Masa sobre densidad de la masa.

MG: Masa grasa.

D<sub>g</sub>: Densidad de la masa grasa.

MLG: Masa libre de grasa.

DMLG: Densidad de la masa libre de grasa.

De esta manera, habiendo definido la relación entre la densidad y el porcentaje de grasa, y siendo la densidad la relación entre masa y volumen de un cuerpo, permite determinar su volumen, facilitando la estimación del fraccionamiento del peso corporal en un sistema de dos componentes, ya que no hay problemas para medir el peso. Es así como, a partir de la densidad corporal surgen dos de las ecuaciones más utilizadas para determinar el %MG. Se trata de la ecuación de Siri (1961), y de la ecuación de Brozerk et al (1963).

$$\text{Siri (1961). \%MG} = (4,95/DC - 4,50) * 100.$$

$$\text{Brozerk et al. (1963). \%MG} = (4,57/DC - 4,142)*100$$

Donde: GC = Porcentaje de grasa Corporal y DC= Densidad Corporal (Holway, 2002).

Los resultados obtenidos en su aplicación, son muy similares entre sí, cuando las densidades se encuentran entre 1,090 y 1,030 (Holway, 2003). Sin embargo, este mismo autor, agrega que en la actualidad aún no se ha podido solucionar el gran problema de la individualidad biológica, ante la gran variabilidad de la densidad de los componentes de la MLG. Por ejemplo, la densidad de la masa ósea se estima en 1,236 g/ml, considerándose como la parte más densa del organismo, no obstante, éste tiene su variación o diferencias significativas dependiendo de la edad, sexo y raza.

Según Holway (2002), existen tres suposiciones de constancia biológica para que este método funcione:

- 1) Que las densidades de la grasa y la MLG son 0,9 y 1,1 respectivamente en todos los sujetos.
- 2) Que las densidades de los componentes de la MLG son iguales en todos los seres humanos.
- 3) Que las proporciones de los componentes de la MLG son iguales en todos los sujetos.

Como ya se mencionó anteriormente, el cuerpo humano está conformado por múltiples sustancias (agua, grasa, músculos, huesos, etc.), pero de todas ellas, el agua es el componente mayoritario, ya que, constituye el 73,2% del peso corporal y en su mayor parte se encuentra en MLG o tejidos metabólicamente activos (tejido magro). Por tanto, su cantidad depende de la composición corporal y, en consecuencia, disminuye con la edad y es menor en las mujeres.

Al respecto, Holway (2002) cita los antecedentes entregados por Withers et al. (1986), y manifiesta que el agua corporal total es determinada mediante el conteo centellográfico de agua tritiada o con espectroscopía de absorción infrarroja y espectroscopía de masa de cociente isotópico, que tiene como finalidad medir los niveles de deuterio y agua. Para la realización de estos análisis es necesaria la ingestión de agua enriquecida.

Además del agua corporal, existen componentes fundamentales de nuestro cuerpo, como el tejido magro. Este tejido, equivale al 80% del peso total, en el que se encuentran incluidos todos los componentes funcionales del organismo implicados en los procesos metabólicamente activos. Su conformación es muy heterogénea e incluye: huesos, músculos, agua extracelular, tejido nervioso y todas las demás células que no son adipocitos o células grasas. La masa muscular o músculo esquelético, es el componente más importante de la MLG (50% del peso total) y es reflejo del estado nutricional de la proteína. La masa ósea, que forma los huesos, constituye un 14% del peso total y un 18% de la MLG (Holway, 2002). Es necesario conocer esta composición, debido a que las necesidades nutricionales están generalmente relacionadas con el tamaño de este compartimiento.

Holway (2002), manifiesta que el compartimiento graso, tejido adiposo o grasa de almacenamiento (20% del peso total), está formada por adipocitos. La grasa, que en la práctica se considera metabólicamente inactiva, dentro de sus funciones, tiene un importante papel en el metabolismo hormonal y en las reservas energéticas. Según su localización, podemos diferenciarla en: grasa subcutánea (debajo de la piel, donde se encuentran los mayores almacenes), y grasa interna o visceral. Ahora bien, según sus funciones en el organismo, puede también dividirse en: grasa esencial y grasa de almacenamiento.

En la actualidad (Holway, 2003), manifiesta que el cuerpo de un hombre joven, sano, con un peso de 65 kg., está formado por unos 11 kg. de proteína, 9 kg. de grasa, 1 kg. de hidratos de carbono, 4 kg. de diferentes minerales (principalmente depositados en los huesos), 40 kg. de agua y una cantidad muy pequeña de vitaminas.

Como se puede apreciar, el estudio de la composición corporal es un aspecto importante en la detección de la valoración del estado nutricional, pues permite cuantificar las reservas corporales del organismo y, por tanto, detectar y corregir problemas nutricionales como situaciones de obesidad, en las que

existe un exceso de grasa, o por el contrario, desnutriciones, en las que la masa grasa y la masa muscular podrían verse sustancialmente disminuidas. Así, a través del estudio de la composición corporal, se puede juzgar y valorar la ingesta de energía y los diferentes nutrientes, el crecimiento o la actividad física a realizar. Además, los nutrientes de los alimentos pasan a formar parte del cuerpo, por lo que las necesidades nutricionales dependen de la composición corporal (Holway, 2002).

Hoy en día, la estimación de la composición corporal en los niños, ha cobrado gran relevancia a causa de la creciente prevalencia, de la obesidad, en las primeras etapas de la vida y sus consabidos efectos adversos sobre la salud. Ello, ha motivado el desarrollo y aplicación de métodos sencillos para determinar la composición corporal, cuya aplicación y utilización sean viables en estudios poblacionales o de terreno, y especialmente como un instrumento de prevención en el ámbito escolar.

#### **2.4. Cineantropometría.**

El término Kinanthropometric o Cineantropometría, deriva de las raíces griegas Kinein (moverse), Anthropos (especie humana-hombre) y Metrein (medir).

Es muy antigua la curiosidad e interés del ser humano, por medir su cuerpo y expresar con partes del mismo, unidades de medidas (pies, brazadas, pulgadas, etc.). En este sentido, los antiguos egipcios basándose en la proporcionalidad, entre las partes del cuerpo y el todo, afirmaban que los miembros superiores equivalen a 8 dedos medios y el miembro inferior a 10 dedos medios. Por otro lado, en la antigua Grecia a Flavius Philostratos (200 a.C.), en su libro "Peri Gymnastiks" describe las proporciones ideales que debía tener un atleta para vencer en los Juegos Olímpicos.

Los primeros estudios que se realizan para conocer la composición corporal datan de mediados del siglo XIX (Hitchcok, 1861), citado por (Holway, 2003), quien estudia la evolución física de sus alumnos universitarios con la finalidad de establecer un tipo de físico ideal. Para ello, buscan las relaciones de altura, peso, envergadura y capacidad vital, dando inicio de esta manera al interés por estudiar la influencia de los factores antropométricos en la performance deportiva.

Con el advenimiento de los Juegos Olímpicos de la era moderna, estos tipos de estudios volvieron a ser la preocupación de los investigadores de esta área del conocimiento. Es así, como Bach, en el año 1926, demuestra la existencia de una fuerte correlación entre la contextura física y el rendimiento en las pruebas atléticas.

Sin embargo, es en 1972 cuando Ross, Hebbelinck, y Van Gheluwe & Lemmens, describen por primera vez la Cineantropometría. No obstante, su presentación oficial en el ámbito científico, fue en el Congreso Internacional de Ciencias de la Actividad Física, realizado en 1976 en Montreal, Canadá, con motivo de las Olimpiadas.

En la presentación realizada por Ross et al., (1976), en dicho congreso, se planteó la creación de una nueva disciplina, destinada a integrar en ella a todas las técnicas o disciplinas aisladas, que intentaban estudiar al hombre en función de sus medidas corporales y del movimiento. Con la finalidad de que estas mediciones corporales fueran realizadas de forma correcta y en los lugares indicados, se hicieron varias tentativas para estandarizar internacionalmente los métodos antropométricos, pero sólo se logró establecerlas inicialmente en 1976, a través del proyecto MOGAP (deportistas Olímpicos de Montreal), que tuvo como objetivo realizar un estudio antropométrico de todos los deportistas participantes en los Juegos Olímpicos de Montreal (Canadá), en 1976.

Esta metodología desarrollada por Behnke (1976), citado por Holway (2003), fue adoptada por la Cineantropometría, y ha sido aceptada mundialmente como un instrumento para el análisis y estudios de composición corporal, somatotipo, proporcionalidad, etc. En la actualidad, ésta es una de las técnicas más utilizadas para valorar la composición corporal, pues su simplicidad la hace apropiada para ser aplicada en grandes poblaciones, aunque requiere personal muy entrenado y una buena estandarización en las medidas. El objeto es cuantificar los principales componentes del peso corporal e indirectamente valorar el estado nutricional.

Podemos decir que, actualmente, la cineantropometría es una ciencia que estudia el cuerpo humano en cuanto a tamaño, forma, composición y proporciones, lo que permite obtener información sobre su crecimiento y desarrollo, utilizando para ello una serie de mediciones antropométricas, tales como: talla, longitudes corporales, perímetros, peso, pliegues grasos, entre otras. Dichas mediciones, al ser tratadas con diferentes ecuaciones, permiten predecir de forma parcial o total algunas de las variables morfológicas de la estructura humana, como: masa grasa, masa libre de grasa masa muscular estriada, masa ósea y masa residual.

Debido a la multiplicidad de su utilización, la cineantropometría, es reconocida también como una “ciencia integradora”, ya que es utilizada en áreas como: la nutrición, educación física y deportes, medicina, antropología, biomecánica, fisiología, ergonomía, endocrinología, pediatría y genética. De esta manera, la cineantropometría hace suya el ámbito de las Ciencias del Deporte, la Educación Física y la Medicina Deportiva Antropométrica, consolidándose, como una disciplina científica dedicada al estudio y análisis del cuerpo humano y su relación con sus dimensiones corporales, su proporcionalidad y maduración, logrando con ello un aumento del conocimiento sobre la composición corporal, el desarrollo corporal y su relación con el estado nutricional, la actividad física, y el rendimiento físico deportivo de un sujeto o un grupo de ellos.

A la hora de actuar, la cineantropometría, utiliza los métodos y técnicas que anteriormente caracterizaban a la antropometría dinámica, la antropometría fisiológica, la antropometría propiamente tal, y la biometría aplicada al deporte, incluyendo también en ello a la somatotipología y el análisis de diferentes aspectos del ser humano, en especial lo que se relaciona con su complejidad física. No obstante, ha desarrollado nuevos métodos basados en la cibernética, buscando principalmente caracterizar la diferencia entre individuos y grupos en función, sobre todo en su actividad motora, considerando primero la evaluación como un medio y no como un fin, y en segundo lugar como un proceso continuo, que proporciona información constante, aportando con ello una retroalimentación de los procedimientos, planes y programas establecidos con la finalidad de lograr el producto o metas finales deseadas. De esta manera, la evaluación se une al control y a la verificación del proceso realizado.

Por su parte, la antropometría, es considerada como la ciencia adoptada por la cineantropometría, la cual a través de sus técnicas de mediciones corporales, permite obtener los datos sobre las dimensiones corporales del ser humano, con fines comparativos y estadísticos. Su objetivo, es cuantificar los principales componentes del peso corporal e indirectamente valorar el estado nutricional mediante el empleo de medidas muy sencillas como peso, talla, longitud de extremidades, perímetros o circunferencias corporales, medida de espesores de pliegues cutáneos, etc. y, a partir de ellas, calcular diferentes índices que permitan estimar la MLG y la grasa corporal (Holway, 2003).

El término antropometría fue utilizado por primera vez por Elsholtz, en una serie de estudios morfológicos realizados en la Universidad de Padua, en el siglo XVII.

## 2.5. Métodos para determinar la composición corporal.

Los primeros antecedentes que se tienen sobre la inquietud y necesidad de estandarizar los protocolos de mediciones antropométricas, surgen en 1880 como producto del acuerdo de Frankfurt, posteriormente, en los congresos de Mónaco en 1902, y Ginebra en 1912, se describen técnicas para la medición y evaluación de 49 variables. En la década de los 60, el Internacional Biological Program (IBP), impulsado por Inglaterra, determina las normas de las mediciones corporales sobre el lado izquierdo del cuerpo, mientras que los norteamericanos utilizaban el lado derecho. En 1982 y 1991, Ross y Marfell-Jones, describen los protocolos actualizados del IWGK en *Physiological Testing of Elite Athletes*, teniendo como base las técnicas antropológicas clásicas utilizadas por los alemanes Martin & Saller (Holway, 2003).

Posteriormente, en 1988 Lohman, Roche, y Matorrell, representantes de la escuela norteamericana en la conferencia de Arlie (Virginia EEUU), publican el libro *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Por su parte, en Australia, el Laboratorio de Estándares y Medidas del Australian Institute of Sport, decide estandarizar la técnica y conocimientos de antropometría como parte del proyecto nacional de salud y deportes, y crea, bajo el mando del Dr. Chris Gore y con la técnica de Deborah Kerr, lo que en la actualidad corresponde a los cuatro niveles de acreditación establecidos por ISAK, para la formación y reconocimiento a nivel internacional de los antropometristas. El protocolo de mediciones se publica en el libro *Antropométrica* en 1996 el que luego se corrige y mejora en la publicación de ISAK *International Standards for Anthropometric Assessment*, 2001 (Holway, 2003).

A continuación se exponen sistemáticamente los diversos métodos cinantropométricos centrados en los siguientes autores: Siri, Faulkner, Durnin, Ross, Keer, Slaugther, Martin, Guedes, Penroe, y Pollock. Estos métodos utilizados para valorar la composición corporal del ser humano, pueden

clasificarse en función del modelo o nivel de organización al que correspondan (atómico, molecular, celular, anatómico o global), o al tipo de validación que les dio origen (directos, indirectos y doblemente indirectos) (Rizzoli, 2006).

### **2.5.1. Métodos directos.**

Estos métodos, analizan el problema con la finalidad de generar soluciones y antecedentes, que permitan la elaboración de técnicas más sencillas, que pueden ser utilizadas en la medición de grandes poblaciones.

- La disección de cadáveres.

Es un método basado en el procedimiento de la disección de cadáveres, y está considerado como único y válido, ya que no depende de supuestos teóricos. Al respecto, Holway (2003), manifiesta que ante la ausencia total de validación directa, frente a la proliferación de los métodos para estimar la composición corporal, llevó a Albert Behnke, al final del mayor congreso sobre composición corporal en 1963, a plantearse los siguientes interrogantes: ¿tenemos todas las técnicas? y ¿dónde están los hechos?

Dichos interrogantes, impactaron profundamente en los investigadores canadienses y belgas, los cuales decidieron realizar un estudio de composición corporal en cadáveres humanos. Esto se pudo llevar a efecto gracias a que las leyes belgas, permiten que sus ciudadanos donen sus cadáveres (con fines de experimentación científica) a las Universidades de su preferencia (Fig.11). La investigación fue realizada en la Universidad Vrije, de Bruselas, por J. Clarys, entre Septiembre de 1979 y Junio de 1980, y se publicó en 1984. Esta investigación constituyó la tesis de grado de tres investigadores de la Universidad de Vancouver, Canadá: Martín, Drinkwater & Marfell-Jones; citados por Holway, (2003). Esta tesis tuvo como finalidad tres objetivos claros:

- Ampliar la reducida base de datos sobre composición corporal en cadáveres humanos y obtener datos sobre los tejidos.
- Estudiar la efectividad de las ecuaciones para estimar la composición corporal, sometiendo los modelos actuales de estimación de la composición corporal a una validación directa.
- Generar nuevos modelos de composición corporal a partir de los datos obtenidos en el estudio.



Figura 11. Disección de cadáveres en Bruselas, Septiembre 1979 a Junio 1980. (Holway, 2003).

En primer lugar, se realizó un estudio piloto en dos cadáveres con la finalidad de determinar la metodología y las técnicas a aplicar. Posteriormente, se realizaron un total de 25 disecciones cadavéricas (12 varones, 13 mujeres), en ancianos belgas de entre 55 y 94 años de edad. Los cadáveres seleccionados, no habían sufrido procesos de catabolismo pronunciado previo a sus muertes, y estaban en buen estado (Holway, 2003; Garrido & González, 2005).

En el estudio se necesitaron, aproximadamente, tres días por cadáver, siguiendo las siguientes etapas:

- El primer día el cadáver era marcado y medido antropométricamente. Luego, éste era pesado hidrostáticamente y fotografiado con rayos X.
- El segundo día, y durante 10 a 14 horas, tenía lugar la disección anatómica en tejidos cutáneo, adiposo, muscular, residual (órganos y vísceras) y óseo.
- En el tercer día, estos tejidos eran pesados en tierra, e hidrostáticamente para determinar sus densidades (Drinkwater & Ross, 1984, citados por Holway, 2002).

Los resultados alcanzados fueron sorprendentes, sobre una muestra relativamente homogénea (ancianos belgas y caucásicos), la variabilidad entre proporciones de las masas libres de tejido adiposo fue la siguiente:

Masa muscular: 41,9 a 59,4%.

Masa ósea: 16,3 a 25,7%.

Masa residual: 24,0 a 32,4%.

Asimismo, la densidad de la masa ósea tuvo una variación entre un 1,15 y 1,33 g/cm<sup>3</sup>.

Estos descubrimientos han puesto en evidencia, que las presunciones de constancia biológica de los métodos de dos componentes químicos, sobre todo basados en la hidrodensitometría (HD), son totalmente inválidos y fuente de grotescos errores de estimación. Por lo tanto, dejan sin efecto las ecuaciones tanto de Siri (1961), como de Brozek, (1963), ambos mencionados por Holway (2002) y Sáez (2004). Éstas se basaban en la premisa ya mencionada de que, la densidad de la grasa y los tejidos libres de grasa, permanecían relativamente constantes (0,9 y 1,1g/ml., respectivamente). Por ejemplo, con una variación de un desvío estándar de la densidad de la masa libre de tejido adiposo de 0,020g/cm<sup>3</sup> (variación encontrada en cadáveres), el %GC puede variar entre un 8,33 y un 25,96% para alguien con una densidad corporal de

1.060g/cm<sup>3</sup> (Drinwkwater & Ross, 1984, citado por Holway, 2002 y Garrido & González, 2005).

A partir de los datos aportados por el estudio, se han generado nuevas ecuaciones para estimar la composición corporal. Estas se calculan a partir de variables antropométricas: perímetros, diámetros, longitudes y pliegues. A diferencia de los métodos anteriores, estos modelos matemáticos cuentan con validación directa en cadáveres. Autores en esta línea de investigación como Martin et al. (1990), desarrollaron ecuaciones de regresión para la estimación de la masa muscular y ósea (CUADRO 2).

CUADRO 2. Ecuaciones por género para determinar la Masa Muscular (Martin et al., 1990).

$$\text{MM (mujeres)} = 32,71\text{Ga}^2 + 4,155 \text{Gd}^2 + 4,090 \text{Gc}^2 - 2149 \text{ (r } 0.966; \text{SE} = 1472\text{g)}$$

$$\text{MM (hombres)} = 39,31\text{Ga}^2 + 9,669 \text{Gd}^2 + 1,048 \text{Gc}^2 - 7993 \text{ (r1; SE} = 408 \text{ g)}$$

Dónde:

MM: Masa Muscular.

Gb: Perímetro de pierna - pliegue cutáneo (cm).

Ga: Perímetro de brazo - pliegues cutáneos (bíceps + tríceps).

Gd: Perímetro de muslo - pliegue cutáneo.

Gc: Perímetro de brazo - pliegue cutáneo.

Garrido & González (2005), argumentan que, en muchas ocasiones, como en el deporte de elite, es más indicativa del rendimiento la masa muscular que la masa adiposa. Por lo tanto, al ser ecuaciones de regresión, los resultados obtenidos son representativos de la muestra (ancianos belgas), y al medir atletas se tiende a sobreestimar la masa muscular. Por tal motivo, al analizar minuciosamente la problemática de la estimación de tejido adiposo a partir de la toma de pliegues cutáneos, un investigador como Martin decidió no diseñar una ecuación para este tejido (Garrido & González, 2005; Holway, 2002 y 2003).

### 2.5.2. Métodos indirectos.

Estos métodos reciben también el nombre de Métodos “in vivo”. La razón, es que, para calcular cualquier parámetro lo hacen a partir de la medida de otro ya establecido y validado, presuponiendo una teórica y constante relación cuantitativamente entre ambas variables.

Entre estos métodos se destacan:

a) La densitometría o hidrodensitometría (HD).

Este método, realiza la determinación del peso corporal del ser humano por inmersión o hidrodensitometría, es una técnica validada, confiable y extensamente utilizada para determinar la composición corporal. Ha sido reconocido como el "patrón de oro" para el análisis de la composición corporal en seres humanos. Se fundamenta en el principio de Arquímedes, el cual se basa en que “un objeto sumergido en un líquido pierde una cantidad de peso equivalente al peso del líquido que es desplazado por el volumen del objeto”. Dicho principio se utiliza para estimar el volumen y la densidad corporal.



Figura.12. Medición del peso hidrostático o hidrodensitometría (Holway, 2003).

Debido a que la grasa corporal tiene una densidad más baja que la masa muscular y que la masa ósea, los sujetos más gordos tendrán una densidad total del cuerpo más baja que individuos que poseen más masa magra. En este caso, en la determinación de la composición corporal a partir de la medición de densidad corporal, el organismo es considerado como si estuviera formado por sólo dos compartimentos, uno que contiene la masa grasa (MG) y el otro la masa libre de grasa (MLG). En este caso, la masa grasa es simplemente el total de grasa del sujeto, y la masa libre de grasa incluye tejido visceral, agua y hueso. De esta forma, es posible aplicar ecuaciones que permitan obtener el porcentaje de grasa corporal, siendo las ecuaciones más frecuentemente utilizadas la de Siri (1961) y la de Brozek (1963), ambos citados por Holway (2003).

La densitometría o hidrodensitometría, nace en la década de 1940 gracias a los estudios de Behnke, fisiólogo de la armada naval estadounidense que trabajaba con buzos. Su preocupación era la retención de nitrógeno en la grasa, poniendo en riesgo la salud de los buzos. Buscó cuantificar la grasa mediante el cálculo de la densidad corporal, ya que, especulaba que su densidad era diferente de la masa libre de grasa (MLG). Para ello utilizó el test de densitometría.

La densitometría, es una técnica que tiene como finalidad determinar el peso hidrostático de un sujeto, para lo cual, primero se mide el peso del individuo fuera del agua (en el aire), estando seco, y luego se realiza la medición de la capacidad que tenga el sujeto en expeler todo el aire posible de sus pulmones, determinado con ello la capacidad residual pulmonar.

Posteriormente, el sujeto se sienta en una silla y es sumergido completamente en un estanque especial durante algunos segundos (Fig.12). Momento que se utiliza para ser pesado nuevamente bajo el agua. Con estos datos es posible calcular la densidad corporal (DC), a través de la siguiente ecuación (Sáez, 2004):

$$DC = \frac{(Ma)}{\frac{(Ma - Mw) - (Rv + 100)}{DW}}$$

Donde:

Ma = peso corporal en el aire (kg).

Mw = peso corporal en el agua (kg).

Dw = densidad del agua.

Rv = volumen residual pulmonar, y 100 cc., es la corrección para el aire atrapado en el tracto gastrointestinal.

El porcentaje se calcula matemáticamente a partir de las diferencias de densidades de la MG y la MLG. Para realizar esto, se debieron asumir tres conceptos básicos de constancia biológica:

- 1) Que las densidades de MG y MLG son 0,9 g/cm<sup>3</sup> 1,1 g/cm<sup>3</sup> respectivamente en todos los individuos.
- 2) Que los componentes de la MLG existen en proporciones fijas en todos los individuos.
- 3) Que las densidades de los componentes de la MLG son fijas en todos los individuos.

La enorme variabilidad individual en las proporciones y densidades de los componentes de la MLG, ha generado grandes dificultades para la estimación del porcentaje de masa grasa (%MG), incluso llegando a valores de %GC negativo. Intentos de remediar esto, derivaron en la formulación de más de 100 ecuaciones para estimar el %MG. Cada una de ellas representativa de una muestra poblacional específica, según: grupo etéreo, sexo, raza y nivel de actividad física.

b) Determinación del agua corporal total (ACT).

Holway (2002), citando a Pace et al. (1945), señala a este respecto, que existe evidencia de que los depósitos de triglicéridos no contienen agua, y que el agua ocupa una porción relativamente fija (73%) de MLG. Esto ha orientado investigaciones para determinar el agua corporal total (ACT), como indicador de la masa magra. El ACT, se determina con el conteo centellográfico de agua tritiada o con electroscopía de absorción infrarroja y espectroscopias de masa de cociente isotópico, que miden los niveles de trazadores, deuterio y H2180, para lo cual es necesario la ingestión de agua enriquecida (Winther et al., citados por Holway, 2002).

c) Determinación del potasio corporal total (PCT).

En el organismo existe en forma natural un isótopo de potasio, llamado K40, que emite radiaciones espontáneas a 1,46 Mev. Los análisis químicos, han demostrado que el potasio es un electrolito principalmente intracelular, que no está presente en los triglicéridos, pero si en la MLG y en proporción fija entre los individuos de 68,1 mmol/kg. (Winther et al., citados por Holway, 2002).

Este isótopo, emite una radiación gamma cuya medición externa permite estimar la masa en seres humanos. Ambos métodos, tienen una buena correlación con los datos obtenidos del estudio de cadáveres. Esta técnica utiliza el isótopo potasio 40 (K40), con la finalidad de conocer el potasio (K) corporal total, el cual al igual que el agua corporal forma parte de la MLG. Una vez determinado el K40, la masa muscular se puede estimar con una constante del contenido de potasio de la masa libre de grasa. La concentración de potasio puede variar con la edad y con la adiposidad; en los obesos la concentración de potasio en tejido muscular es más baja que en los no obesos (Rizzoli, 2006). Para su aplicación y medición, se requiere de una pieza especialmente construida y protegida para reducir las radiaciones externas, con sistemas de detección de rayos gama.

d) Determinación de la creatinina plasmática total.

Este es otro de los métodos de laboratorio, que tiene como base la medición de la creatinina endógena. Está relacionado con la síntesis de su precursor metabólico, y ya en 1948 Soberman, citado por Rizzoli, (2006), demuestra la directa proporcionalidad de la creatina corporal con la excreción de creatinina urinaria. Posteriormente, Boileau, en 1972, asocia el nivel de creatina urinaria con la proporción de masa muscular y masa magra. La creatinina es una proteína, producto del metabolismo proteico, que se deriva de la creatina, la cual se sintetiza en el hígado, páncreas y riñón. La creatina se degrada a creatinina, un producto no reutilizable que se excreta por la orina. El 98% de creatina se encuentra en el tejido muscular, en forma de creatinofosfato o fosfato de creatina. Por lo tanto, al ser un producto muscular, refleja el estado general de la masa muscular y disminuye en estados de depleción proteica; 1g. de creatinina urinaria equivale aproximadamente a 18g. de masa muscular. La excreción de creatinina disminuye con la edad, se incrementa en la infección aguda, trauma, dietas altas en proteína y no es válida en fallo renal; así mismo, existe una variación en la excreción individual hasta el 20% entre un día y otro, por lo cual su obtención supone para mayor seguridad una estricta recolección de orina de 24 horas durante tres días consecutivos (Rizzoli, 2006).

No obstante, este método tiene como desventaja factores como:

- La gran variabilidad intraindividual de excreción urinaria durante el día, sobre todo porque la creatinina es filtrada por el riñón.
- El tipo de dieta. La dificultad de recolectar la orina durante las 24 horas del día.

Comparando este método con la determinación del K-40, que tiene una alta correlación con la masa muscular real, este método presenta un error de 3

a 8 kg. de masa muscular, para sujetos de entre 60 y 100 kg. (Forbes et al., 1976, citados por Sáez, 2004).

Existe otro método, la medición de la excreción de 3 metil-histidina (aminoácido), que también permite estimar la masa muscular; es un marcador de la degradación de la proteína endógena. En este caso, las desventajas son las mismas que en el método anterior, además del alto costo y la complejidad del análisis. Este método tiene una alta correlación con el método del K-40, por lo que sería un indicador importante de la masa muscular.

e) Tomografía axial computarizada.

Utilizada como método para el análisis de la composición corporal, sólo es realizada en algunos sectores del cuerpo, ya que un estudio del total, implicaría un nivel de radiación muy importante.

El método brinda datos sobre la densidad de los tejidos, construyendo una imagen bidimensional, el grosor del corte, etc.; lo que a través de un programa computarizado permite estudiar la masa de cada uno de los tejidos (Holway, 2002). Esta técnica tiene como gran desventaja su alto costo.

f) Absorcimetría fotónica dual o por rayos X (DXA).

Conocida por las siglas DEXA, en inglés, es una técnica que se usa para estudiar el contenido mineral óseo, diferenciando por medio de diferentes niveles de acentuación de rayos, tejidos con un alto contenido de minerales pesados de aquellos, como la grasa, carentes de estos elementos.

La técnica consiste, en pasar en forma rectilínea sobre el cuerpo de un sujeto, que se encuentra tendido en una camilla en decúbito dorsal (Fig. 13). Un brazo de scanner, emite dos haces que surgen de una fuente de rayos X en lugar de una fuente radioactiva, consiguiendo, de esta forma, una mayor

precisión, que con la absorciometría fotónica dual (DPA). Al utilizar dos haces de distinta energía, puede corregir la atenuación producida por los tejidos blandos, al igual que la DPA. De esta manera, a través del estudio de la imagen, se determina el contenido mineral del cuerpo, dividiéndolo en tres componentes: tejido mineral óseo, y tejidos “blandos”, que a su vez se subdividen en tejidos blandos con electrolitos (MLG y hueso) y libre de ellos (MG).



Figura 13. Evaluación por absorciometría fotónica dual o por rayos X (DXA).

Este método puede analizar tejidos “blandos”, como el tejido graso, pero no puede discriminar la masa muscular. A pesar de esto, algunos expertos postulan este método como el nuevo “Gold Standard”, en reemplazo de la hidrodensitometría (Holway, 2002). No obstante, a pesar de que esta técnica es muy costosa, tiene una precisión importante en la determinación de la masa ósea, lo que permite correlacionar con datos obtenidos con ecuaciones antropométricas, y validarlas científicamente. Ibáñez (2003), añade que el aparato representa los valores de: masa ósea en  $\text{g}/\text{cm}^2$  (BMD), contenido mineral óseo en g (BMC), área ( $\text{cm}^2$ ), altura (cm.), y grosor (cm.) del área explorada. A continuación suministra los valores de referencia, BMD, en función de la edad, en una gráfica con tres líneas: 1) la de referencia, 2) +1 desviación estándar (DE) y 3) -1 desviación estándar. En otra tabla proporciona los valores T-score y Z-score en cada una de las localizaciones exploradas, así como los

porcentajes respecto a los valores del adulto joven y respecto al grupo de edad y sexo. Estos densitómetros tienen una alta precisión (0,5-2%), y han demostrado tener valor predictivo de fractura, (Ibáñez, 2003).

g) Resonancia magnética nuclear.

Esta técnica, consiste en una exploración radiológica que nace a principios de los años 80, y permite obtener imágenes del organismo de forma no invasiva, sin emitir radiación ionizante, y en cualquier plano del espacio. Tiene la facilidad de diferenciar, mejor que cualquier otra prueba de radiología, las diferentes estructuras anatómicas. Ahora bien, si se desea delimitar aún más las estructuras y partes del cuerpo, se pueden agregar contrastes paramagnéticos como el gadolinio.

Las imágenes, se obtienen mediante la estimulación del organismo a la acción de un campo electromagnético con un imán de 1,5 Tesla (equivalente a 15000 veces el campo magnético de la tierra). Este imán atrae a los protones que están contenidos en los átomos de los tejidos, que se alinearán con el campo magnético.

Holway (2002), afirma que esta técnica se fundamenta en que los núcleos anatómicos de las moléculas del cuerpo, muy especialmente los de hidrógeno (H), pueden comportarse como pequeños imanes y en consecuencia, alinearse según la dirección de un campo magnético aplicado externamente. Si, en esas condiciones, se hace pasar por el cuerpo una onda de radiofrecuencia, algunos núcleos absorben parte de su energía y cambian su orientación en el campo magnético. Cuando se interrumpe la onda de radio, los núcleos se desactivan emitiendo la señal de radio que antes absorbieron. En este momento, los protones vuelven a su posición original de relajación, liberando energía, y emitiendo señales de radio que son captadas por un receptor y analizadas por un ordenador que las transformará en una imagen global de la

emisión de los distintos átomos del sector del cuerpo estudiado (cada tejido produce una señal diferente), cuyos matices de intensidad reflejarán la composición de los tejidos involucrados (Holway, 2002).

En la resonancia magnética, las imágenes se realizan mediante cortes en tres planos: axial, coronal y sagital, sin necesidad de que el paciente cambie su posición. Las resonancias magnéticas atraviesan los huesos, por ello, se pueden ver muy bien los tejidos blandos. Este método no es invasivo, es decir, no irradia al sujeto, y tiene una capacidad de resolución muy superior a los demás métodos, por lo que, tal vez, pueda transformarse en el más efectivo, aunque el problema sigue siendo el elevado costo. Validar estrategias antropométricas a través de este método puede ser importante.

#### h) La interactancia infrarroja.

Esta técnica, basada en el principio de la absorción de la luz, reflectancia y espectroscopia por infrarrojo (para lo cual se usa un especto fotométrico computarizado), estima la composición corporal a través de la piel, rebota en la capa de grasa y es reflejada nuevamente al emisor que esta vez trabaja de receptor. Al igual que la BIE, sus resultados guardan correlación con la HD. Para el cálculo estimativo del %MG., es necesario el ingreso de datos como: la edad, peso, talla, sexo, y nivel de actividad física que posee el sujeto medido. Sin estos datos adicionales los valores varían significativamente. Este método supone que la grasa de la zona bicipital es representativa de la grasa corporal total (Holway, 2002).

#### i) La bioimpedancia eléctrica (BIE).

En el Congreso de Valoración de tecnología, realizado en Pensylvania en 1994 por el National Institute of Health y el Department of Health and Human Services (DHHS), se declara que la bioimpedancia (BIE), entrega una

estimación fidedigna en la medición del agua corporal total (ACT), existente en el cuerpo bajo la mayoría de condiciones. Por lo tanto, puede ser una técnica útil para el análisis de la composición corporal en personas físicas saludables (Rombeau, 1994).

La impedancia bioeléctrica o bioimpedancia eléctrica (BIE), está basada en las propiedades eléctricas de los tejidos en el organismo; esta conducción está relacionada con el contenido de iones libres de varias sales, bases y ácidos, con el agua y electrolitos intra y extra celular. Mientras la masa muscular es altamente conductora, la grasa y el hueso lo son muy poco. En general, la impedancia mide la masa libre de grasa determinando la diferencia en la conducción entre la grasa y la masa muscular. Ofrece una estimación real de la composición corporal bajo condiciones de hidratación normales, excepto en el paciente crítico debido a los cambios en su estado de hidratación y alteraciones en los fluidos que éste presenta. Es así como durante la última década, se ha desarrollado esta nueva técnica, que mide la MLG basándose en las propiedades eléctricas de los tejidos biológicos. La bioimpedancia, es considerado un método seguro, no invasivo, económico y preciso de medición de la composición corporal (MG, MLG y ACT), en adultos y en niños sanos. Además presenta muchas ventajas sobre otros métodos, porque es segura, de bajo costo, portátil, rápida, fácil de realizar y requiere de una mínima experiencia del operador. La técnica se ha difundido ampliamente en hospitales, centros de salud y estudios de campo. Sin embargo, para ser utilizada correctamente, el usuario debería conocer la técnica y su uso (Filozof, 2004).

En laboratorio, (Fig.14), la aplicación de la BIE, se realiza mediante la ubicación del paciente en decúbito dorsal en una camilla, con una leve abducción de sus miembros, realizando una limpieza de la piel, en la zona en que serán ubicados los electrodos. Dos se colocarán en el dorso de las manos y dos en el dorso de los pies. La medición se repite 2 ó 3 veces. A través de

ellos estos electrodos se emiten entre 500 y 800  $\mu\text{A}$  de corriente alterna a una frecuencia fija de 50 Khz (Filozof, 1994).



Fig.14. Medición de la grasa corporal mediante bioimpedancia eléctrica (BIE).

En los últimos 15 años, se ha difundido la aplicación de la BIE para la medición de agua corporal total (ACT). El principio básico de la BIE se basa en: la impedancia de un conductor geométrico isotópico el cual se relaciona con su longitud y configuración, con el área de sección transversal y una frecuencia de señal específica (Filozof, 2004).

En relación con este método, autores como Holway (2003) y Filozof (1994), destacan que los electrolitos que conducen electricidad sólo se encuentran en la MLG, y en consecuencia, la resistencia al paso de una corriente leve a través del cuerpo sería indicativa de la MLG, calculándose la MG por defecto. Los resultados de la BIE tienen una alta correlación con la densidad hidrodensitometría (HD).

### **2.5.3. Métodos doblemente indirectos.**

Sáez (2004), manifiesta que, los métodos doblemente indirectos, son la resultante de ecuaciones derivadas de algún método indirecto, en las cuales se encuentran las fórmulas bi-compartimentales basadas en la medición de los pliegues cutáneos para estimar el contenido lipídico corporal total. Estas fórmulas gozan de gran popularidad, debido a su bajo costo y fácil aplicación.

En estos métodos se utilizan básicamente las medidas de pliegues cutáneos, diámetros óseos y perímetros musculares. Entre estos, encontramos métodos que realizan el fraccionamiento del peso corporal en: dos, tres, cuatro, y cinco componentes.

#### **2.5.3.1. Fraccionamiento en dos componentes o bicompartimental.**

Fundamentalmente, este método, tiene como finalidad determinar, principalmente, el porcentaje de masa grasa (%MG). Esta técnica, asume la existencia de una densidad constante de la masa corporal grasa y magra o masa libre de grasa (MLG). De esta manera, una vez que el porcentaje de MG es calculado, el %MLG puede ser derivado de la siguiente fórmula:  $\%MLG = 100 - \%GC$ . Así, conociendo el peso del sujeto, pueden deducirse también los kilogramos de grasa y masa corporal magra.

Es evidente, que la simplicidad de esta metodología de cálculo, ha permitido la proliferación de ecuaciones basadas en mediciones antropométricas para estimar la grasa corporal total. Es así, como Rizzoli (2006), asegura que existen más de cien ecuaciones en la literatura especializada para la predicción de la densidad corporal y consecuentemente, del %MG, a partir de distintas mediciones antropométricas. Este mismo autor, señala, que este hecho refleja hasta que punto cada ecuación resulta específica

de la población que le dio origen. En este sentido, Rizzoli (2006), afirma que la especificidad de las fórmulas de predicción de %MG a través de la medición de pliegues cutáneos es, en parte, el resultado de amplias variaciones en la comprensibilidad del tejido, de las relaciones entre adiposidad interna y subcutánea, y de la composición del tejido adiposo.

En este caso, los parámetros antropométricos más usados son los pliegues cutáneos y los perímetros, los cuales son la base para calcular el porcentaje de grasa corporal, utilizando, para ello, las ecuaciones de regresión antes mencionadas. Sin duda, la medición de pliegues cutáneos brinda una información relativamente precisa y directa del espesor de la piel y el tejido adiposo subyacente (predominantemente grasa), por lo que tiene una validez considerable. Además, el hecho de la facilidad para realizar la medición de los pliegues ha promovido el uso de calípers (también denominados plicómetros), mediante los que se indica la valoración de los pliegues cutáneos como el método indirecto más razonable para la determinación del % MG. No obstante, lo que en realidad medimos con esta técnica, es el grosor de un doble pliegue de piel y tejido adiposo subcutáneo comprimido. Sin embargo, Rizzoli (2006), afirma que la determinación del %MG total a partir de estas mediciones implica una serie de suposiciones cuestionables.

Todas las ecuaciones de predicción, son validadas por técnicas cuyos errores indefectiblemente se suman a aquellos inherentes al uso del calíper. En razón de este hecho, la corriente actual dentro de la cineantropometría, es la de usar directamente los datos de los pliegues cutáneos, en lugar de intentar hacer estimaciones de la composición total del cuerpo a través de las ecuaciones de regresión. Estos pliegues, son indicadores por sí mismos del estado estructural, y pueden ser usados para monitorear cambios en el crecimiento, el ejercicio, la dieta, etc. Entre estos métodos, encontramos los protocolos propuestos por Faulkner (1968), Jackson & Pollock (1978), y Slaughter (1988), citados por Fernández (2003).

- Protocolo de Faulkner (1968) (citado por Fernández, 2003).

En este caso, el autor, utiliza la fórmula de Yuhasz desarrollada en 1962, y posteriormente modificada por Faulkner, determinando el %MG a través de la ecuación siguiente:

$$\% \text{ Grasa} = ((\Sigma \text{ de 4 pliegues}) \times 0,153) + 5,783$$

En la aplicación de esta metodología (Faulkner, 1968), citado por Fernández (2003), utiliza como referencia la suma de cuatro pliegues cutáneos: tríceps (TR), subescapular (SB), supra-ilíaco (SI), y abdominal (AB).

Los índices 0,153 y 5,783, corresponden a constantes referidas a los valores de muestra de la población estudiada por Faulkner, (1968), relacionando de esta manera: estatura, tipo de huesos y otras variables étnicas y ambientales (el estudio fue realizado en nadadores). En este caso, para determinar el peso de Grasa en Kg., se propone la siguiente ecuación:

$$PG = \%MG \times \text{Peso Corporal} / 100$$

La determinación de la Masa libre de grasa (MLG), se realiza mediante la siguiente ecuación:  $MLG = \text{Peso Corporal} - PG$  (peso graso), y el cálculo de Peso Ideal (kg), se realiza aplicando la fórmula:  $PI = MLG \times \text{constante}$ , según los índices señalados en el CUADRO 3.

CUADRO 3. Índices para el cálculo de la masa libre de grasa (Faulkner, 1968).

Nadadores = 1,09.
Futbolistas = 1,12.
Otros deportes y mujeres = 1,14.

- Método de Slaughter (1988).

Este método, se caracteriza porque está destinado a determinar el %MG en niños y niñas adolescentes (de 7 a 18 años), utilizando para ello la suma de

los pliegues cutáneos Tríceps y Subescapular. Basado en esto, presenta la proposición de ecuaciones de regresión para estimar el %MG en niños con diferentes niveles de maduración, como de igual forma hace la diferencia étnica entre niños negros y blancos. No obstante, también ofrece la alternativa de la determinación del %MG para niños y niñas de ambos aspectos raciales y de cualquier nivel de madurez.

A continuación, presentamos los procedimientos utilizados en la aplicación de las ecuaciones pertinentes según el nivel de maduración y etnia.

Nivel de maduración, niños blancos:

$$\text{Pre púber: } \%MG = 1,21 (X2) - 0,008 (X2)^2 - 1,7$$

$$\text{Púber: } \%MG = 1,21 (X2) - 0,008 (X2)^2 - 3,4$$

$$\text{Post púber: } \%MG = 1,21 (X2) - 0,008 (X2)^2 - 5,5$$

Nivel de maduración niños y muchachos negros:

$$\text{Pre púber: } \%MG = 1,21 (X2) - 0,008 (X2)^2 - 3,5$$

$$\text{Púber: } \%MG = 1,21 (X2) - 0,008 (X2)^2 - 5,2$$

$$\text{Post púber: } \%MG = 1,21 (X2) - 0,008 (X2)^2 - 6,8$$

Para el caso de la determinación del %MG a niños y niñas de ambos aspectos raciales y de cualquier nivel de madurez, la ecuación a utilizar es la siguiente:

$$\% MG = 1,33 (X2) - 0,013 (X2)^2 - 2,5$$

Slaughter, también señala que cuando la sumatoria de los valores del espesor de los pliegues cutáneos sea superior a 35mm., será utilizada sólo una ecuación para cada sexo, independiente de la raza y del estado de maduración:

$$\text{Niños} = \%MG = 0,783 (X2) + 1,6$$

$$\text{Niñas} = \%MG = 0,546 (X2) + 9,7 \text{ (Fernández, 2003).}$$

- Método de Jackson & Pollock et al. (1978 y 1980). 5 pliegues cutáneos.

En este caso los pliegues cutáneos utilizados son: pectoral, abdominal, muslo, tríceps, supra-ilíaco. Además, para la determinación de la densidad corporal se utilizan las siguientes ecuaciones:

Densidad corporal para hombres:

$$DC = 1,1093800 - 0,0008267(X1) + 0,0000016 (X1)^2 - 0,0002574 (X3)$$

Densidad corporal para mujeres:

$$DC = 1,0994921 - 0,0009929(X2) + 0,0000023 (X2)^2 - 0,0001392 (X3)$$

Donde:

X1 =  $\sum$  DC Pectoral, Abdominal y Pierna.

X2 =  $\sum$  DC Tríceps, Supra-ilíaco y Pierna.

X3 = Edad en años.

Finalmente para el cálculo del porcentaje de grasa se aplica la ecuación de Siri.  $G\% = [(4,95 / DENS) - 4,50] \times 100$ .

- Método de Jackson & Pollock, (1978). 7 pliegues cutáneos.

En esta oportunidad se utilizan los siguientes pliegues cutáneos: tríceps, subescapular, pectoral, axilar medio, supra-ilíaco, abdomen y muslo.

Para el cálculo de la densidad corporal se utilizan las siguientes ecuaciones, según género:

Hombres adultos:

$$Dc = 1,11200000 - 0,00043499 (\Sigma 7DC) + 0,00000055 (\Sigma 7 DC)^2 - 0,0002882 (\text{Edad}).$$

Mujeres adultas:

$$Dc = 1,0970 - 0,00046971 (\Sigma 7 DC) + 0,00000056 (\Sigma 7 DC)^2 - 0,00012828 (\text{Edad}).$$

Al igual que en la metodología anterior para la determinación del %MG, se aplica la fórmula de Siri (Fernández, 2003).

De estas evaluaciones, surgen las TABLAS 1 y 2, propuestas por Pollock & Willmore (1993), citados por Fernández (2003), para hombres y mujeres, en edades de 18 a 65 años, obteniéndose, de esta manera, directamente, el porcentaje de masa grasa (%MG).

TABLA 1. %MG para hombres. Pollock & Willmore(1993),citado por Fernández(2003).

NIVEL	EDAD				
	18 – 25	26 – 35	36 – 45	46 – 55	56 – 65
Excelente	4 a 6 %	8 a 11%	10 a 14 %	12 a 16 %	13 a 18 %
Bueno	8 a 10%	12 A 15 %	16 a 18 %	18 a 20 %	13 a 18 %
Encima de la Media	12 a 13 %	16 a 18 %	19 a 21%	21 a 23 %	22 a 23 %
Media	14 a 16 %	18 a 20%	21 a 23 %	24 a 25 %	24 a 25 %
Abajo de a Media	17 a 20 %	22 a 24 %	24 a 25 %	26 a 27 %	26 a 27 %
Pobre	20 a 24 %	24 a 27 %	27 a 29 %	28 a 30 %	28 a 30 %
Muy Pobre	26 a 36 %	28 a 36 %	30 a 39 %	32 a 38 %	32 a 38 %

TABLA 2. %MG para mujeres. Pollock & Willmore (1993), citado por Fernández (2003).

NIVEL	INTERVALO DE EDAD				
	18 – 25	26 – 35	36 – 45	46 – 55	56 – 65
Excelente	13 a 16 %	14 a 16 %	16 a 19 %	17 a 21 %	18 a 22 %
Bueno	17 a 19 %	18 a 20%	20 a 23 %	23 a 25 %	24 a 26 %
Encima de la Media	20 a 22 %	21 a 23 %	24 a 26%	26 a 28 %	27 a 29 %
Media	23 a 25 %	24 a 25 %	27 a 29 %	29 a 31 %	30 a 32 %
Abajo de a Media	26 a 28 %	27 a 29 %	30 a 32 %	32 a 34 %	33 a 35 %
Pobre	29 a 31 %	31 a 33 %	33 a 36 %	35 a 38 %	36 a 38 %
Muy Pobre	33 a 43 %	36 a 49 %	38 a 48 %	39 a 50 %	39 a 49 %

### 2.5.3.2. Fraccionamiento en cuatro componentes.

En este caso, se citan tres de los métodos más utilizados para este tipo de fraccionamiento. Uno de estos, es el método de Durning & Womersley (1974); otro método se corresponde a la técnica propuesta por Guedes (1985), citado por Fernández (2003), el cual, fue utilizado en la determinación de fraccionamiento corporal de los deportistas brasileños; y otro, es la técnica propuesta por Drinkwater et al. (1978), a partir de la utilización del modelo del índice Z de Phanton.

- Método de Durning & Womersley (1974).

En este método, el fraccionamiento del peso corporal se realiza mediante el cálculo de la Masa grasa (MG), Masa ósea, Masa residual y Masa muscular estriada.

El %MG se basa en establecer la densidad corporal del sujeto, teniendo como referencia densidades predeterminadas según edad y sexo, las cuales se presentan en las TABLAS 3 y 4. Para completar la ecuación, se debe realizar la medición de cuatro pliegues grasos (bíceps, tríceps, subescapular y suprailíaco), según protocolo determinado por la International Society for Advancement in Kineantropometry (ISAK, 2001). Para el cálculo de la densidad se utiliza la siguiente fórmula:

$$D = B * (( \log ( P1+ P2 + P3 + P4 )) - A$$

Dónde:

D : Densidad corporal expresada en gr/ml.

A : Punto de intersección (constante).

B : Punto de inclinación de la pendiente (constante).

P1: Pliegue bicipital.

P2: Pliegue tricipital.

P3: Pliegue subescapular.

P4: Pliegue suprailíaco.

La determinación de la densidad corporal y el porcentaje de masa grasa, se calculan utilizando la fórmula de Siri:

$$\%MG = (( 4,95 / D ) - 4,5 ) * 100$$

En estudios realizados en Chile por Apud & Jones (1980), se comprobó la validez de las ecuaciones para el cálculo de la densidad en la población chilena. Esto permitió determinar la validación de la fórmula general y junto con ello, la decisión de mantener los coeficientes originales propuestos por Durning & Womersley (1974). Como producto de este estudio, surge la propuesta de la ecuación de regresión para el cálculo de la densidad corporal, para hombres y mujeres, a partir de los 12 años hasta más de 50 años.

El peso óseo se determina mediante la ecuación propuesta por Von Döblen y modificada por Rocha, correspondiente a:

$$\text{Peso óseo} = 3,02 * (H^2 * R * F * 400)^{0.712}$$

Dónde:

Peso óseo es determinado en Kg.

H = estatura, expresada en metros.

R = diámetro biestiloideo, expresado en metros.

F = diámetro biepicondiliano de fémur, expresado en metros.

Con la finalidad de evitar la conversión de la medida de los diámetros de radio (R) y Fémur (F) a metros, se propone la siguiente modificación a la ecuación de Rocha (Díaz, 1999).

$$\text{Peso óseo} = 3.02 * ( h^2 * R * F / 25 )^{0.712}$$

El peso residual se estructura a partir de la relación propuesta por Worch (1967), citado por Berral et al. (2004), que es de: 24.1 para los hombres, y de 20.9 para las mujeres.

$$\text{Hombres: PR} = \text{PT} \times (24.1 / 100)$$

$$\text{Mujeres: PR} = \text{PT} \times (20.9 / 100)$$

Donde:

PR = peso residual.

PT = peso total.

El peso muscular es definido por la ecuación derivada de la fórmula básica de Matiegka, siendo conocidos los pesos de la masa grasa, ósea, residual y total.

$$\text{PME} = \text{PT} - (\text{PG} + \text{PO} + \text{PR})$$

Donde:

PME = peso de la masa muscular estriada en Kg.

PC = peso corporal.

PG = masa grasa.

PO = masa ósea.

PR = masa residual.

TABLA 3. Ecuaciones de densidad para varones de < 12 a más de 50 años. (Apud & Jones, 1980).

		A	B			
< 12	años	= 1.1447	- 0.0612	por	log $\Sigma$ de 4 plig.	
>12	a <17	años	= 1.1533	- 0.0643	por	log $\Sigma$ de 4 plig.
17	a 19	años	= 1.1620	- 0.0630	por	log $\Sigma$ de 4 plig.
20	a 29	años	= 1.1631	- 0.0632	por	log $\Sigma$ de 4 plig.
30	a 39	años	= 1.1422	- 0.0544	por	log $\Sigma$ de 4 plig.
40	a 49	años	= 1.1620	- 0.0700	por	log $\Sigma$ de 4 plig.
50	y más	años	= 1.1715	- 0.0779	por	log $\Sigma$ de 4 plig.

TABLA 4. Ecuaciones de densidad para damas de 12 a más de 50 años.  
(Apud & Jones, 1980).

		A	B			
< 12	años =	1.1309	- 0.0587	por	log	Σ de 4 plig.
12 a 17	años =	1.1369	- 0.0598	por	log	Σ de 4 plig.
16 a 19	años =	1.1599	- 0.0717	por	log	Σ de 4 plig.
20 a 29	años =	1.1423	- 0.0632	por	log	Σ de 4 plig.
30 a 39	años =	1.1333	- 0.0612	por	log	Σ de 4 plig.
40 a 49	años =	1.1339	- 0.0645	por	log	Σ de 4 plig.
50 y más	años =	1.1549	- 0.0678	por	log	Σ de 4 plig.

En las TABLAS 3 y 4, se presentan las diferentes ecuaciones propuestas por Durning & Womersley (1974), para determinar el %MG en hombres y mujeres, respectivamente. Además, existe la posibilidad de determinar directamente el porcentaje de grasa corporal de forma abreviada, a partir de la suma de cuatro pliegues cutáneos, en función del sexo y grupos de edad, para lo que se recomienda utilizar las tablas de sumatoria de pliegues para hombres y para mujeres en forma separada (ver Anexo 1 pág. 149).

- Método de Guedes (1994). (citado por Fernández, 2003).

Esta propuesta es de origen brasileña, y fue realizada con una muestra del sur del país. En este caso, para la determinación del porcentaje de MG ofrece dos alternativas, una corresponde a la utilización de tablas preestablecidas, tanto para mujeres como para hombres, y la segunda alternativa corresponde a la aplicación de las siguientes ecuaciones:

Hombres:  $DENS = 1.17136 - 0,06706 \log (TR + SI + AB)$

Mujeres:  $DENS = 1.16650 - 0,07063 \log (MO + SI + SB)$

Donde:

DENS = Valor de la densidad corporal.

TR = Espesor del pliegue cutáneo tricipital.

SI = Espesor del pliegue cutáneo suprailíaco.

AB = Espesor del pliegue cutáneo abdominal.

MO = Espesor del pliegue cutáneo del muslo.

SB = Espesor del pliegue cutáneo subescapular.

Para el cálculo del %MG se utiliza la fórmula de Siri:

$$\%MG = [(4,95 / d) - 4,5] \times 100$$

- Método de Drinkwater (1978).

Este método también considera la ecuación de Matiegka, citada anteriormente, para el fraccionamiento del peso corporal total (PCT), en cuatro componentes. Los valores de estos componentes se obtienen mediante la medición y análisis de las siguientes medidas antropométricas:

- Masa de grasa. Pliegues cutáneos de: tríceps, subescapular, abdominal, muslo y medial de la pierna.
- Masa ósea. Diámetro óseo biepicondilo de: húmero, fémur, radio cubital y tobillo.
- Masa muscular. Perímetro de: brazo (no contraído), antebrazo, tórax, muslo y pierna.
- Masa residual. Diámetro biacromial, transverso de tórax, antero-posterior de tórax y bi-ilíaco.

En el fraccionamiento del peso corporal de un individuo, Drinkwater (1978), determina el índice Z de cada una de estas medidas y posteriormente el índice Z promedio de cada compartimiento. Este índice Z promedio es aplicado

en la siguiente fórmula, derivada de la ecuación propuesta por Rose & Wilson en 1984, para el cálculo de la masa.

$$M = \left[ (zxs) + p \right] / \left[ 170.18/H \right]^3$$

Dónde:

- M = Masa del compartimiento en kg.
- Z = Media de los índices Z de la variable de cada compartimiento.
- S = Desviación estándar de la masa del compartimiento en el modelo.
- H = Altura del individuo estudiado.
- P = Peso corporal.

Es así, que en la investigación realizada con 309 atletas olímpicos masculinos y 148 femeninos, participantes en los Juegos Olímpicos de Montreal de 1976, Drinkwater, encontró un error absoluto de apenas 5% de la suma de los componentes, comparando con el peso de cada atleta, lo que le permitió validar el método.

La determinación de la densidad corporal por medios indirectos se ha basado con éxito en la medición de pliegues cutáneos. Para determinar la densidad corporal se emplea una relación logarítmica de la forma general.

$$d = A - (B * \log \sum 4 PIs)$$

Dónde:

- d = Densidad en gr/ml.
- A = Constante dependiente del rango de edad y sexo.
- B = Coeficiente dependiente del rango de edad y sexo.
- P1 = Pliegue Bicipital.
- P2 = Pliegue Tricipital.
- P3 = Pliegue Sub Escapular.
- P4 = Pliegue Supra Iliaco.

### 2.5.3.3. Fraccionamiento en Cinco Componentes.

- Metodología de Escala de O (O-Scale System). Ward et al (1989).

Este método fue creado por Ross et al., en el año 1989, todos académicos de la Universidad de Simón Fraser, Canadá, y surge con el propósito de ofrecer al profesional de la Actividad Física, una alternativa para evaluar el estado físico, y controlar los programas de fitness y entrenamiento deportivo de sus dirigidos.

El estudio se basa en datos obtenidos de 25.000 canadienses. El Sistema de Escala "O", constituye una referencia estable para la determinación del estado morfológico y la monitorización de los cambios. Permite la comparación de los datos del paciente, con los obtenidos en otras determinaciones anteriores, con la de cualquier otro sujeto o con los valores medios de cualquier grupo muestra (Ross & Kerr, 1993).

Es un sistema de ajuste utilizando similitud geométrica, la cual llega a estimaciones de la obesidad, basada en la medición de pliegues, altura del vértex y el peso proporcional. Para su aplicación reducida, se hace necesario conocer el peso, la estatura, y seis pliegues grasos (tríceps, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo y medial de la pierna), además de tres perímetros (bíceps relajado, abdominal o cintura y gemelo). Estas variables permiten determinar la adiposidad relativa (AR), la contribución relativa de cada pliegue graso (Arpt) y el peso proporcional (PP), para lo cual se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$AR = \sum 6 \text{ plieg.} * (170,18/h)$$

Dónde:

179,18 = Estatura media del phantom.

h = Estatura del sujeto.

6 plieg = Sumatoria de seis pliegues grasos.

$$AR(pt) = X \cdot (170,18/h)^3$$

Dónde:

pt = Contribución parcial de cada uno de los pliegues utilizados.

X = Un pliegue en particular en cm.

El peso proporcional, corresponde al peso que pesaría un sujeto si midiera 170,18 cm., para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$PP = p \cdot (170,18/h)^3$$

Dónde:

p = Peso corporal de individuo en estudio.

Este sistema clasifica la adiposidad relativa, el peso proporcional y el aporte relativo de cada pliegue graso en nueve categorías, las cuales corresponden a los percentiles: 4 - 11 - 23 - 40 - 60 - 77 - 89 y 96.

En este caso, el sistema nos entrega una referencia estable para la determinación del estado morfológico de un sujeto, y las posibilidades de monitoreo sobre los cambios producidos en el tiempo, realizando comparaciones de los datos iniciales de un programa de acondicionamiento de un individuo, comparándolos con datos obtenidos en otras determinaciones realizadas con anterioridad.

Por su parte, la versión larga agrega, a las mediciones mencionadas anteriormente, los pliegues de bíceps y suprailiaco, además de siete perímetros

(bíceps contraído, antebrazo, muñeca, pectoral, glúteo, muslo, y tobillo) y los diámetros de húmero y fémur.

- Método de Débora Kerr (1988).

Este modelo de fraccionamiento del peso corporal propuesto por D. Kerr, se fundamenta en que los indicadores antropométricos de las masas tisulares, se inician a partir del modelo Panthon, para ello, la validez del método se basa en los siguientes criterios:

- a) La capacidad del método para predecir la masa corporal a partir del fraccionamiento de ésta en cinco componentes, involucrando por igual a ambos sexos, a cualquier nivel etario, y sin depender de su condición física del momento.
- b) El segundo criterio, corresponde a la concordancia con las masas tisulares obtenidas mediante la disección de 25 cadáveres (12 varones y 13 damas), utilizados en su tesis doctoral por Martín & Drinkwater (1984), de la Simón Fraser University (Canadá).

Como ya hemos explicado anteriormente, este método propone el fraccionamiento corporal en cinco partes: piel, tejido adiposo, músculo, huesos, y tejido residual.

- Piel. Esta fracción corresponde a la masa anatómicamente diseccionable de tejido conectivo, músculo liso, algo de músculo estriado superficial, pelo, glándulas, tejido adiposo asociado, nervios y vasos sanguíneos con sangre coagulada. Considerándose la piel, de esta manera, en función de: la superficie corporal, el grosor y la densidad de la misma. Al respecto, Mazza (1993), manifiesta que los datos obtenidos de cadáveres, muestran que la superficie de la piel disecada obtenida es mayor en hombres que en mujeres. Además, agrega que en relación a lo esperado, se calcularon nuevas variables

para las relaciones dimensionales de  $M$  0.425 y  $H$  0.725 para la fórmula de superficie corporal de Dubois & Dubois (1916), citado por Mazza (1993). Por lo tanto, el grosor de la piel fue estimado basado en la relación de la masa de ésta, obtenida respecto a la superficie de piel disecada, multiplicada por la densidad de la piel obtenida.

- Tejido adiposo. Es considerado como el tejido separable por disección e incluye: la mayor parte del tejido adiposo subcutáneo, el tejido adiposo que rodea a los órganos y las vísceras, y una pequeña cantidad de tejido adiposo intramuscular.
- Músculo. Incluye todo músculo esquelético del cuerpo, anexando el tejido conectivo, ligamentos, nervios, vasos sanguíneos, y sangre coagulada, además del tejido adiposo imposible de separar del cuerpo.
- Huesos. Se incluye, en este caso: el tejido conectivo, es decir, cartílago, periostio, y músculo que no haya sido posible eliminar mediante el raspado, nervios, vasos sanguíneos con sangre coagulada, y lípidos conectivos de la cavidad medular. Los diámetros biacromial y bi-ilíaca se encuentran también incluidos, debido a que son indicadores importantes en el dimorfismo entre hombres y mujeres. Para que sean representadas las dos extremidades, los diámetros de húmero y fémur se duplican. En el caso del cráneo, éste es determinado separado del resto del cuerpo, debido a que los niños presentan una cabeza relativamente ancha, basándose para ello en los índices proporcionados por la escala de Phantom para esta variable.
- Masa de tejido residual. En ella, se involucran: órganos vitales y vísceras consistentes en el tejido conectivo, tales como nervios,

vasos sanguíneos con sangre coagulada y tejido adiposo de los órganos imposible de separar de ellos. Además, se incluyen: la lengua, considerada como parte de la masa muscular de la cabeza, los órganos sexuales, remanente del mesenterio, el tracto bronquial, los pulmones, el corazón y los vasos mayores, y por supuesto todos los tejidos restantes y los fluidos no incluidos en las otras fracciones.

Para el cálculo indirecto de cada una de estas fracciones de masa corporal, se propone el uso de series de ecuaciones específicas para cada componente por determinar.

## **2.6. Índices.**

En la actualidad, dos de los índices más utilizados son: el índice de Masa Corporal (IMC) y el índice de Relación Cintura/Cadera (ICC).

### **2.6.1. Índice de Masa Corporal (IMC).**

Desde el punto de vista epidemiológico, siempre se han buscado marcadores de obesidad de fácil obtención, fundamentalmente basados en el peso y la talla, entre ellos el IMC o BMI (Body Mass Index); definido por el belga Quetelet, en 1869, como el cociente peso (kg)/talla (m) elevada al cuadrado ( $P/T^2$ ). Es así, como en 1975, en la Conferencia Fogarty, realizada en Washington DC, que se reconoce el IMC como un buen predictor de la obesidad ya que se correlaciona bien, en general, con la masa grasa. En la actualidad, es el método de referencia como parámetro de obesidad utilizado en casi todos los estudios clínicos. Éste, se encuentra apoyado con el nomograma de Bray & Gray (1988), mediante el cual se obtiene fácilmente el valor del IMC, conociendo el peso en kilogramos y la talla en metros, sin necesidad de realizar operaciones matemáticas, para lo cual, se traza una línea uniendo los valores

del peso (kg) y los de la talla (cm.), ubicándose en el punto de intersección entre ambos puntos, la columna central con los valores del IMC.

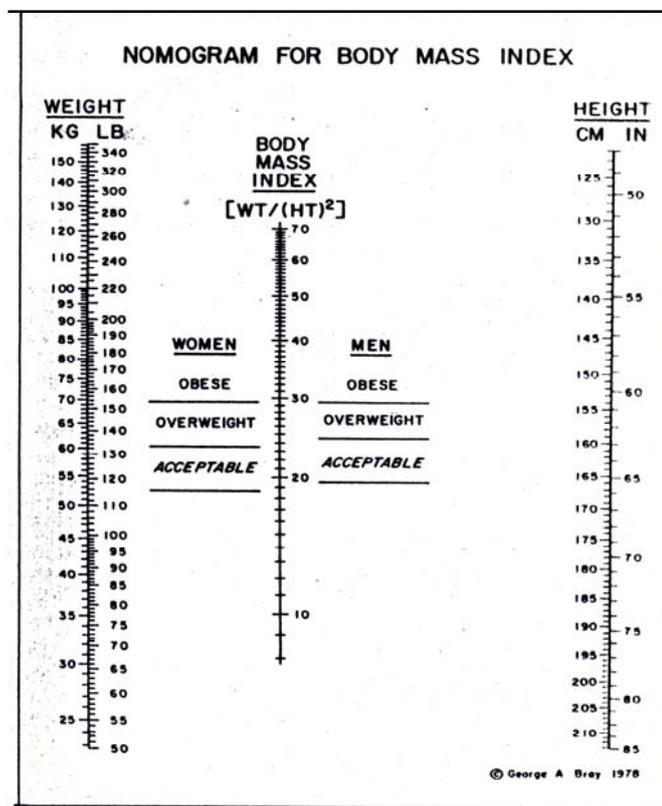


Figura15. Normograma para el cálculo del IMC (Bray & Gray, 1984).

De igual forma, es considerado como un índice de riesgo de hipo e hipernutrición y, por tanto, de las patologías asociadas a ambas situaciones, especialmente de las enfermedades crónico-degenerativas (enfermedad cardiovascular, diabetes, algunos tipos de cáncer, etc.). Se ha observado una relación en forma de jota entre el IMC y la mortalidad total, de manera que, tanto IMC muy bajos como muy altos se relacionan con un mayor riesgo para la salud. No obstante, este índice no indica el porcentaje de grasa corporal, por lo cual se recomienda ser usado o complementado con otras mediciones tales como pliegues cutáneos.

## 2.6.2. Índice de Masa Corporal Adecuado.

Se estima que los límites aceptables del IMC son aquellos que se asocian con un menor riesgo para la salud y, por tanto con una mayor expectativa de vida; por tanto, estos valores están comprendidos entre 19 -25 kg/m<sup>2</sup>. En la TABLA 5, se pueden apreciar los diferentes valores propuestos por la OMS (1995), para la clasificación de los niveles de obesidad y el IMC.

TABLA 5. Niveles de clasificación del peso corporal según el IMC (OMS, 1995).

IMC [peso (kg)/talla <sup>2</sup> (m)]	Clasificación de la OMS	Descripción popular
< 18.5	Bajo peso	Delgado
18.5 - 24.9	Adecuado	Aceptable
25.0 - 29.9	Sobrepeso	Sobrepeso
30.0 - 34.9	Obesidad grado 1	Obesidad
35.0 - 39.9	Obesidad grado 2	Obesidad
>40	Obesidad grado 3	Obesidad

Es necesario señalar, que un IMC inferior a 15, en ausencia de cualquier desorden físico o psíquico, se utiliza como diagnóstico de anorexia nerviosa (trastorno alimentario muy frecuente en la actualidad). De igual forma, en la TABLA 6, se recomiendan valores asociados al sexo y edad, que van de 18 a más de 65 años.

TABLA 6. IMC según rangos de edad y sexo (OMS, 1995).

IMC (peso Kg ) / Talla <sup>2</sup> (m)		
Edad (años)	Mujeres	Hombres
19 - 24	19 - 24	19 - 24
25 - 34	20 - 25	20 - 25
34 - 44	21 - 26	20 - 25
45 - 54	22 - 27	20 - 25
55 - 65	23 - 28	20 - 25

La OMS (1995), también propone, tal y como refleja la TABLA 7, valores del IMC adecuados o que deberían tener los niños(as), en edades fluctuantes entre 7 a 17 años.

TABLA 7. IMC para 7 a 17 años de edad, según sexo (OMS, 1995).

<b>EDAD</b>	<b>Damas OMS</b>	<b>Varones OMS</b>
7	15,7	15,9
8	15,7	15,9
9	15,9	16,0
10	16,2	16,7
11	16,8	17,3
12	17,3	17,8
13	17,6	18,7
14	18,7	19,4
15	19,0	20,3
16	19,5	22,3
17	21,1	22,2

A pesar de estos antecedentes, hay que tener presente que el IMC, como indicador de obesidad, aporta poca información acerca de la composición corporal o la calidad del peso corporal del individuo. Individuos con IMC de 25.0–29.9 son clasificados con sobrepeso, pero si se compara con los resultados obtenidos mediante un método que utilice la medición de pliegues, estos valores corresponden a un %MG por sobre el 30%, valor que lo califica como una persona con obesidad de riesgo. Situación similar ocurre cuando aplicamos el IMC en los atletas con huesos densos y músculos bien desarrollados; podrían tener sobrepeso de acuerdo con el IMC. Sin embargo, tienen poca grasa.

De igual forma, un físico culturista puede ser clasificado con sobrepeso aunque no tenga grasa y de la misma forma, una gimnasta china pequeña quedaría incluida en el rango de bajo peso, aunque esté completamente sana. Por el contrario, las personas inactivas, muy sedentarias, pueden tener un IMC y un peso adecuados cuando, de hecho, seguramente, tienen demasiada cantidad de grasa. Estudios realizados en la ciudad de Arica, Chile, por Díaz

(2002), determinaron que las mediciones de peso y altura del vértex realizadas en escolares mujeres de 14 años, dieron valores de un IMC de 25, que las califican como normal, pero al comparar esto con los resultados obtenidos mediante la mediciones de pliegues utilizando el método de Slaughter & Ribeiro (1985), se observa un %MG de 30.7, valor que las clasifica como personas con sobrepeso u obesidad (Díaz, 1999).

Sin embargo, la primera conferencia internacional sobre el control del peso celebrada en Montreaux, Suiza, 1985, como asimismo en el Simposium de Consenso Internacional sobre la Actividad Física, Condición Física y Salud, celebrado en Toronto en 1992, concluyeron que la definición operativa más simple y aceptada del peso ideal venía determinada por el IMC, según los valores normativos para cada edad, sexo y raza (Bouchard et al., 1994). No obstante, el IMC no difiere entre la masa grasa y masa magra o libre de grasa. Al respecto autores como Bouchard (1991); Ducimetieré & Cambien (1986) concuerdan en el hecho de que los escores de grasa corporal, determinada en forma hidrostática, y el IMC son sólo moderados ( $r=0,50$  a  $0,80$ ).

Por consiguiente, el IMC es mejor visto como una medición de peso elevado. Además, manifiestan que el IMC es cuestionable durante la infancia, ya que debido a los períodos de crecimiento y desarrollo corporal, producidos en esta etapa de la vida del ser humano, donde la estatura está cambiando continuamente, puede estar distorsionada por la proporcionalidad de la altura sentada y la longitud de las piernas. Es así, como piernas largas disminuirían a los escores de IMC (Gran et al., 1986).

Por otra parte, Ross et al. (1988), citados por Ross & Kerr (1993), manifiestan que los índices no son ni tan útiles ni tan informativos como parecen, debido que estudios realizados han demostrado que cuando se aplica a grandes muestras de hombres y mujeres, de edades comprendidas entre los

20 y 70 años, el IMC tiene solamente una eficiencia del 15% en comparación con la predicción de la suma de cinco pliegues cutáneos, y ligeramente mejor en la predicción de la suma de espesores de pliegues cutáneos corregidos.

En síntesis, el IMC es una dimensión de peso, tanto de los componentes grasos como magros. Mientras que, los incrementos en el peso corporal a nivel poblacional, están frecuentemente asociados con el incremento de la grasa, como también, al aumento de la masa muscular. Por lo tanto, no es recomendable usar el IMC como información exclusiva para cuantificar la adiposidad de un sujeto, y menos en los infantes.

Estudios realizados por Garrido & González (2004), al evaluar a 2500 deportistas de alto nivel, realizaron las comparaciones entre el IMC y la composición corporal de los sujetos en estudio, concluyendo que:

- 1) Si se analiza el IMC corporal, independientemente del sexo, éste se correlaciona más fielmente con el peso muscular, seguido de una correlación inversa con el porcentaje óseo y en menor medida con el porcentaje grasa.
- 2) Para los varones, el IMC se correlaciona más fielmente con el porcentaje óseo, y en segundo lugar, y prácticamente por igual, con el peso muscular y con el porcentaje grasa.
- 3) En las mujeres, el IMC obtiene la mayor correlación de todas las comparaciones con el porcentaje grasa para las mujeres, y se correlaciona, en menor medida, con el porcentaje muscular, y en tercer lugar, y de manera inversa, con el porcentaje óseo.
- 4) Para el porcentaje grasa, la mayor correlación se encuentra en el grupo femenino, seguido de una menor correlación con el grupo masculino, prácticamente sin correlación si realizamos la comparativa independientemente del sexo.

- 5) Analizando el peso muscular, la mayor correlación se encuentra en el grupo femenino, seguido de la comparación independientemente del sexo y, por último y sorprendentemente, con el grupo masculino.
- 6) En el porcentaje óseo, la correlación más fuerte se encuentra en el subgrupo masculino, seguido del grupo analizado, independiente del sexo, y en menor cuantía, en el subgrupo femenino.

En esta línea, se encuentran estudios interesantes como los de Ross & Kerr (2004), quienes con una amplia muestra de mujeres comprendidas entre los 20 y los 70 años de edad, demostraron que el IMC tiene solamente una eficiencia del 15% en la predicción de la suma de cinco espesores de pliegue cutáneo, y ligeramente mejor en la predicción de la suma de espesores de pliegues cutáneos corregidos.

En la actualidad, en el área epidemiológica se está utilizando el IMC como índice de riesgo de mortalidad. La interpretación que debe hacerse de dichos valores es solamente a un nivel individual, y teniendo en cuenta que esta apreciación es muy relativa, más aún, si se cae en el error de extrapolar una valoración del IMC como índice de adiposidad, dado su baja correlación con la densidad corporal, dato que confirma dichas aseveraciones.

Estos antecedentes, nos hacen recordar y considerar la baja fiabilidad de este índice. Pero lamentablemente, como es de fácil obtención y manejo práctico poblacional, su utilización se ha generalizado tanto a nivel médico como a nivel nutricional y de la actividad física. Por lo tanto, es uno de los índices más usados en la actualidad.

### 2.6.3. Índice de relación Cintura/Cadera (ICC).

Otra forma de describir la distribución de la grasa corporal es utilizando el coeficiente entre cintura y cadera. Dicho índice, se obtiene al dividir en centímetros la circunferencia de la cintura por la circunferencia de la cadera. Este indicador evalúa la distribución del tejido adiposo a este nivel, lo que es aceptable para evaluar el contenido de grasa abdominal. Uno de los puntos anatómicos de mayor concentración de la grasa corporal es la zona de la cintura (obesidad androide), esta adiposidad abdominal se correlaciona, fuertemente, con alteraciones metabólicas y enfermedades no transmisibles tales como: presión sanguínea elevada, apoplejías y diabetes. Sin embargo, los riesgos para la salud pueden ser, hasta cierto punto, los habituales, si la grasa excesiva se acumula en las caderas y muslos (obesidad ginecoide).

Vázquez (1999), manifiesta que, la medición exacta de la grasa abdominal, es un procedimiento caro y no adecuado para estudios epidemiológicos. Por ello, a fines de la década de los 80, surge la proposición del índice cintura-cadera (ICC), el cual fue propuesto como un medio para conocer el nivel de obesidad mediante la medición de los perímetros de cintura y cadera, aceptándose como punto de corte el ICC >1.0 en los hombres y >0.85 para las mujeres.

Esta simple proposición está respaldada por una buena confiabilidad ( $r=0.92$ ). Sin embargo, Wing et al. (1992), insisten en que su debilidad se centra en la variabilidad de la medición de los perímetros respectivos, encontrándose una mayor variabilidad o error en la medición de las mujeres que en los hombres.

Para determinar el nivel de obesidad utilizando este método, se debe utilizar la siguiente fórmula:  $ICC = \text{Cintura (cm)}/\text{Cadera (cm)}$ .

La proporción o cociente cintura/cadera, ayuda a evaluar la distribución de la grasa corporal, para ello, se deben realizar las siguientes mediciones antropométricas:

- Medir el perímetro de cintura en el punto más angosto pasando sobre el ombligo.
- La medición de las caderas se realiza según el protocolo de ISAK en el punto más ancho (sobre los glúteos).

Posteriormente, se aplica la fórmula señalada anteriormente para determinar el ICC, donde se divide el perímetro de la cintura por el perímetro de las caderas.

Los resultados obtenidos, determinan el grado de obesidad del sujeto medido, en caso de ser mujer, si los valores exceden de 0,85 los riesgos para su salud son más altos. Si es hombre, tales riesgos se incrementan cuando la proporción es mayor de 1,0.

Dada la importancia del cociente cintura/cadera, como indicador para pronosticar el riesgo cardiovascular, es importante, en este caso, realizar las medidas adecuadamente, lo que resulta difícil si no se toman las referencias óseas. Por tal motivo, Seidell (1996), sugiere que al realizar estas mediciones se tengan en cuenta las siguientes recomendaciones:

- 1) Circunferencia de la cintura: se debe medir en la línea media entre el margen costal inferior y la cresta ilíaca (espina ilíaca anterosuperior), y el evaluado debe estar en posición anatómica.
- 2) Circunferencia de la cadera: la mayor circunferencia sobre las nalgas o glúteos a nivel de los trocánteres mayores del fémur.
- 3) Circunferencia del muslo: perímetro de la raíz del muslo en sentido horizontal (parte inferior del pliegue del glúteo), y paralelo al plano del suelo.

- 4) Cociente cintura/muslo: los hombres considerados normales para éste índice son los superiores a 1,6 y a 1,4 en la mujer.

A pesar de esto, existen discrepancias entre los diversos autores, sobre el cociente cintura/cadera; en relación a los límites que separan la obesidad androide de la ginecoide (valores), tanto en la mujer como en el hombre. No obstante, según los estudios epidemiológicos, se aceptan los siguientes tipos de corte del IC/C para diferenciar los dos tipos de obesidad. En la TABLA 8, se presentan los valores de referencia según el nivel de obesidad androide o ginoide.

TABLA 8. Tipos de obesidad en hombres y mujeres según el resultado del índice cadera cintura (Bouchard, 1991).

	Hombres	Mujeres
Obesidad androide	> 1	> 0,90
Obesidad ginecoide	< 1	< 0,90

En relación a estos índices, se debe hacer una advertencia o aclaración, en el sentido de que los métodos de cuantificación del peso, como el IMC y la proporción IC/C, son útiles, a pesar de que no proporcionen una visión completa de la situación. Por lo tanto, deben emplearse como un medio para obtener información general sobre el nivel de sobrepeso existente en un sujeto. Por otro lado, el peso corporal, no nos entrega una información adecuada sobre la distribución o la cantidad de los diferentes tejidos en sentido de determinar cuál de ellos es el que más predomina en el sujeto que se estudia. Tanto es así, que si se tiene a un sujeto con gran masa muscular nos arrojará un resultado de obesidad, aún sabiendo que el predominio de éste es la masa muscular, lo que no indica que tenga problemas de obesidad. No obstante, si nos preocupamos de los perímetros por separado, un sujeto de contextura delgada nos entregará un resultado de desnutrición.

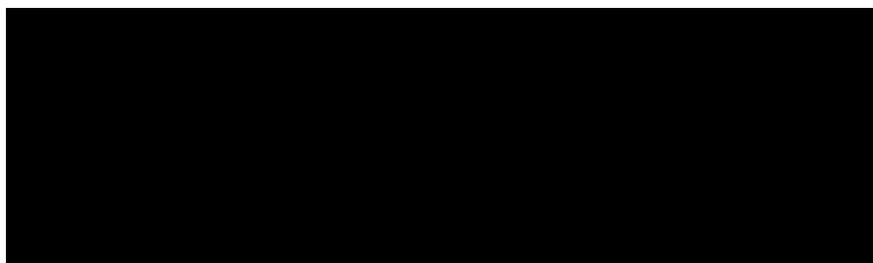
Es necesario señalar, que medir una sola vez estos índices no tiene casi ninguna utilidad, ya que no muestran mucho más de lo que el profesor o evaluador puede percibir a simple vista, la primera vez que “ve” al alumno(a). Sólo tiene sentido si se repite la medición cada cierto tiempo (por ejemplo cada 4 o 6 meses), para así observar objetivamente la evolución física.

#### **2.6.4. Índice de Obesidad (IO).**

Al igual que los índices analizados anteriormente, el índice de obesidad (IO), solamente proporciona una orientación o visión general del estado nutricional del sujeto, además, se debe tener en cuenta que la interpretación de este índice es relativa. Una persona puede obtener valores que en la tabla se interpretan como “Gordo”, y no tener un gramo de grasa de más, sino tener mucha masa muscular o tener los huesos “pesados” (gran contenido mineral o más largos). Por otro lado, y salvo excepciones, los jóvenes aún en edad de crecimiento suelen obtener valores de “Delgado”, sin serlo.

La fórmula utilizada en este caso es:  $IO = \text{Peso (en kilogramos)} / \text{Talla (en cm)}$ . En el caso de las mujeres, antes de realizar la calificación, según el CUADRO 4, se debe sumar al resultado obtenido la cifra de 0,02, y de esta forma se obtendrá el valor real.

CUADRO 4. Clasificación del Índice de Obesidad.



## **2.7. Protocolos indirectos para determinar la composición corporal, a través de perímetros corporales.**

La utilización de medidas de perímetros de partes específicas del cuerpo humano, son también consideradas validas, para ser usadas con el fin de pronosticar el porcentaje de grasa corporal (%MG). Como explicamos anteriormente, se supone que estas medidas tienen una relación positiva con el %MG, por tanto, cuando los perímetros corporales aumentan, se supone que los niveles de %MG también aumentan.

Entre los métodos que utilizan mediciones de circunferencia, se encuentran los siguientes índices:

- a) Protocolo de Penroe, Nelson & Fisher (1985), (citado por Fernández, 2003).

Para este protocolo se utilizan los perímetros, de muñeca y abdomen, en hombres, y los perímetros de glúteos y abdomen, en mujeres. Además, las ecuaciones toman en cuenta medidas de peso corporal y estatura de los sujetos por evaluar. Las mediciones señaladas, se realizan según protocolos determinados por la International Society for Advancement in Kineantropometry (ISAK, 2001).

El %MG es calculado mediante las ecuaciones específicas para cada sexo. En el caso de los varones, la Masa Libre de Grasa (MLG), se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{LBM(kg)} = 41,955 + (1,038786 * \text{PC}) - (0,82816 * (\text{CA} - \text{CP}))$$

Posteriormente, el %MG, se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\%MG = \left( \frac{PC - MLG}{PC} \right) * 100$$

En el caso de las mujeres, la estimación de la %MG, se realiza a través de la siguiente ecuación:

$$\%MG = (0,55 * CG) - (0,24 * E) + (0,28 * CA) - 8,43$$

Dónde:

PC = Peso corporal (kg.).

E = Estatura (cm).

CA = Circunferencia del abdomen (cm.).

CP = Circunferencia de la muñeca (cm.).

CG = Circunferencia de glúteos (cm.).

b) Método de Weltman et al. (1988) (citado por Fernández, 2003).

Este método, presenta una forma más práctica para determinar el porcentaje de grasa, utilizando la medición de perímetro abdominal según el protocolo determinado por ISAK (1999), midiéndose éste dos veces y calculando el promedio o media de ambas mediciones. Además, se debe medir el peso y la estatura del sujeto.

Las ecuaciones para la evaluación de la composición corporal, en hombres y mujeres obesos, a través de las medidas de perímetros son:

$$\text{Hombres: } \%MG = ((0,31457 \times PA) - (0,10969 \times Pc)) + 10,8336$$

$$\text{Mujeres: } \%MG = (0,11077 \times PA) - (0,17666 \times h) + (0,14354 \times Pc) + 51,03301$$

Dónde:

PA = media de los dos perímetros del abdomen (cintura y ombligo).

Pc = peso corporal en kg.

H = estatura en cm.

Con el porcentaje de grasa calculado, es posible evaluar si un sujeto se presenta, con una composición corporal predominante en MLG, con un peso ideal u obeso. Algunos autores como McArdle et al. (1992), citado por Holway (2003), prefieren establecer un límite único de aceptación, independiente de la edad, pero tomando en consideración el sexo, de 15% para hombres y 25% para las mujeres. Este tipo de referencia también es seguido por Pollock & Wilmore (1993), quienes estiman un límite aceptable de 16% para hombres y de 23% para mujeres.

En la TABLA 9, se presenta la propuesta de otros autores como, Deurenberg et al. (1990), que manifiestan que el porcentaje graso que deben presentar los hombres de 7 a 17 años de edad es de 10,01-20%, mientras que las mujeres, en el mismo intervalo de edad, deben tener entre un 15,01–25%.

TABLA 9. Niveles de Normalidad para el porcentaje de grasa de niños y adolescentes de 7 a 17 años (Deurenberg et al., 1990).

Nivel	Hombres	Mujeres
Excesivamente baja	hasta 6%	hasta 12%
Baja	6,01% a 10%	12,01% a 15%
Adecuada	10,01% a 20%	15,01% a 25%
Moderadamente alta	20,01% a 25%	25,01% a 30%
Alta	25,01% a 31%	30,01% a 36%
Excesivamente alta	mayor que 31,01%	mayor que 36,01%

c) Método Dotson y Davis 1991. (citado por Fernández 2003).

En este método, la determinación del %MG, se realiza mediante la medición de las circunferencias o perímetros de: abdomen y cuello para los hombres, y cadera, abdomen y cuello para las mujeres. El %MG se calcula a través de ecuaciones predeterminadas, utilizando tablas de conversión.

La fórmula para el cálculo del %MG, para las mujeres es:

$$\%MG = (CA + C. CADERA) - C. CUELLO$$

El %MG se obtiene en las tablas, colocando el resultado de la ecuación en la columna vertical, y el valor de la estatura (168 cm.) en la columna horizontal, luego cruzando los datos se determinará el %MG.

## **2.8. Mediciones Antropométricas.**

De acuerdo a los protocolos establecidos para la determinación de la composición corporal, en forma indirecta o doblemente indirecta, las mediciones corporales más requeridas son: los pliegues grasos, los perímetros, y los diámetros corporales.

- Los pliegues corporales.

El pliegue cutáneo es la cantidad de tejido adiposo subcutáneo verificado a través del espesor de la piel, (Fig. 16). Un pliegue se encuentra constituido por tejido celular subcutáneo y epitelio. La medición de los pliegues grasos, se realiza con el objeto de determinar el porcentaje de grasa (%MG), que posee el cuerpo. La valoración de los pliegues grasos, exige la utilización de un instrumento llamado calíper, adipómetro o pliegómetro, el cual se encuentra calibrado en  $\text{mm}^2$ , según su estándar de elaboración, para ejercer una presión constante sobre la piel a nivel de la superficie que cubre la base de las pinzas que son apoyadas en la zona a medir (Díaz, 1999).

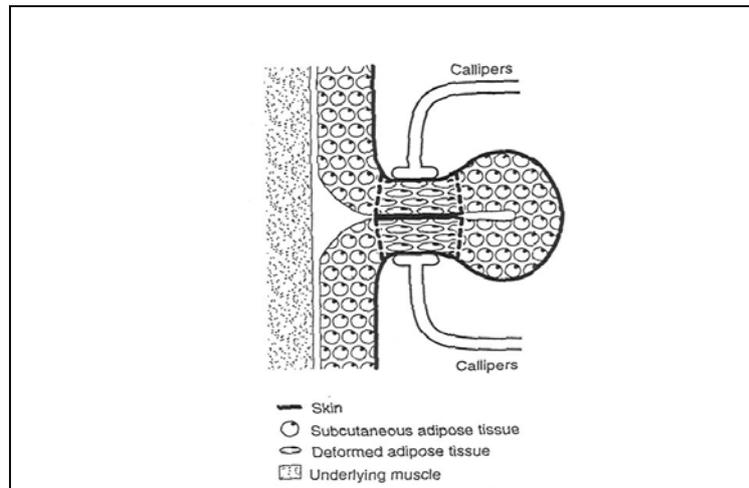


Figura16. Diagrama esquemático del pliegue y su compresibilidad (Holway, 2002).

La utilización de esta técnica, requiere la práctica y entrenamiento en su manejo, ya que la variabilidad en las medidas puede ser muy importante (desde un 11% a un 24% de error estimado), puesto que conforme aumenta el grado de adiposidad, también se incrementa el error en las mediciones. En ocasiones los pliegues pueden, incluso, superar la capacidad de medida de los instrumentos. Por ello, su aplicación resulta poco práctica en la clínica diaria. Cabe señalar, que al realizar la medición de los pliegues grasos, la piel del sujeto a evaluar debe estar seca, y el evaluador con las uñas cortadas y limadas.

Las medidas de la dimensión o grosor de los pliegues cutáneos deben ser realizados siempre en el lado derecho del evaluado, con una precisión mínima de 0,1 milímetros. Además, se recomienda la realización de tres medidas sucesivas del mismo pliegue (sin soltar el pliegue), y en un mismo lugar. Si en la ejecución de la medición se obtienen dos valores iguales, este será considerado como el valor del pliegue. Sin embargo, si los resultados de las tres mediciones no son iguales, se reconocerá como valor del pliegue la media de las tres. No obstante, teniendo en cuenta la enorme variación de las medidas de espesura de los pliegues cutáneos, se recomienda, que en la eventualidad de ocurrir discrepancias superiores al 5% entre una de las

medidas y las demás en el mismo lugar, soltar el pliegue y realizar una nueva medición.

En lo que se refiere a la técnica de medida, el tejido graso subcutáneo debe ser diferenciado del tejido muscular, a través de la presión realizada por el dedo pulgar e índice de la mano izquierda; el compás de pliegues cutáneos debe ser colocado de tal forma que quede perpendicular al pliegue y que las puntas del compás disten aproximadamente un centímetro debajo del punto exacto de medida. Para que la presión ejercida por los bordes del compás pueda producir su efecto total, se aconseja aguardar más o menos dos segundos para realizar la lectura.

### **2.8.1. Procedimientos y normas básicas para la realización de las medidas.**

Las normas o condiciones que se deben seguir en la medición de los pliegues, según lo establecido por ISAK, son las siguientes:

- Identificar los puntos de referencia.
- Demarcar el punto de medida.
- Destacar el pliegue cutáneo.
- El pliegue, debe tomarse con el índice y pulgar de la mano contraria a la del instrumento (izquierda).
- El calíper, debe ser introducido al pliegue, y la cabeza de sus pinzas debe colocarse aproximadamente a un centímetro de los dedos que están presionando el pliegue graso.
- Realizar la lectura.
- Retirar el compás.
- Soltar el pliegue cutáneo.

### **2.8.2. Errores comunes observados en la medida de pliegues cutáneos.**

- Destacar o marcar el pliegue cutáneo en un punto anatómico inadecuado.
- Destacar o marcar el pliegue cutáneo en un eje corporal inadecuado.
- Colocar las extremidades del compás, muy próximas, o demasiado distantes, de los dedos que están pinzando.
- No entrar con el compás perpendicularmente al pliegue cutáneo.
- Entrar con el compás muy profunda o superficialmente al pliegue cutáneo.
- Pinzar estructura extra al pliegue cutáneo.
- Esperar demasiado tiempo, después del pinzamiento del pliegue cutáneo, para realizar la lectura.
- Soltar el pliegue cutáneo con el compás aun en el lugar del pinzamiento, para realizar la lectura.
- Realizar la medida después de la práctica de actividades físicas.
- En una re-evaluación, utilizar equipamiento distinto al utilizado en la evaluación anterior.
- Utilizar equipamientos no calibrados.

### **2.8.3. Protocolos de medición de los pliegues grasos.**

Los pliegues que más se utilizan en las investigaciones son: bicipital, tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo y muslo medial, pantorrilla medial, axilar medial, y pectoral. Para el desarrollo del presente estudio los pliegues a utilizar son:

- 1) Pliegue bicipital. La medición se realiza a una distancia media entre el hombro (acromion) y el codo (olécranon (Fig.17). El brazo se encuentra

ligeramente flexionado y la mano se ubica en supinación. El pliegue se toma paralelo al eje longitudinal del brazo.



Figura 17. Medición pliegue bicipital.



Figura 18. Medición pliegue tricipital.

- 2) Pliegue tricipital. Corresponde al pliegue cutáneo ubicado sobre el tríceps. La medición se realiza a una distancia media entre el acromion y el olécranon (Fig. 18), el brazo se mantiene verticalmente a lo largo del cuerpo. El pliegue se mide paralelo al eje longitudinal del brazo. La medición de este pliegue se utiliza frecuentemente en los estudios antropométricos, debido a que se correlaciona aceptablemente con el porcentaje de grasa corporal y con el estado nutricional.
  
- 3) Pliegue subescapular. Corresponde al pliegue ubicado por debajo del ángulo inferior de la escápula (Fig. 19). Es uno de los pliegues que, en combinación con otros pliegues, es un buen predictor de la grasa corporal. La medición se realiza en un promedio de un centímetro por debajo del ángulo inferior del omóplato. El pliegue se toma de forma oblicua, aproximadamente en 45 grados, con relación a la columna vertebral.

- 4) Pliegue suprailíaco. La medición se realiza, aproximadamente, dos centímetros por encima de la espina iliaca anterosuperior derecha, en la línea media axilar (Fig. 20). El pliegue se toma en un ángulo de 45 grados en relación al eje longitudinal del cuerpo. El compás se aplica a un cm., anterior al pliegue formado en la línea medioaxilar, justo por encima de la cresta ilíaca.



Figura.19 Medición pliegue subescapular.



Figura 20. Medición pliegue suprailíaco.

- 5) Pliegue abdominal. Este se ubica en la región mesogástrica derecha, cercana al ombligo (Fig. 21). Su medida es utilizada con bastante frecuencia en investigaciones de composición corporal (Lohman et al., 1991). Para su medición se ubica al sujeto en la posición anatómica, el pliegue se debe tomar en forma vertical, con el dedo pulgar e índice, a una distancia de tres a cinco centímetros de separación del ombligo.



Figura 21. Medición pliegue abdominal.

#### 2.8.4. Protocolos de medición de las circunferencias o perímetros corporales.

La medición de las circunferencias corporales, es otra de las herramientas que utiliza la antropometría para la determinación del nivel de obesidad y estado nutricional de un sujeto, sea hombre o mujer. Estas mediciones se utilizan debido a su pragmatismo, ya que, se ocupa un equipamiento sencillo (como huincha antropométrica o una corriente), y ayuda a predecir, de forma general, la determinación de la composición corporal, tanto en niños(as), como en adultos de diferentes morfologías (obesos, en sobrepeso, normales, bajo peso, y desnutridos).

Las circunferencias o perímetros más utilizados son: cadera, abdominal, cintura, cráneo, brazo, muñeca, muslo, pierna, etc. Para el presente estudio solamente son definidas las circunferencias de: cintura, cadera, abdomen, muslo, brazo relajado y muñeca.

- 1) Perímetro de la cintura: Se debe medir en la línea media entre el margen costal inferior y la cresta ilíaca (espina ilíaca anterosuperior), en bipedestación (Fig. 22). El sujeto se encuentra en posición bípeda. El evaluador se debe ubicar al costado derecho del evaluado, para verificar que la huincha, en el sector posterior, se encuentra paralela al piso.



Figura 22. Medición perímetro de cintura.

- 2) Perímetro del abdomen. El sujeto se encuentra en posición bípeda (Fig. 23). El evaluador se debe colocar al costado derecho del evaluado, con la finalidad de verificar que la huincha, en el sector posterior, se encuentra paralela al piso y al frente sobre la región umbilical.



Figura 23. Medición perímetro del abdomen.

- 3) Perímetro de la cadera: Con el sujeto en posición bípeda (Fig. 24). Al igual que en el caso anterior, el evaluador se debe colocar al costado derecho del evaluado, con la finalidad de verificar que la huincha en el sector posterior se encuentra paralela al piso y sobre la parte más protuberante de los glúteos a nivel de los trocánteres mayores del fémur pasando la huincha sobre la sínfisis del pubis.

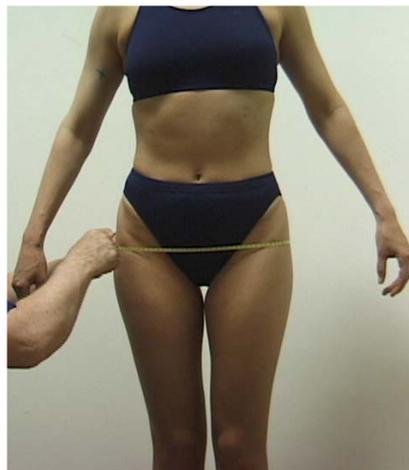


Figura 24. Medición perímetro de cadera.

- 4) Perímetro del muslo. Es la medida correspondiente a la circunferencia del muslo en sentido horizontal (bajo la caída del pliegue del glúteo) y paralelo al plano del piso (Fig. 25). El sujeto debe estar en posición anatómica, con las piernas ligeramente separadas. La medición se realiza colocando la huincha inmediatamente por debajo del pliegue glúteo y por delante y por encima de la zona más alta del cuádriceps.



Figura 25. Medición perímetro del muslo.

- 5) Perímetro del brazo: El sujeto debe tener el brazo relajado y separado del cuerpo pero sin dejar el eje longitudinal de éste (Fig.26.p 113). La medición se efectúa en la línea media de la distancia comprendida entre los puntos anatómicos acromion y olécranon.



Figura 26. Medición perímetro del brazo.

## **CONCLUSIONES DE LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

Una vez presentados y analizados los fundamentos teóricos y temáticos que sustentan esta investigación, tenemos que señalar que la revisión bibliográfica ha dejado en evidencia algunas conclusiones, argumentadas inductivamente, como la generalización de las propiedades comunes de la problemática de la obesidad y los métodos para determinar la composición corporal, y otras conclusiones argumentadas deductivamente, es decir, verdades particulares contenidas en verdades universales, como las medidas antropométricas entre otras.

Por lo tanto, las conclusiones extraídas son las siguientes:

- La obesidad en el ser humano, es producto de tres factores predominantes: la mala alimentación, el exceso de consumo grasas, y el sedentarismo. Todos los especialistas coinciden en que se trata de un problema complejo donde, además, intervienen, la forma de vida contemporánea y la problemática familiar, a lo que habría que sumar la falta de actividad física diaria destinada a quemar o utilizar los niveles de grasa corporal acumulada.
- A través del ejercicio físico continuado se evitaría la posibilidad de acceder al Síndrome Metabólico X, el cual involucra: obesidad abdominal, hipertensión arterial, elevados triglicéridos, reducción del colesterol HDL y leve elevación de la glicemia sanguínea.
- En la distribución y aumento del tejido adiposo en el cuerpo participan numerosos factores. Atendiendo a los factores metabólico y endocrino, la obesidad puede ser clasificada en exógena y endógena, siendo la primera la más común, ya que se encuentra estimulada por los hábitos alimentarios erróneos y por un estilo de vida sedentario, a ella se

atribuyen situaciones de neurosis con trastornos emocionales, como ansiedad, depresión e histeria, que provocan excesiva ingesta de alimentación. Este tipo de distribución exógena es más recurrente en la mujer, ya que en ella el exceso de grasa se sitúa sobre las caderas y los muslos y a veces en la región de los senos o mamas.

- La obesidad endógena corresponde a la grasa visceral o profunda que rodea los diversos órganos internos, y su distribución en el organismo, se encuentra controlada por el sistema endocrino. Este tipo de concentración es característica de los hombres, en este caso, la grasa se concentra en la región abdominal y su aumento se produce por disturbios hormonales y metabólicos.
- La distribución homogénea de la grasa, citada por Valenzuela (2000), denominada también Obesidad tipo I, está caracterizada por el exceso de grasa corporal total sin que se produzca una concentración específica de tejido adiposo en alguna región corporal.
- El análisis de la bibliografía especializada, manifiesta que el estudio de la composición corporal es un componente clave de la salud y del bienestar físico del ser humano, debido a que nos permite comprender el efecto que tienen variables como: la dieta, el crecimiento, la actividad física, el patrón genético y las enfermedades. Dicho estudio, se debe realizar en tres áreas, interrelacionadas entre sí: normas de composición corporal, metodología y efectos biológicos.
- Actualmente, se siguen los modelos que proponen la organización de los componentes corporales en bicompartimentales, y en multicompartimentales. Los modelos bicompartimentales, dividen el peso corporal en dos fracciones: la masa grasa y la masa libre de grasa o masa magra. A los modelos multicompartimentales (de 3 ó más

componentes), se les atribuye más severidad debido a que presentan menos errores en la estimación de la composición corporal.

- Todas las metodologías estudiadas y aplicadas en el análisis de la composición corporal se encuentran directamente relacionadas con la Cineantropometría, la cual es considerada como la ciencia que estudia el cuerpo humano en cuanto a tamaño, forma, composición y proporciones. Por lo tanto, es un área del conocimiento indispensable cuando se pretende obtener información sobre el crecimiento y desarrollo del ser humano utilizando, para ello, una serie de mediciones antropométricas (alturas o longitudes corporales, perímetros, peso, pliegues grasos, etc.). Estas mediciones, al ser tratadas con diferentes ecuaciones, permiten predecir, en forma parcial o total, algunas de las variables morfológicas de la estructura humana, como: masa grasa, masa libre de grasa, masa muscular estriada, masa ósea y masa residual.
- El índice de masa corporal (IMC) es uno de los más utilizados para determinar el porcentaje de masa grasa. Sin embargo, no es el más indicado para predecir el grado de obesidad de un sujeto, lo que ha traído como consecuencia la utilización de otro índice, el Coeficiente cintura-cadera, el cual manifiesta que existe una buena correlación de la grasa visceral con el perímetro de la cintura, pasando a ser una de las variables más importantes en la estimación de la mortalidad coronaria.
- Estados Unidos, España, y Canadá, son algunos de los países que han establecido, para su población adulta, ciertas dimensiones de los perímetros de cintura y cadera, los cuales no deberían ser superiores a 95 cm., en varones, y de 82 a 88 cm., en mujeres, constituyendo un riesgo coronario elevado, si se sobrepasan los 102 cm. y los 90 cm. respectivamente.

- Es necesario, potenciar el empleo de marcadores antropométricos, de la distribución de la grasa (como los perímetros de cintura y cadera y los pliegues adiposo-cutáneos), en la realización de cualquier estudio sobre incidencia y prevalencia de la obesidad y su relación con el estado de salud de los grupos de población. Por otro lado, cada tipo de población debería tener sus propias tablas de evaluación del Índice Cintura/Cadera.
- Actualmente, la obesidad infantil, es una epidemia a nivel mundial, por lo que se hace necesario, entre otra cosas, contar, a nivel de la población escolar, con un método que permita, al profesor de aula y al profesor de Educación Física, la posibilidad de predecir de forma aceptable el %MG de los escolares, para iniciar, con esta información, un programa de actividad física y de educación integral sobre la salud.

SEGUNDA PARTE  
**ESTUDIO PRÁCTICO**

## **CAPITULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Población y muestra.**

El presente estudio se define como una investigación de tipo descriptivo, formada por dos estudios, uno correlacional y el otro descriptivo comparativo (Campbel & Stanley, 1991).

La población de estudio, está constituida por escolares chilenos de Enseñanza Básica, residentes en el sector urbano de la Comuna de Arica, perteneciente geopolíticamente a la Región de Tarapacá (I Región). La Comuna de Arica es un oasis en el desierto chileno, ubicado en el extremo norte a 2050 kilómetros de la capital (Santiago de Chile). Esta Comuna limita al norte con la ciudad de Tacna (Perú), al oriente con Bolivia y al poniente con el Océano Pacífico. Esta zona presenta un clima desértico subtropical, con temperaturas que oscilan entre 18° y 32° grados. Tiene una población urbana de 175.411 habitantes, según censo del año 2002, (Chile, Ministerio del Interior, 2005). En la actualidad la población escolar urbana es de 26.230 alumnos, de los cuales, 13.484 se encuentran en edades del presente estudio (escolares en edades de 10 a 14 años) (información obtenida en la Secretaría de Atención e Información Educacional de Arica, 2005).

Es necesario señalar que, en Chile, los establecimientos educacionales, según cual sea la fuente de financiamiento, se dividen en tres estamentos: Municipalizados, Particulares Subvencionados y Particulares Pagados. Los Colegios Municipalizados; como su nombre indica, es la Municipalidad quien los administra y financia con aporte total del Estado. En la Comuna de Arica en el sector urbano existen 28 colegios, con esta particularidad. Los Colegios Particulares Subvencionados son entidades independientes de auto administración, pero están subvencionados por el Estado además de recibir un

aporte (cuota mensual), de los apoderados de los estudiantes. En Arica, hay 12 colegios que cumplen con estas características. Por su parte, los Colegios Particulares Pagados, son establecimientos educacionales independientes, de auto administración, cuyo financiamiento es aportado, mediante cuota mensual, por los apoderados de los alumnos matriculados en ellos. En Arica existen 3 colegios que cumplen con las característica de centros particulares pagados.

### 3.1.1. Muestra y Técnica de Muestreo.

Para seleccionar las unidades primarias de investigación, es decir, los colegios que participaron en el estudio, se utilizó la técnica de muestreo aleatorio estratificado. Para ello, en esta investigación, se asume una afijación proporcional de un 30%, es decir, 13 colegios, en relación al número total de establecimientos (43), que participan en el estudio, cuya distribución se presenta en la TABLA 10.

TABLA 10. Distribución porcentual de los colegios participantes en el estudio.

Colegios	N	30%	n
Municipal	28	8	8
Particular	12	4	4
Subvencionados	3	1*	2
Particular Pagados	3	1*	2
Total	43	13	14

\* La aproximación es igual a 1, sin embargo, dado el número pequeño de alumnos por edad y sexo, éste fue aumentado a dos colegios.

Los colegios que formaron la muestra fueron seleccionados aleatoriamente. Ocho colegios Municipalizados (Escuela D-10, D.23, D16 , D24, D4 , E5, E15 e Integrado Edo. Frei Montalvo); cuatro colegios Particulares Subvencionados (American College, Colegio Alta Cordillera, Liceo Domingo Santa María y Arica College); y dos colegios Particulares pagados (San Jorge y Junior College).

La unidad básica de investigación, los alumnos, correspondientes a una población de 21.186 alumnos de los 43 colegios elegidos, fueron seleccionados a través de un muestreo aleatorio estratificado, resultando un total de 1.703 niños que corresponden al 8.0% del número total de éstos (21.186 niños), por rango de edad. La TABLA 11, recoge una presentación sinóptica de los datos, según fuente de financiamiento y sexo.

TABLA 11. Distribución estratificada por, sexo y fuente de financiación de los colegios participantes en el estudio.

Colegios	Mujeres	Hombres	Total
Municipal	498	340	938
Particular Subvencionado	369	246	612
Particular Pagado	150*(33)	100*(22)	250*(55)
Total	1.017	686	1.703

En el caso de los colegios Particulares pagados, al utilizar este tipo de muestreo y el rango de edad estudiado (10 a 14 años), para un solo colegio, tenemos una muestra de 30 mujeres y 20 hombres, de modo que la distribución final de la muestra quedó estructurada según lo presentado en la TABLA 12.

TABLA 12. Distribución porcentual de mujeres y hombres según fuente de financiación por edad.

Edad	Municipal		Particular Subvencionado		Particular Pagado		Total		Total
	M	H	M	H	M	H	M	H	M + H
10	100	72	74	49	30	20	204	141	345
11	100	72	74	49	30	20	204	141	345
12	100	72	74	49	30	20	204	141	345
13	100	72	74	49	30	20	204	141	345
14	100	72	74	49	30	20	204	141	345
	500	360	370	246	150	100	1.020	705	1.725

### **3.2. Variables de estudio**

Con la finalidad de determinar la composición corporal, la muestra fue sometida a una batería de test cineantropométricos. En ella, se definen y desatacan las siguientes variables de estudio:

#### **3.2.1. Variables de la investigación**

Para esta investigación, dada su naturaleza y enfoque, hemos definido tanto variables independientes como dependientes. La definición y operacionalización de cada una de ellas, se desarrolla en el punto 3.4. de este trabajo, denominado, protocolo de medición.

- Variables independientes:
  - Peso corporal: expresión cuantitativa de la fuerza con que éste es atraído por la acción gravitatoria hacia el centro de la tierra.
  - Talla vértex o estatura: distancia comprendida entre el vértex y la región plantar.
  - Pliegues cutáneos o grasos: cantidad de tejido adiposo subcutáneo verificado a través del espesor de la piel.
  - Perímetros corporales: dimensión numérica de la circunferencia de los segmentos corporales.
  
- Variables dependientes:

Para obtener los datos del método propuesto, y de métodos tradicionales como el de Durning & Womersley (1988) y Slaughter, et al. (1988), así como la

diferencia relativa entre la comparación entre los resultados de los pares de la aplicación de la prueba de Wilcoxon (Siegel, 1975), hemos utilizado:

- El porcentaje de Masa Grasa (%MG).
- El porcentaje de Masa Libre de Grasa (% MLG).

### **3.3. Instrumentos.**

Los instrumentos que hemos empleado, para el desarrollo del presente trabajo, han sido los siguientes:

- Balanza digital *Camry*: con ella se efectuó la medición del Peso Corporal con una precisión de 100 gr. Alimentada por una batería Duracell, que permite 500 mediciones válidas, siendo reemplazada dicha batería, cada 300 mediciones.
- Estadiómetro: se utilizó una huincha de medir, la cual, se adosó en una pared de 2 metros, para efectuar con una precisión de 5 milímetros, la medición de la talla o estatura del sujeto.
- Huincha Antropométrica *Sanny Medical*: la empleamos para medir los perímetros corporales con una precisión de 1 milímetro, y todos fueron efectuados según protocolo de ISAK (2001).
- Cáliper *Harpender*: fue utilizado para realizar la medición de los pliegues grasos con una precisión de 2 mm., y todos fueron efectuados según protocolo de ISAK (1999).

### **3.4. Protocolo de medición.**

La ejecución de todas las mediciones antropométricas, se realizó según los protocolos establecidos por la ISAK (2001), y fueron aplicados dentro de una sala de clases.

Es importante destacar, que en todas las mediciones, tanto en mujeres como en hombres, y con la finalidad de evitar cualquier mal entendido, participó un veedor, de sexo femenino, perteneciente al personal administrativo o de docencia del colegio, el cual debía verificar que las mediciones fueran ejecutadas profesionalmente.

Todas las mediciones fueron realizadas por el doctorando, autor de esta investigación, con la colaboración de dos ayudantes preparados expresamente para realizar las mediciones de peso y talla.

#### **3.4.1. Talla vértex o estatura.**

La medición se realizó con el sujeto descalzo, en posición bípeda y el cuerpo en posición anatómica; la cabeza se ubicó en el plano de Frankfurt, paralelo al suelo con la región occipital, espalda, glúteos, y talones, en contacto con el estadiómetro. El sujeto debió realizar una inspiración profunda, aplicando una discreta tracción en la región cervical para corregir la compresión de los discos intervertebrales, registrándose el valor obtenido con precisión de 5 mm.

#### **3.4.2. Peso corporal.**

Se ubicó al sujeto descalzo y en lo posible con el mínimo de ropa sobre la balanza, con el peso del cuerpo repartido entre ambos pies, en posición bípeda, con la vista mirando hacia el frente y sin moverse. Se registró, entonces, el valor obtenido con una precisión de 100 gr. (Petroski, 1999; Norton & Olds, 2000).

#### **3.4.3. Perímetros corporales.**

Los perímetros corporales, fueron medidos tal y como explicamos a continuación:

- **Perímetro de la cadera (glúteos).** Este perímetro fue tomado al nivel del máximo relieve de los músculos glúteos, casi siempre coincidente con el nivel de la sínfisis del pubis. El evaluador se ubicó al costado derecho del sujeto para medir, asegurándose de que la cinta métrica se mantuviese en el plano horizontal. El sujeto a medir se encontraba en posición anatómica (Petroski, 1999; Norton & Olds, 2000).
  
- **Perímetro abdominal.** El sujeto se ubicó en posición anatómica. La medición se realizó pasando la huincha alrededor de la cintura ubicándose en el plano horizontal por sobre el borde superior de las crestas iliacas y por encima del ombligo. El evaluador se situó frente al sujeto, para localizar las zonas citadas. La medición propiamente dicha se realizó después de una espiración normal (Petroski, 1999; Norton & Olds, 2000).
  
- **Perímetro del muslo.** Es la medida correspondiente a la circunferencia del muslo. El sujeto debe estar en la posición anatómica, con las piernas ligeramente separadas y el peso corporal distribuido equilibradamente. La medición se realizó colocando la cinta métrica 1 cm. por debajo del pliegue glúteo, perpendicular al eje longitudinal del muslo y por delante y por encima de la zona más alta del cuadriceps (Petroski, 1999; Norton & Olds, 2000).
  
- **Perímetro del brazo (bíceps).** El sujeto, debe estar en posición anatómica con el brazo relajado colocado al costado del cuerpo. La medición se realizó a nivel de la línea media acromio-radial. La cinta métrica se debe colocar perpendicular al eje longitudinal del húmero (Petroski, 1999; Norton & Olds, 2000).

#### 3.4.4. Pliegues grasos.

Los pliegues grasos medidos, fueron los siguientes:

- Pliegue tricipital. Corresponde al pliegue cutáneo ubicado sobre el músculo tríceps. La medición se realizó a una distancia media entre el acromio y el olécranon. Para ello, se debe medir el brazo y determinar el punto medio de éste, el brazo se mantiene verticalmente colgado a lo largo del cuerpo. El pliegue se toma paralelo al eje longitudinal del brazo. La medición de este pliegue se utiliza en los estudios antropométricos, debido a que se correlaciona aceptablemente con el porcentaje de grasa corporal y el nivel nutricional (Petroski, 1999; Norton & Olds, 2000).
- Pliegue bicipital. La medición se realizó a una distancia media entre el hombro (acromio) y el codo (olécranon), el brazo se encuentra ligeramente flexionado y la mano se ubica en supinación. El pliegue se toma paralelo al eje longitudinal del cuerpo (Petroski, 1999; Norton & Olds, 2000).
- Pliegue subescapular. Corresponde al pliegue ubicado por debajo del ángulo inferior de la escápula. Es uno de los pliegues que en combinación con otros pliegues, se convierte en un buen predictor de la grasa corporal. La medición se realizó a un promedio de un centímetro por debajo del ángulo inferior del omóplato. El pliegue se toma de forma oblicua, aproximadamente a 45°, en relación a la columna vertebral (Petroski, 1999; Norton & Olds, 2000).
- Pliegue suprailíaco. La medición se realizó aproximadamente tres centímetros por encima de la espina ilíaca antero superior derecha. El pliegue se toma en ángulo de 45° en relación al eje longitudinal del cuerpo (Petroski, 1999; Norton & Olds, 2000).
- Pliegue abdominal. Se ubica en la región mesogástrica derecha, cercana al ombligo. Su medida es utilizada en investigaciones de

composición corporal y % de masa grasa. Para su medición el sujeto se ubica en la posición anatómica, el pliegue se debe tomar en forma vertical, con el dedo pulgar e índice a una distancia de tres a cinco centímetros de separación del ombligo (Petroski, 1999; Norton & Olds, 2000).

- Pliegue del muslo. Se trata del pliegue graso ubicado en la parte del pliegue inguinal y el borde proximal de la rótula. Este pliegue posee una buena correlación con la densidad corporal. Para su medición el sujeto debe estar de pie, con todo su peso sobre la pierna izquierda. La pierna derecha, estará en semiflexión de rodilla, pero sin que la pierna derecha pierda contacto con el piso. El pliegue se mide en dirección longitudinal del músculo y a una distancia media de la longitud de ésta. (Petroski, 1999; Norton & Olds 2000).

#### **3.4.5. Porcentaje de Masa Grasa (%MG).**

Para su determinación se utilizaron los protocolos de Durning & Womersley (1988), Slaughter, et al. (1988), y el método que se propone en este trabajo.

A continuación, explicamos cada una de las metodologías que fueron empleadas para determinar el porcentaje de masa grasa (%MG)

- Protocolo de Durning & Womersley (1988).

La aplicación de este protocolo requiere la medición de los siguientes pliegues grasos: bíceps, tríceps, subescapular y suprailíaco. Para el cálculo del %MG, primero se realizó el cálculo de la densidad corporal mediante la utilización de las constantes A y B, establecidas por Durning & Womersley (1988), según edad y sexo, y válidas para la población chilena según Apud et al. (1980).

$$D = B * ((\log (P1+ P2 + P3 + P4)) - A$$

Dónde:

D = Densidad corporal expresada en gr/ml.

A = Punto de intersección (constante 1.1369, para damas, y constante 1.1533, para varones, en edades de >12 años).

Punto de intersección (constante 1.1309, para damas, y constante 1.14447, para varones, en edades de <12 años).

B = Punto de inclinación de la pendiente (constante 0.0643, para damas, y constante 0.0598, para varones, en edades de >12 años).

C = Punto de inclinación de la pendiente (constante 0.0587, para damas, y constante 0.0612, para varones, en edades de <12 años).

P1 = Pliegue bicipital.

P2 = Pliegue tricípital.

P3 = Pliegue subescapular.

P4 = Pliegue supraíliaco.

El porcentaje de masa grasa, se calculó empleando la fórmula de Siri para fraccionar el peso corporal en 2 componentes: porcentaje de masa grasa (%MG) y porcentaje libre de grasa (%MLG).

$$\%MG = ((4,95 / D) - 4,5) * 100$$

El %MLG, se obtiene restándole a 100 el %MG obtenido con la ecuación anterior, es decir, %MLG = 100 - %MG (Fernández, 2003; Petroski, 1999).

- Protocolo de Slaughter (1988). Para niños y adolescentes (7 a 18 años de edad).

En este caso, el %MG se determinó a través de los pliegues grasos: tríceps y subescapular, utilizando para ello la siguiente ecuación para damas y varones de cualquier nivel de madurez:

$$\%MG = 1,33 * (\sum_2) - 0,33 * (\sum_2)^2 - 2,5$$

Dónde:  $\sum_2$  = Sumatoria de los pliegues tricípital y subescapular en milímetros (mm).

En los casos en que la sumatoria de los pliegues grasos fue superior a 35 mm., se utilizó la ecuación única para cada sexo, recomendada por Slaughter (1988), independiente de la raza y del estado de maduración:

$$\text{Niños. \%MG} = 0,783 * (\sum_2) + 1,6$$

$$\text{Niñas. \%MG} = 0,546 * (\sum_2) + 9,7$$

Posteriormente, el %MLG se obtuvo a través de la siguiente ecuación:

$$\%MLG = 100 - \%MG \text{ (Fernández, 2003; Petroski, 1999).}$$

- Método Propuesto (PPT).

El modelo, que se propone para la determinación de un índice de %MG, se hace con el objeto de proporcionar, a nivel poblacional, una alternativa, simple y de bajo costo, que esté al alcance del profesor de curso, proporcionándole, de esta manera, la posibilidad de realizar las mediciones (no invasivas), que se requieren hacer en los niños, para la obtención del %MG.

Las mediciones que se consideran para el cálculo del %MG mediante PPT, son fáciles de realizar dentro de la sala de clases. Contemplan para las mujeres: el peso (Pe), la talla (Ta), el perímetro de caderas (Pca), el perímetro de abdominal, el perímetro de brazos (Pbr), y el perímetro de muslo (Pmus). Para los varones, se consideran: el peso (Pe), la talla (Ta), el perímetro de caderas (Pca), el perímetro abdominal, y el perímetro de brazos (Pbr).

El factor que toma en cuenta estas mediciones, es designado como “factor PPT”, (Peso, Perímetro, Talla), y se calcula mediante las siguientes fórmulas.

$$PPT = \left( \frac{Pca + Pcab + Pbr + Pmus}{4} \right) \cdot \frac{Pe}{Ta} \quad , \text{ para las mujeres.}$$

Dónde:

Pca: Perímetro de la cadera, en centímetros.

Pcab: Perímetro abdominal, en centímetros.

Pbr: Perímetro de brazo, en centímetros.

PMus: Perímetro de muslo, en centímetros.

Pe: Peso corporal, en kilogramos.

Ta: Talla, en centímetros.

$$PPT = \left( \frac{Pca + Pcab + Pbr}{3} \right) \cdot \frac{Pe}{Ta} \text{ ,para los varones}$$

Dónde:

Pca: Perímetro de caderas, en centímetros.

Pcab: Perímetro abdominal, en centímetros.

Pb: Perímetro de brazo, en centímetros.

P: Peso corporal, en kilogramos.

T: Talla, en centímetros.

Para la determinación de los modelos que se proponen para el cálculo del %MG., tanto en hombres como en mujeres, se utilizaron como referencia (concomitante), los métodos basados en los protocolos de Durning & Womersley (1988), y Slaughter (1988),

### **3.5. Limitaciones de la investigación.**

El estudio se ha visto limitado por la falta de disponibilidad de los niños, en horas que no fueran las asignadas en el programa horario destinado a las horas de Educación Física, lo que significó que algunos de los grupos de estudio fueron medidos por la mañana y otros por la tarde.

### 3.6. Tratamiento estadístico de los datos.

Los datos obtenidos, fueron registrados en planillas por edades y sexo con formato de borrador. La transferencia de los datos a las planillas especiales (Microsoft Excel), fue realizada por el doctorando autor de la investigación, para su posterior análisis estadístico, utilizando estadígrafos de tendencia central como la media muestral y la media poblacional, y estadígrafos de dispersión como la amplitud y la desviación estándar.

El nivel de significancia para la correlación fue dado por  $\alpha < 0.05$ , es decir, con un t críticos de 1, aplicándose la prueba t con la siguiente ecuación:

$$t = \frac{r - 0}{\sqrt{(1 - r^2) / (n - 2)}}$$

Por otra parte, se determinó el intervalo de confianza para calcular la media poblacional ( $\mu$ ) a partir de la media muestral ( $x$ ), empleando la siguiente ecuación, según Scheffler (1981):

$$X \pm Ds (t 0.01)$$

La prueba de “Rangos Asignados de Wilcoxon”, es una prueba no paramétrica, es decir, libre del tipo de distribución de la población en estudio. La prueba en sí, es un proceso que considera etapas que se inician con el planteamiento de las hipótesis y termina con la decisión de rechazar, o no, la hipótesis nula, a un cierto nivel de significación, que para este trabajo es de un 5%.

La región de rechazo de la hipótesis nula  $H_0$ , está determinada por el valor crítico de Z, para un nivel de significación del 5%, de un ensayo bilateral. Este valor crítico es  $\pm 1,96$ .

## CAPITULO IV. RESULTADOS

### 4.1. Presentación y análisis de los resultados.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de las medidas antropométricas establecidas para el estudio, los presentamos, a continuación, en las diferentes Tablas y Figuras.

En el caso de los hombres, en los datos presentados en la TABLA 13, podemos apreciar que en todas las mediciones realizadas, tanto de peso, talla y perímetros, se detecta un aumento progresivo en sus dimensiones a medida que éstos aumentan de edad, entre los 10 años y los 14 años, situación que se atribuye al proceso del desarrollo evolutivo en esta etapa de la vida (Pikunas, 1979). Es así, como se observan diferencias porcentuales, siendo la de mayor aumento la talla, con un 39,36%. En cambio, el peso corporal, aumenta un 11,41%. Si nos referimos a los perímetros, estos aumentan un 8,38% en las caderas, y un 0,82% en el caso del perímetro del brazo. Estos antecedentes son similares a los encontrados en el estudio realizado en la población escolar de la Región de Tarapacá (Díaz, 2002).

TABLA 13. Promedios (x) y Desviación estándar (Ds) de las variables de peso, talla, y perímetros corporales de escolares, hombres, de rango etario de 10 a 14 años.

		PERIMETROS						
EDAD	n		TALLA	PESO	ABDOMEN	CADERA.	MUSLO	BRAZO
			cm	Kg	cm	cm	cm	cm
10	141	X	140	38,12	65,17	76,57	43,5	21,81
		Ds	6,9	8,37	8,81	7,57	4,12	3,12
11	141	X	147	44,51	68,39	80,77	45,88	22,69
		Ds	9,19	10,72	9,3	9,25	5,56	2,39
12	141	X	154	52,17	71,44	83,85	48,71	24,31
		Ds	7,68	12,12	8,96	10,15	5,17	2,79
13	141	X	159	54,08	73,64	85,04	51,72	25,09
		Ds	8,85	10,4	11,29	9,08	7,23	2,93
14	141	X	164	57,85	75,85	86,29	52,1	25,08
		Ds	8,16	12,06	12,21	9,14	6,78	3,34
*			24	19,73	10,86	9,72	8,6	3,3

(\*Diferencia de crecimiento entre los 10 y los 14 años).

En la TABLA 14, se presentan los resultados obtenidos mediante las mediciones de los pliegues cutáneos. Dichos pliegues, reflejan la acumulación de grasa subcutánea y, es así como se puede observar la magnitud de éstos, destacando que los de mayor espesor se encuentran en las zonas iliaca y abdominal. Podemos apreciar que, a los 11 años, se presenta un leve aumento de la dimensión del pliegue abdominal para, posteriormente, disminuir su espesor entre los 12 y 13 años, llegando, a los 14 años, a un valor similar al observado en los 10 años. (Gráfico 1).

TABLA14. Promedios (x) y Desviación estándar (Ds) de las variables de peso, talla y pliegues grasos de escolares hombres de rango etario de 10 a 14 años.

EDAD	n		PLIEGUES GRASOS						
			TALLA cm	PESO Kg	BICEPS mm	TRICEPS mm	SUBESC mm	ILIACO mm	ABDOM mm
10	141	X	140	38,12	7,67	14,27	14,82	20,59	20,23
		Ds	6,9	8,37	2,45	5,91	4,12	14,14	12,12
11	141	X	147	44,51	7,58	13,65	17,51	20,22	25,52
		Ds	9,19	10,72	2,35	5,26	5,16	7,82	9,18
12	141	X	154	52,17	8,42	14,56	19,22	22,59	24,61
		Ds	7,68	12,12	3,24	6,18	7,78	13,73	11,87
13	141	X	159	54,08	9,26	14,29	18,68	23,60	22,53
		Ds	8,85	10,4	3,24	6,01	7,19	10,27	8,81
14	141	X	164	57,85	7,03	12,09	16,38	21,73	20,48
		Ds	8,16	12,06	3,15	5,75	7,28	10,08	12,4

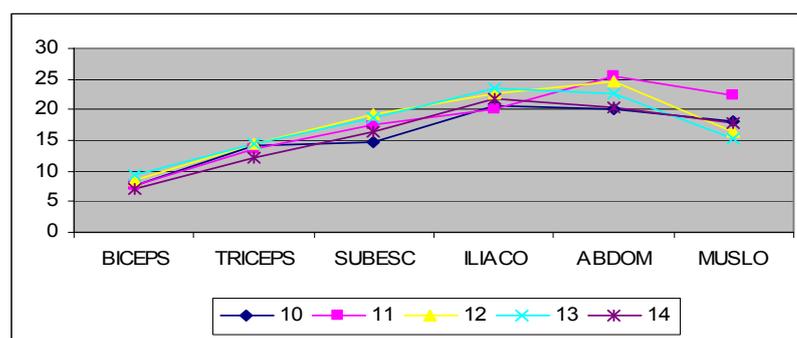


Gráfico 1. Evolución de las dimensiones de los pliegues grasos de los hombres, según se avanza en la edad.

En la TABLA 15, se muestran los promedios del porcentaje de grasa corporal estimada, por pliegues cutáneos y por perímetros corporales, según los protocolos de Slaughter (1988), Durning & Womersley (1988), y el método

propuesto (PPT) en la presente investigación, respectivamente. Del análisis de estos datos, se puede manifestar que no se aprecian diferencias significativas en los %MG, obtenidos mediante estos métodos que hemos aplicado ( $p > 0,05$ ), con un  $t$  crítico de 1,960. De igual forma, al aplicar la prueba “Rangos Asignados de Wilcoxon, (Steel & Torrie, 1995), se ratifica la no existencia de diferencias significativas en los %MG obtenidos por cada uno de los protocolos en estudio.

TABLA 15. Promedios ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (Ds) de %MG de escolares hombres, de rango etario de 10 a 14 años, según el método utilizado.

EDAD	n	TALLA	PESO	SLAUGHTER	DURMING	PPT
				% MG	% MG	% MG
10 Años	141	140	38,12	28,85	27,19	29,08
	Ds	6,9	8,37	9,28	6,07	2,60
11 años	141	147	44,51	29,54	27,94	30,28
	Ds	9,19	10,72	4,19	3,72	2,78
12 años	141	154	52,17	30,17	28,50	29,72
	Ds	7,68	12,12	5,37	4,96	2,56
13 años	141	159	54,08	25,69	25,19	26,77
	Ds	8,85	10,4	7,32	6,72	4,43
14 años	141	164	57,85	28,39	26,77	27,74
	Ds	8,16	12,06	7,60	5,57	5,13

\*  $p < 0,05$

En el caso de las mujeres, los resultados los hemos reflejado en las TABLAS 16, 17 y 18. La TABLA 16, corresponde a las mediciones realizadas en las niñas, y en ella, podemos apreciar que, al igual que en el caso de los niños, todas las medidas realizadas, tanto de peso, talla y perímetros, presentan un aumento continuo en sus dimensiones, es decir, a medida que aumentan de edad, entre los 10 años y los 14 años. Es así como, se aprecia un aumento progresivo de los perímetros de cintura (5,54%), cadera (12,50%), muslo (9,68%), y brazo (2,04 %), lo que es coincidente con la magnitud de los pliegues grasos respectivos, presentados en la TABLA 17.

TABLA 16. Promedios (x) y Desviación estándar (Ds) de las variables de peso, talla, y perímetros corporales, de escolares mujeres de rango etario de 10 a 14 años.

<b>PERIMETROS CORPORALES</b>							
EDAD	n	TALLA	PESO	ABDOMEN	CADERA	MUSLO	BRAZO
		cm	kg	cm	cm	cm	cm
10	204	141	39,40	67,51	79,12	22,58	28,81
		Ds	7,6	7,48	6,95	6,34	6,93
11	204	147	43,77	67,69	83,27	46,85	26,05
		Ds	8,6	9,98	9,90	10,49	10,13
12	204	153	49,63	69,81	86,59	50,20	24,79
		Ds	7,6	10,39	8,65	10,11	8,04
13	204	157	53,04	72,31	91,87	55,21	24,41
		Ds	6,4	9,46	11,03	7,65	3,92
14	204	158	54,50	74,87	92,63	44,41	34,66
		Ds	5,7	10,04	11,59	8,57	14,36
		*	17,0	15,1	7,4	13,5	21,8

\* Diferencia de crecimiento entre los 10 y 14 años.

Por otro lado, en la TABLA 16, se observa que, el perímetro de brazo, presenta fluctuaciones en sus dimensiones durante esta etapa de desarrollo. En la TABLA 17, presentamos los datos obtenidos en la medición de los pliegues grasos. En ella, podemos apreciar que los pliegues de mayor volumen, en todas las edades, son los pliegues iliaco, y abdominal, los cuales, de forma indirecta, nos están señalando los puntos anatómicos de mayor acumulación de la grasa corporal, y que se asocian a una situación de sobrepeso y obesidad. Su evolución se puede observar más claramente en el Gráfico 2.

TABLA 17. Promedios (x) y Desviación estándar (Ds) de las variables de peso, talla y pliegues grasos de escolares, mujeres, de rango etario de 10 a 14 años.

<b>PLIEGUES GRASOS</b>										
EDAD	n		TALLA	PESO	BICEPS	TRICEPS	SUBSCAP	ILIACO	ABDOM	MUSLO
			cm	kg	cm	cm	cm	cm	cm	cm
10	204	X	141	39,40	10,09	17,27	23,29	27,73	23,14	18,90
		Ds	7,6	7,48	3,0	3,10	7,06	7,70	6,55	6,32
11	204	X	147	43,77	9,13	15,66	18,92	22,40	25,75	22,39
		Ds	8,6	9,98	3,18	4,32	6,16	8,07	8,89	7,08
12	204	X	153	49,63	9,43	14,30	18,23	23,54	24,67	16,46
		Ds	7,6	10,39	3,57	4,99	6,70	9,83	9,08	5,83
13	204	X	157	53,04	9,22	14,28	18,56	23,72	22,40	15,40
		Ds	6,4	9,46	3,24	5,98	6,97	8,84	7,80	5,20
14	204	X	158	54,50	9,54	14,63	21,24	22,63	23,25	17,75
		Ds	5,7	10,04	3,41	5,20	8,98	10,94	7,22	7,19

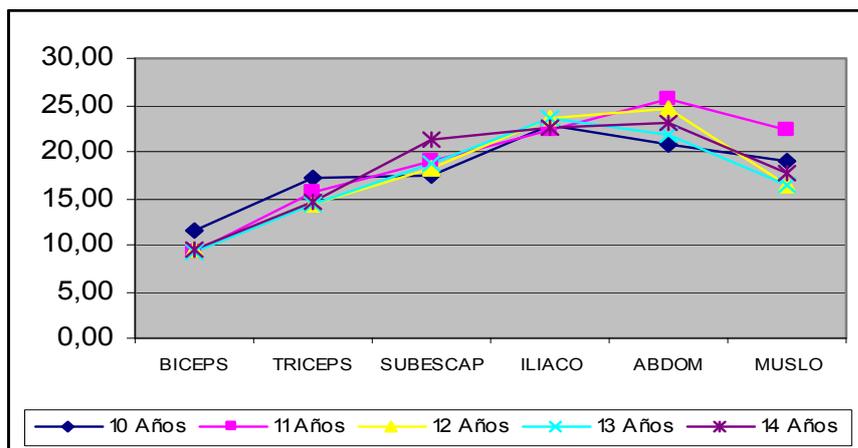


Gráfico 2. Evolución de las dimensiones de los pliegues grasos de las mujeres, según se avanza en la edad.

Estos resultados, se ven refrendados por los datos presentados en la TABLA 18. En ella, se pueden observar los promedios del porcentaje de grasa corporal estimada, por pliegues cutáneos y por perímetros corporales, según los protocolos de Slaughter (1988), Durning & Womersley (1988), y el PPT propuesto en esta investigación. De esta forma, podemos afirmar, que las niñas presentan mayor %MG que los niños, apreciándose valores que las clasifican como personas con sobrepeso y obesas en todas sus edades.

TABLA 18. Promedios ( $\bar{x}$ ) y Desviación estándar (Ds) de %MG de escolares, mujeres, de rango etario de 10 a 14 años.

EDAD	n		TALLA	PESO	SLAUGHTER	DURNING	PPT
					%MG	%MG	%MG
10	204	X	141	39,40	30,10	32,86	29,22
		Ds	7,56	7,48	5,68	4,37	1,60
11	204	X	147	43,77	28,73	31,80	29,83
		Ds	8,6	9,98	5,25	4,24	2,06
12	204	X	152,68	49,63	30,08	31,63	30,65
		Ds	7,64	10,39	5,41	4,62	2,00
13	204	X	156,51	53,04	30,33	30,65	30,40
		Ds	6,45	9,46	5,75	4,12	3,40
14	204	X	158,19	54,50	27,15	31,22	30,90
		Ds	5,68	10,04	5,46	4,01	3,85

\*p < 0,5

Estas diferencias observadas entre géneros, con respecto a cantidad y distribución del tejido adiposo, se dan durante la pubertad, etapa en la que la cantidad total de tejido adiposo, es mucho mayor en las niñas que en los niños. Esto sucede, principalmente, por algunas características sexuales secundarias que afloran en esa época de la vida en la mujer (Pikunas, 1979), lo que es designado como grasa específica del sexo, y corresponde a la acumulación de tejido adiposo en la zona femoroglútea y en los senos.

En cuanto a los protocolos aplicados, igual que se observó en los varones, podemos afirmar, que de acuerdo a la prueba t de Student, no aparecen diferencias significativas entre ellos ( $p > 0,05$ ).

De igual forma, resultados similares se obtuvieron al realizar la aplicación de la prueba de “Rangos Asignados de Wilcoxon” (Steel & Torrie, 1995). Es decir, no se observan diferencias significativas entre los resultados obtenidos por cada uno de los métodos utilizados.

También es necesario destacar, que los valores promedios del %MG alcanzados con cualquiera de los protocolos utilizados, nos muestran un alto nivel de sobrepeso y obesidad en la población estudiada, lo que estaría corroborando el aumento de la obesidad en esta población escolar de ciudad de Arica, confirmando así, lo publicado en el estudio de Díaz (2002).

La aplicación de la prueba “Rangos Asignados de Wilcoxon”, usada en esta oportunidad, ha permitido determinar ecuaciones que sirven para predecir, de forma indirecta el %MG esperado en los escolares objeto de estudio. Es así, como las ecuaciones propuestas para las mujeres son las siguientes:

a) Para el grupo de mujeres de: 10, 11 y 12 años.

$$\%MG = 0,39 \cdot PPT + 23,25$$

b) Para el grupo de mujeres de: 13 y 14 años.

$$\%MG = 0,62 \cdot PPT + 17,56$$

Dónde:

PPT = Sumatoria de Perímetros corporales, Peso, y Talla.

Las ecuaciones propuestas para los varones son:

a) Para el grupo de hombres de: 10, 11 y 12 años.

$$\%MG = 0,53 \cdot PPT + 20,94$$

b) Para el grupo de hombres de: 13 y 14 años.

$$\%MG = 0,77 \cdot PPT + 10,53$$

Dónde:

PPT = Sumatoria de Perímetros corporales, Peso y Talla

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En relación al modelo aplicado, es necesario citar la opinión de Berral et al. (2001), quienes afirman que la utilización de ecuaciones obtenidas en adultos, aplicadas a poblaciones de niños y adolescentes, dan lugar a imprecisiones en la estimación de la composición corporal de éstos. Además, añaden que en un diseño transversal cuyo objetivo es describir el %MG de la población en un momento dado, se valora más el coste, la inocuidad, la rapidez y la sencillez de la aplicación de la técnica que su altísima precisión. Por esta razón, el método propuesto, Perímetros, Peso y Talla (PPT), es válido, ya que cumple con estas características.

Los estudios más cercanos al método propuesto, método PPT, son las investigaciones realizadas por Berral et al. (2001), en una población, semejante a la usada en esta investigación, niños españoles, de 10 a 14 años, el trabajo llevado a cabo por Hirschler et al. (2005) en niños argentinos, así como el efectuado por Vinicus de Mello et al. (2007) en niñas escolares brasileñas de 7 a 10 años de edad.

Los niños del estudio realizado por Berral et al (2001), no difieren, en cuanto a peso y talla, de los niños participantes en nuestra investigación. No obstante, los niños que integran nuestra muestra presentan un mayor %MG que los niños españoles en los resultados obtenidos con el método de Slaughter (1988).

En cuanto a la investigación realizada por Hirschler et al. (2005), la población de estudio corresponde a niños argentinos en edades de 6 a 13 años. En este caso, el estudio busca relacionar el índice de circunferencia de cintura con el Síndrome Metabólico, llegando a la conclusión de que este índice tiene una alta relación con el nivel de obesidad y con las enfermedades cardiovasculares. En este caso, los antecedentes obtenidos en nuestro trabajo,

y los valores alcanzados por los niños en estudio, presentan, como promedio, una diferencia de no más de 4 cm. por edad en el perímetro de circunferencia con respecto a los niños argentinos, lo que los clasifica en el percentil 50 según la tabla presentada por Hirschler et al. (2005).

Una vez analizado el estudio de Vinicus de Mello et al. (2007) realizado en 61 niñas escolares brasileñas de 7 a 10 años de edad, comparando el método propuesto por Slaughter et al. (1998) y la dimensiones de las circunferencia de cuello, tórax, cintura, abdomen, cadera, gemelo, brazo relajado y puño, podemos afirmar que el tipo de metodología aplicada en nuestro trabajo, mediante la medición de circunferencias, peso, y talla, es menos invasivo y fácil de aplicar que la medición de los pliegues.

A este respecto, Fernández (2003), manifiesta que Penroe & Fischer (1985) opinan que, las medidas de circunferencias o perimétricas de algunas partes específicas del cuerpo humano (perímetro de: cadera, abdominal, cintura, y muslo), pueden ser usadas para pronosticar el %MG, ya que, se supone que estas medidas tiene una relación positiva. Por lo tanto, cuando los perímetros corporales aumentan, se supone que los niveles de grasa corporal también aumentan.

En nuestro trabajo, la determinación del %MG mediante la creación de un método nominado como PPT, se encuentra respaldada mediante el tratamiento estadístico del test Wilcoxon (prueba W), que ha demostrado que no existen diferencias significativas entre el método propuesto y los métodos de Slaughter (1988), y Durning & Womerley (1988), aplicados a una misma población, en este caso escolares, damas y varones, en edades de 10 a 14 años.

Por otro lado, Bouchard et al. (1994), manifiestan que el IMC no difiere entre masa grasa y masa residual, mientras que Vázquez (1999), apunta que la medición exacta de la grasa abdominal es un procedimiento caro y no adecuado para estudios epidemiológicos. Pero esto, sin embargo, no sucede con el método que hemos propuesto: Perímetros, Peso y Talla (PPT).

A finales de la década de los años 80, surge la proposición del índice cintura-cadera (ICC), el cual fue creado como un medio para conocer el nivel de obesidad en las personas adultas, mediante la medición de los perímetros de cintura y cadera, aceptándose como punto de corte del  $ICC > 1.0$  en los hombres y  $> 0.85$  en las mujeres. Esta adiposidad abdominal se correlaciona enormemente con alteraciones metabólicas y enfermedades no transmisibles tales como: presión sanguínea elevada, apoplejías y diabetes. Sin embargo, todos estos índices han sido principalmente creados para ser aplicados en adultos jóvenes o adultos en general, produciéndose una laguna en el caso de los niños y niñas en edades comprendidas entre los 6 y los 14 años. Tomando como antecedente lo manifestado por Bouchard et al. (1994), en relación a los puntos de mayor depósito de la grasa corporal (región abdominal, muslos, sector de cintura, caderas y brazo), y su asociación con alteraciones metabólicas y enfermedades no transmisibles, es como en la presente investigación se asocian estas variables para determinar el %MG mediante la creación de un índice llamado PPT, que fue tratado con las ecuaciones resultantes de la aplicación del test Wilcoxon (prueba W), y que ha demostrado que no existen diferencias significativas entre el método propuesto y los métodos de Slaughter (1988), y Durning & Womerley (1988), aplicados a una misma población, en este caso escolares, damas y varones, en edades de 10 a 14 años.

Sáez (2005), destacan, citando a Wells (1992), que en la niñez (de los 7 a los 12 años), la cantidad de tejido adiposo subcutáneo que recubre las extremidades, tanto en niñas como en niños, es considerablemente mayor que

la recubre el tronco, pero que sin embargo, en la pubertad, los niños tienden a perder tejido adiposo en las extremidades y a ganarlo en el tronco, mientras que en el caso de las niñas la pérdida de tejido adiposo es menos pronunciada observándose mayor acumulación en los hombros, caderas, muslos y nalgas. Estas afirmaciones se confirman en nuestro estudio, ya que, al realizar un análisis de correlación entre los perímetros de cintura, cadera, muslo y brazo, con el %MG obtenido a través del método que proponemos se obtienen valores que así lo ponen de manifiesto.

Ara (2005) señala que la masa grasa total aumenta debido a la acumulación de masa grasa en todas las regiones, pero especialmente a nivel del tronco en los sujetos menos activos, aspecto este que se confirma en nuestro trabajo.

La metodología que hemos aplicado, mediante la medición de de perímetro de circunferencias, peso y talla, es, por lo tanto, menos invasiva que la medición de pliegues, y sus resultados nos permiten determinar de forma indirecta y aceptable el %MG de las niñas o niños, coincidiendo con Fernández Filho (2003) cuando afirma que existe una compatibilidad fiable en la medición del porcentaje de grasa corporal de adultos utilizando las medidas de circunferencia y las medidas de pliegues cutáneos, debido a que los puntos o áreas anatómicas son coincidentes.

La inclusión de las variables antropométricas peso y talla, así como el rango de edad, en nuestro modelo, permite determinar los rangos de aplicación de la ecuación desarrollada en nuestro estudio, tal y como sucede en el trabajo realizado por López Calbet, Armengol, Chavarren & Dorado (1997) con adultos varones de las Islas Canarias.

## **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

1. Además de ser no invasiva, la técnica propuesta, permite determinar el %MG en los niños y niñas, sin la necesidad de tener que utilizar una implementación de alto costo (cálipers, máquinas de impedancia eléctrica, etc.) y sin requerir demasiado tiempo (no se necesitan más de 4 a 5 minutos en su aplicación, por sujeto evaluado).
2. En las cuatro oportunidades en que se aplicó la Prueba "W", en los rangos de edad de 10 a 12 y 13 a 14, en damas y varones, los resultados presentaron diferencias no significativas, al nivel del 5%. Es por ello, que podemos aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ), la cual, señala que: no existe diferencia significativa, entre los %MG obtenidos mediante métodos que utilizan la medición de pliegues grasos, en los escolares de 10 a 14 años de edad, frente a un método que utilice medidas de peso corporal, talla, perímetro de cintura, perímetro de cadera, perímetro brazo, y perímetro de muslo ( $p > 0,05$ ).
3. A través de la aplicación de nuestro protocolo (PPT) se obtienen resultados similares a los que se alcanzan con los métodos de Durning & Womersley (1988), y Slaughter (1988). Por lo tanto, dicho protocolo, constituye una alternativa viable en la determinación del %MG en las niñas y niños de 10 a 14 años.
4. El modelo propuesto, al ser de fácil ejecución, puede ser utilizada por el profesor de curso y el profesor de Educación Física, con los alumnos que estén bajo su dirección, para, de esta forma, ejercer un control sobre los niveles de sobrepeso y obesidad que estos presenten.

## **PROSPECTIVA DE FUTURO**

## **PROSPECTIVA DE FUTURO**

En un futuro estudio, sería interesante, poder aplicar este método, PPT, en escolares del primer ciclo básico (en edades de 6 a 9 años), y de Educación Media (en edades de 15 a 18 años), con la finalidad de determinar si en estas poblaciones, es posible la implementación de esta técnica y conseguir así la validación de su aplicación.

La existencia de unos valores de referencia reales, de porcentaje de masa grasa, de los escolares de nuestro entorno, permitirá determinar si un sujeto está dentro del rango de la normalidad o fuera del mismo.

El presente estudio se puede replicar a nivel local en otras comunas de Chile e igualmente, a nivel regional, por intervalos de edad y género. De la misma manera, en otros países de Latinoamérica.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**BIBLIOGRAFÍA**

- Albala, C.; Vio, F. & Kain, J. (1995). Epidemiologic transition in Latin America the case of Chile. *Public Health*, 109, 413-442.
- Albala, C.; Vio, F. & Kain, J. (1998). Obesidad: un desafío pendiente en Chile. *Revista Médica Chile*, 126, 1001-1009.
- Arancetas, J. & Pérez, C. (1996). Prevalencia de la obesidad en España Informe preliminar. Barcelona: Sociedad española para el Estudio de la Obesidad. SEEDO.
- Anderson, D. & Wadden, T. (1999). Treating the Obese Patient: Suggestions for Primary Care Practice. *Archives of Family Medicine*, 8 (2), 156-167.
- Apud, E. & Jones, P. (1980). Validez de la medición del grosor de los pliegues de grasa subcutánea en estudios de composición corporal, con referencia a las ecuaciones de Durning & Womersley. *Revista Médica Chile*, 108, 807-13.
- Ara, I. (2005). Obesidad ejercicio físico y crecimiento en la población infantil en Gran Canaria: estudio longitudinal. Tesis Doctoral no publicada. Departamento de Educación Física de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Ara, I.; Vicente, G.; Jiménez, J.; Dorado, C.; Serrano, J.A. & Calbet, JAL (2004). Regular participation in sports is associated and lower fat mass in prepuberal boys. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 28, 1585-1593.
- Ara, I. ; Vicente, G. ; Pérez, J., et al. (2006). Influence of extracurricular sport activities on body composition and physical fitness in boys: a 3-year longitudinal study. *Int j Obes (Lond)*, 30, 1062-1071.
- Bar-Or, O. (2004). La epidemia de la obesidad juvenil: contraataque con actividad física. *Archivos de la Sociedad Chilena de Medicina del Deporte*, Enero-Junio, 25-36.
- Bastos, A.; González, B.; González, O.; Salguero del Valle, A. (2005). Obesidad, nutrición y actividad física. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y Deporte*. 5 (18), 140-153.

- <http://cdeportes.rediris.es/revista/revista18/artobesidad11.htm> [Consulta: 18 de junio de 2005].
- Behnke, A. (1942). Physiological studies pertaining to deep sea diving and aviation especially in relation to the fat content and composition of the body. *Harvey Lectures* (1941-1942), 198-220.
- Behnke, A. & Wilmore, J. (1974). *Evaluation and regulation of body build and composition*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Berkey, C.S.; Rockett, H.R.; Gillman, M.W. & Colditz, G.A. (2003). One-year changes in activity and inactivity among 10 to 15 year-old boys and girls: relationship to change in body mass index. *Pediatrics*, 111(4 Pt 1), 836-843.
- Berral, F. & Holway, F. (2004). *Cineantropometría y Composición Corporal*. [http://webs.ono.com/usr000/nutridepor/pagina\\_nueva35.htm170k](http://webs.ono.com/usr000/nutridepor/pagina_nueva35.htm170k) [Consulta: 22 de abril de 2005].
- Berrios, X.; Jadue, L. & Zenteno, J. (1990). Enfermedades crónicas del adulto. Estudio de algunos factores de riesgo en población general urbana de la Región Metropolitana, 1986-1987. *Revista Médica Chile*, 118, 1042-1043.
- Bevilacqua, F. (1996). *Fisiopatología Clínica*. Rio Janeiro: El Ateneo.
- Björntor, P. (1991). Adipose tissue distribution and function. *International Journal Obesity*, 15, 67.
- Björntor, P. (1992). Fat cell distribution and metabolism in human obesity. *Annual National Academic Science*, 499, 66-72.
- Bouchard, C. (1989). Genetic factors in obesity. *The Med. Clin.*, 73 (1), 67-81.
- Bouchard, C. (1991). Genetic influences on body composition and regional fat distribution. *Boletín de la Asociación Médica de Puerto Rico*, 83 (8), 354-356.
- Bouchard, C. (2004). *Body Composition, Energy Balance, and Weight Control*. New York: Human Kinetics.
- Bouchard, C.; Perusse, L.; Rice, T. & Rao, D.C. (2004). *Genetics of human obesity*. New York: Human Kinetics.

- Brambilla, P.; Bedogni, G.; Moreno, L.A., et al. (2006). Crossvalidation of anthropometry against magnetic resonance imaging for the assessment of visceral and subcutaneous adipose tissue in children. *Int J Obe (Lond)*, 30, 23-30.
- Bray, G.A. & Gray, D.S. (1988). Anthropometric measurements in the obese. In T. Lohman; A. Roche; & R. Martorell (Ed.). *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Brozek, J.; Grande, F.; Anderson, J.T. & Keys, A. (1963). Densitometric Analysis of Body Composition: Revision of Some Quantitative Assumptions. *Ann. N.Y. Acad. Sce.*, 110, 113-140.
- Burrows, R. (2000). ¿Existe realmente una asociación entre la obesidad infantil y la del adulto. In C. Aballa, J. Kain, R. Burrow & E. Díaz (Ed.). *Obesidad un Desafío Pendiente*, 284–285, Santiago: Editorial Universitaria.
- Campbell, D. & Stanley, J. (1991). *Diseños experimental y Cuasiexperimental en la Investigación Social*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Chile. Ministerio de Salud – MINSAL. (1993). *Situación y atención de la salud en Chile*. Santiago: Minsal.
- Chile. Ministerio de Planificación y Cooperación – MIDEPLAN (1998). *División Social. Resultados Encuesta de Características Sociales Económicas (CASEN)*. Santiago: Mideplan.
- Deurenberg, P.; Pieters, J. & Hautuast, J. (1990). The assessment of the body fat percentage by skinfold thickness measurements in childhood and young adolescent. *British Journal of Nutrition*, 63 (2), 273-283.
- Díaz, E. & Saavedra C. (2004). *Actividad física y ejercicio en la etiología, prevención y tratamiento de la obesidad*. Santiago: U. de Chile.
- Díaz, J. (1999). *Cineantropometría y Evaluación Física Deportiva*. Arica: Universidad de Tarapacá.
- Díaz, J. (2002). *Composición Corporal y porcentaje de masa grasa en escolares de la comuna de Arica*. V Congreso Internacional de Investigación y Perfeccionamiento en Ciencias de la Actividad Física y Salud. Arica, 14

- al 17 Agosto. (Proceedings) V Congreso Internacional de Investigación y Perfeccionamiento en Ciencias de la Actividad Física y Salud, 304 – 315.
- Ducimietre, P.; Richard, J. & Cambien, F. (1986). The pattern of subcutaneous fat distribution in middle-aged men and the risk of coronary heart disease. *The París Prospective Study. International Journal of Obesity*, 10, 229-240.
- Drinkwater, D.T. & Ross, W.D. (1980). Antropometric fractionation of body mass. M. Ostyn, G. Beunen, and P. Simons (Ed.). *Kinanthropometry II*, 178 – 189.
- Drinkwater, D.T. (1984). *An anatomically derived method for the anthropometric estimation of human body composition*. Unpublished. Doctoral Dissertation. Simón Frase University BC. Canadá.
- Durning 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*, 22, 15 -35.
- Eisenmann, J.C.; Welk, G.J.; Ihmels, M., et al. Fatness, fitness, and cardiovascular disease risk factors in children and adolescents. (2007). *Med Sci Sports Exerc*, 39, 1251-1256.
- Eisenmann, J.C.; Welk, G.J.; Wickel, E.E., et al. (2007). Combined influence of cardiorespiratory fitness and body mass index on cardiovascular disease risk factors among 8-18 year old youth: The Aerobics Center Longitudinal Study. *Int J Pediatr Obes*, 2, 66-72.
- Fernandez-Vieitez, J.A. (1999). Compresibilidad del pliegue cutáneo y su relación con algunas variables biológicas. Evidencias en cadáveres humanos. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 13 (1), 18-33.
- Fernández, J. (2003). *A prática da Avaliação Física*. Rio de Janeiro: Shape.
- Filozof, C. (1994). Composición Corporal: Impedancia Bioeléctrica. *Revista de Actualización en Ciencias del Deporte*, 2 (8), 270–278.
- Garrido, R.P. (2005). Manual de antropometría. Sevilla: Wanceulen.

- Garrido, R. & González, M. (2005). Comparación de las fórmulas de Lee y Martin para el cálculo de la masa muscular de 3125 deportistas de alto nivel. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 10 (82).  
<http://www.efdeportes.com/efd82/compara.htm> [Consulta: 25 de julio de 2006]
- Garrido, R. & González, M. (2004). Índice de masa corporal y composición corporal: Un estudio antropométrico de 2500 deportistas de alto nivel. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 76 (84).
- Gnavi, R.; Spagnoli, T.D.; Galotto, C., et al. (2000). Socioeconomic status, overweight and obesity in prepuberal children: a study in an area of Northern Italy. *Eur J Epidemiol*, 16, 797-803.
- González-Gross, M.; Ruiz, J.R.; Moreno, L.A., et al. (2003). Body composition and physical performance of Spanish adolescents: the AVENA pilot study. *Acta Diatbol*, 40 Suppl (1), 299-301.  
<http://www.efdeportes.com/efd76/antrop.htm> [Consulta: 25 julio 2006].
- Goran, M. (2001). Metabolic precursors and effects of obesity in children: a decade of progress, 1990–1999. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73, 158–71.
- Gran, S.M. Leonard, W.R. & Hawthorne, VM. (1986). Three limitations of the body mass index. *American Journal of Clinical Nutrition*, 44, 996-997.
- Guedes, D. & Ribeiro, J. (1998). *Controle do peso corporal Composição e Corporal, Atividade Física e Nutrição*. Londrina Paraná: Midiograf.
- Guo, S.S.; Wu, W.; Chumlea, W.C. & Roche, A.F. (2002). Predicting overweight and obesity in adulthood from body mass index values in childhood and adolescence. *Am J Clin Nutr*, 76(3), 653-658.
- Gutin, B. ; Jonson, M.H. ; Humphries, M.C., et al. (2007). Relationship of visceral adiposity to cardiovascular disease risk factors in black and white teens. *Obesity (Silver Spring)*, 15, 1029-1035.
- Gutin, B. ; Yin, Z. ; Humphries, M.C., et al. (2005). Relations of moderate and vigorous physical activity to fitness and fatness in adolescents. *Am J Clin Nutr*, 81, 746-750.

- Harder, T.; Rodekamp, E.; Schellong, K., et al. (2007). Birth weight and subsequent risk of type 2 diabetes: a meta-analysis. *Am J Epidemiol*, 165, 849-857.
- Heyward, V. (1996). Evaluation of Body Composition. *Sport Medicine*, 22 (3), 146-156.
- Hirschler, V.; Delfino, A.M.; Clemente, G., Aranda, C.; Calcagnano, M. de L.; Pettinicchio, H. & Jadzinsky, M. (2005). ¿Es la circunferencia de cintura un componente del síndrome metabólico en la infancia? *Archivos Argentinos de Pediatría*, 103 (1), 7-13.
- Holway, F. (2002). La Composición Corporal: Mitos y Presunciones Científicas. <http://www.nutrinfo.com.ar/pagina/info/cocorp1.html>. [Consulta: 9 de mayo de 2002].
- Holway, F. (2003). *Composición Corporal (1ª parte)*. Apuntes de Cineantropometría entregados por la ISAK. Universidad Mayor. Chile: U. Mayor.
- Hsieh, S.D.; Yoshinaga, H.; & Muto, T. (2003). Waist-to-height ratio, a simple and practical index for assessing central fat distribution and metabolic risk in Japanese men and women. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 27, 610-616.
- Hussey, J.; Bell, C.; Bennett, K., et al. (2007). Relationship between the intensity of physical activity, inactivity, cardiorespiratory fitness and body composition in 7-10-year-old Dublin children. *Br J Sports Med*, 41, 311-316.
- Ibáñez, R. (2003). Técnicas de medida de densidad de masa ósea. *Anales*, 26 (3). <http://www.cfnavarra.es/salud/anales/textos/vol26/sup3/suple3a.html> [Consulta: 26 de julio de 2005].
- Ivanovic, D., Olivares, M. & Ivanovic, R. (1990). Estado nutricional de escolares según sexo y edad. Región Metropolitana, Chile 1986-1987. *Rev. Medicina Chile*, 118, 916-924.
- Janssen, I.; Katzmarzyk, P.T.; Srinivasan, S.R., et al. (2005). Combined influence of body mass index and waist circumference on coronary artery

- disease risk factors among children and adolescents. *Pediatrics*, 115, 1623-1630.
- Jakicic, J.M. ; Clark, K. ; Coleman, E., et al. (2001). American College of Sports Medicine position stand. Appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc.*, 33 (12), 2145-2156.
- Jiménez, J. (2000). Composición corporal, actividad física y crecimiento en la población infantil de Gran Canaria. Tesis Doctoral no publicada. Departamento de Educación Física de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Katzmarzyk, P.T.; Srinivasan, S.R.; Chen, W., et al. (2004). Body mass index, waist circumference, and clustering of cardiovascular disease risk factors in a biracial sample of children and adolescents. *Pediatrics*, 114, 198-205.
- 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*. Unpublished Masters Thesis. Simon Fraser University, BC, Canada.
- Klein-Platat, C. ; Oujaa, M. ; Wagner, A., et al. (2005). Physical activity is inversely related to waist circumference in 12-y-old French adolescents. *Int J Obes (Lond)*, 29, 9-14.
- Klein-Platat, C. ; Wagner, A. ; Haan, M.C., et al. (2003). Prevalence and sociodemographic determinants of overweight in young French adolescents. *Diabetes/Metabolism Research Reviews*, 19, 153-158.
- Kuntzleman, CT. & Drake, D.A. (1985). *'Feeling' Good: Youth Fitness*. Technical Report submitted to WK Kellogg, Foundation Spring Arbor, Michigan.
- Kweitel, S.A. (2005). Índice de Masa Corporal: Herramienta poco Útil para determinar el Peso Ideal de un Deportista. *PubliCE Standard*.  
<http://www.sobreentrenamiento.com/PubliCE/Articulo.asp?Ida=510&tp=s>  
[Consulta: 8 de mayo de 2006].

- Lee, R.C. (2000). Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72 (3),796-803.
- Lee, S.J. & Arslanian, S.A. (2007). Cardiorespiratory fitness and abdominal adiposity in youth. *Eur J Clin Nutr*, 61, 561-565.
- Leighton, F. & Urquiaga, I. (2005). *Síndrome Metabólico: La enfermedad del siglo XXI*. Boletín PAM – CHILE. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago: Eit. P.U.C.C.H.
- Lobstein, T.J. ; Baur, L. & Uauy, R. (2004). Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obes Rev*, 5 Suppl (1), 4-104.
- Lobstein, T.J. & Frelut, M.L. (2003). Prevalence of overweight among children in Europe. *Obes Rev*, 4(4), 195-200.
- Lobstein, T.J. ; James, W.P. & Cole, T.J. (2003). Increasing levels of excess weight among children in England. *Int J Obes relat Metab Disord*, 27(9), 1136-1138.
- Lohman, T.G. (1981). Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review. *Human. Biol.*, 53(2), 181-226.
- Lohman,T.; Roche, A. & Martorell, R. (1991). *Anthropometric Standarization Reference Manual*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- López Calbet, J.A.; Armengol, O.; Chavarren, J. & Dorado, C. (1997). Anthropometric equation for assessment of percent body fact in adult males of the Canary Islands, *Med Clin (Barc)*, 108, 207-213.
- López Calbet, J.A.; Dorado, C. & Chavarren, J. (1996). Evaluación de la composición corporal mediante absorciometría fotónica dual de rayos X: aplicaciones y limitaciones en el ámbito del deporte. *Investigaciones en Ciencias del Deporte*, 8, 53-79.
- Magarey, A.M.; Daniels, L.A. & Boulton, T.J. (2001). Prevalence of overweight and obesity in Australian children and adolescents: reassessment of 1985 and 1995 data against new standard international definitions. *Med J Aust*, 174(11), 561-564.

- Martin, A.D. & Drinkwater, D.T. (1991). Variability in the measures of body fat. ¿Assumptions or technique? *Sports Med.* 11, 277-288.
- Martin A.D.; Drinkwater, D.T. & Clarys J.P. (1984). Prediction of body fat skinfold callipers: assumptions and cadaver evidence. *International Journal Obesity*, 7, 17-25.
- Martin, A.D.; Spents, L.F. & Drinkwater, D.T. (1990). Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22 (5), 729-733.
- Martínez, J.A.; Moreno, B. & Martínez-González, M.A. (2004). Prevalence of obesity in Spain. *Obes Rev*, 5(3), 171-172.
- Mazza, J. (1993). Proporcionalidad y fraccionamiento de la masa corporal. *Actualización en ciencias del deporte*, (1), 199.
- McArdle, W.; Katch, F. & Katch, V. (1986). *Fisiología del ejercicio. Energía, nutrición y rendimiento humano*. Madrid: Alianza Deporte.
- Moreno, E. & Hernández, A. (2000). Obesidad Infantil. *Endocrinología*, 47(2), 55-59.
- Moreno, L.A.; Blay, M.G.; Rodríguez, G., et al. (2006). Screening performances of the Internacional Obesity Task Force body mass index cut-off values in adolescents. *J Am Coll Nutr*, 25, 403-408.
- Moreno, L.A.; Fleta, J.; Sarria, A.; Rodríguez, G.; Gil, C. & Bueno, M. (2001) Secular changes in body fat patterning in children and adolescents of Zaragoza (Spain), 1980-1995. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 25 (11), 1656-1660.
- Nacleiro, F. (1997). *Métodos para valorar la Composición Corporal*.  
Formato de archivo:  
[www.msalud.com/docsnacler/COMPCORP1997.DOC](http://www.msalud.com/docsnacler/COMPCORP1997.DOC)
- Norton, K. & Olds, T. (2000). *Antropométrica*. Rosario: Biosystem.
- Ortega, F.B.; Ruiz, J.R. & Sjöström, M. (2007). Physical activity, overweight and central adiposity in Swedish children and adolescents: The European Youth Heart Study. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 4, 61.

- Ortega, F.B.; Ruiz, J.R.; Castillo, M.J., et al. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes (Lond)*, 32, 1-11.
- Ortega, F.B.; Ruiz, J.B.; Hurtig-Wennlof, A., et al. (2008). Physically active adolescents are more likely to have healthier cardiovascular fitness level independently of their adiposity status. The European Youth heart Study. *Rev Esp. Cardiol.*, 61, 123-129.
- Ortega, F.B.; Tresaco, B.; Ruiz, J.R., et al. (2007). Cardiorespiratory fitness and sedentary activities are associated with adiposity in adolescents. *Obesity (Silver Spring)*, 15, 1589-1599.
- Penroe, N. & Weltman, A. (1985). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfolds thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal Nutrition*, 32, 77.
- Petroski, L. (1999). *Antropometría, Técnicas e Padronizações*. Porto Alegre: Pallotti.
- Pikunas, J. (1979). *Desenvolvimento humano: uma ciência emergente*. São Paulo: McGraw-Hill.
- Pollock, M. & Wilmore, J. (1993). *Exercícios físicos na saúde e na doença*. Rio de Janeiro: Medís.
- Pootvliet, E.; Yngve, A.; Eklund, U., et al. (2003). The European Youth Heart Survey (EYHS): an international study that addresses the multi-dimensional issues of CDV risk factors. *Forum Nutr*, 56, 254-256.
- Porta, J.; González, J.; Galiano, D. & Tejedó, A. (1995). Valoración de la composición corporal, análisis crítico y metodológico. Parte I. *Car News*, 7, 4-13.
- Rizzo, N.S.; Ruiz, J.R.; Hurtig-Wennlof, A. et al. (2007). Relationship of physical activity, fitness, and fatness with clustered metabolic risk in children and adolescents: The European Youth Heart Study. *J Pediatr*, 150, 388-394.
- Rizzoli, E. (2006). Introducción a la Cineantropometría. *Revista de Cimentropometría*, 5, 14-18.

- Rodríguez, F.A.; Gusi, N.; Valenzuela, A.; Nácher, S.; Nogués, J. & Marina, M. (1998). Valoración de la condición física saludable en adultos (I): antecedentes y protocolos de la batería AFISAL-INEFC. *Apunts Educación Física y Deportes*, 52, 54-75.
- Rombeau, J. Bioelectrical Impedance Analysis in Body Composition Measurement. NIH Technology Assessment Conference Statement. December 12-14, 1994; 1-35. University of Pennsylvania. USA.
- Ross, W.D. & Wilson, N.C. (1984). *A stratagem for proportional growth assessment*. In J. Borms & M. Hebbelinck (Eds.), Children and exercise. *Acta Paediatrica Belgica*, 28, Supplement, 169-182.
- Ross W.D.; Eiben O.G.; Ward R.; Martin A.D.; Drinkwater D.T. & Clarys J.P. (1984). *Alternatives for the conventional methods of human body composition and physique assessment*. In J.A.P. Day (Ed) *Perspective in Kinanthropometry*. Champaign: Edit. Human Kinetics..
- Ross, W.D; Martin, A.D. & Ward, R. (1987). Body composition and aging: theoretical and methodological implications. Doctoral Dissertation. Simon Fraser University, BC Canadá.
- Ross, W.D. & Kerr, D.A. (1993). Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en Nutrición, Clínica y Medicina Deportiva. *Revista de Actualización en Ciencias del Deporte. PubliCE Standard*. 05/03/2004. Pid: 261.
- Rozowski, J. & Arteaga, A. (1997). Prevalencia de la obesidad en Chile. *Boletín de la Escuela de Medicina*, 26 (1), 1217-1224.
- Ruiz, J.R. ; Ortega, F.B. ; Loit, H.M., et al. (2007). Body fat is associated with blood pressure in school-aged girls with low cardiorespiratory fitness: The European Youth Heart Study. *J. Hypertens*, 25, 2027-2034.
- Ruiz, J.R.; Rizzo, N.S.; Hurting-Wennlöf, A., et al. (2006). Relations of total physical activity and intensity to fitness and fatness in children: The European Youth Heart Study. *Am J Clin Nutr*, 84, 298-302.

- Ruiz, J.R.; Rizzo, N.S.; Ortega, F.B., et al. (2007). Markers of insulin resistance are associated with fatness and fitness in school-aged children: The European Youth Heart Study. *Diabetología*, 50, 1401-1408.
- Saelens, B.E.; Seeley, R.J.; van Schaick, K. et al. (2007). Visceral abdominal fat is correlated with whole-body fat and physical activity among 8-y-old children at risk of obesity. *Am J Clin Nutr*, 85, 46-53.
- Sáez, M.P. (2004). Errores conceptuales en estudios antropométricos que buscan estimar la Composición Corporal. *Revista de Actualización en Ciencias del Deporte. PubliCE Standard* 12/1172004. pid:386.
- Samaras, K.; Kelly, P.; Chiano, M.; Spector, T. & Cambell, L. (1999). Genetic and Environmental Influences on Total-Body and Central Abdominal Fat: The Effect of Physical Activity in Female Twins. *Annals of Internal Medicine*, 130, 873-82.
- Santos, J.; Martinez, J.; Pérez, F. & Abala, C. (2005). Epidemiología genética de la obesidad: estudios familiares. *Revista Médica Chile*, 153 (3). 1-19.
- Scheffler, W.C. (1981). *Bioestadística*. Massachussets: Fondo Educativo Latino Americano, S. A.
- Schmelzle, H.; Schroeder, C.; Armbrust, S.; Unverzagt, S. & Fusch, C. (2004). Resting energy expenditure in obese children aged 4 to 15 years: measured versus predicted data. *Acta Paediatr*, 93(6), 739-746.
- Seidell, J. (1996). *Relationship of total and regional body composition to morbidity and mortality. Human Body Composition*. Champaign: Human Kinetics.
- Siegel, S. (1975). *Estatística não paramétrica para as ciências do comportamento*. São Paulo: McGraw-Hill.
- Siri, W.E. (1961). Body composition from Fluid Spaces and Density. In: J. Brozedk and A. Hensche (Ed.). *Techniques for Measuring Body Composition*. 223-244. Washington, D.C. National Academy of Sciences.
- Slaughter, MH. & Ribeiro, J. (1985). Skinfold Equations for Estimation of Body Fatness in children and Youth. *Human Biology*, 60 (5), 709-723.

- Strauss, R.S. & Pollack, H.A. (2001). Epidemic increase in childhood overweight, 1986-1998. *Jama*, 286(22), 2845-2848.
- Tremblay, A.; Perusse, L. & Bouchard, C. (2004). Energy balance and body-weight stability: impact of gene-environment interactions. *British Journal of Nutrition*, 92 Suppl (1), S63-S66.
- Valdés, R. (1997). Actividad Física y Obesidad. *Boletín Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile*, 26 (1), 26-32.
- Valenzuela, A. (2000). *Obesidad*. Santiago: Mediterráneo.
- Vázquez, M.C. (1999). Epidemiología de la obesidad: estado actual en los países desarrollados. *Endocrinología*, 46 (9), 302- 315.
- Vio, F. & Albalaz, C. (1998). La transición nutricional en Chile. *Revista Chilena Nutrición*, 25, 11–20.
- Vio, F., Albalaz, C. & Crovetto, M. (2000). Promoción de la salud en la transición Epidemiológica de Chile. *Revista Chilena* 27 (1), 21-29.
- Vioque, J.; Torres, A. & Quiles, J. (2000). Time spent watching television, sleep duration and obesity in adults living in Valencia, Spain. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 24 (12), 1683-1688.
- Vigil, P. (2004). La obesidad. Promoción de la salud en la transición epidemiológica de Chile. *Revista Médica Chile*, 27 (1), 35-45.
- Ward, R. (1989). *O-Scale System Anthropometric: Biosystem*. Buenos Aires: Servicio Educativo.
- Wilcoxon, F. (1945). Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics* 1, 80-83.
- Wing, R. (1992). Change in waist-hip ratio with weight loss and its association with change in cardiovascular risk factors. *American Journal of Clinical Nutrition*: 55, 1086-1092.
- Winsley, R.J.; Armstrong, N.; Middlebrooke, A.R., et al. (2006). Aerobic fitness and visceral adipose tissue in children. *Acta Paediatr*, 95, 1435-1438.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

Tablas para la determinación del Porcentaje de Masa Grasa (%MG) en hombres y mujeres.

TABLA 1. Determinación del porcentaje de grasa por la sumatoria de los pliegues: bíceps, tríceps, subescapular y suprailíaco (Durning & Womersley, 1977). Hombres. Tomado de TECPA (1981).

$\Sigma 4$ plig (mm)	EDAD			
	17 - 19	30 - 39	40 - 49	> 50
15	4.8	-	-	-
20	8.1	12.2	12.2	12.6
25	8.5	14.2	15.0	15.6
30	12.9	16.2	17.7	18.6
35	14.7	17.7	19.6	20.8
40	16.4	19.2	21.4	22.9
45	17.7	20.4	23.0	24.7
50	19.0	21.5	24.6	26.5
55	20.1	22.5	25.9	27.9
60	21.2	23.5	27.1	29.2
65	22.2	24.3	28.2	30.4
70	23.1	25.1	29.3	31.6
75	24.0	25.9	30.3	32.7
80	24.8	26.6	31.2	33.8
85	25.5	27.2	32.1	34.8
90	26.2	27.8	33.0	35.8
95	26.9	28.4	33.7	36.6
100	27.6	29.0	34.4	37.4
105	28.2	29.6	35.1	38.2
110	28.8	30.1	35.8	39.0
115	29.4	30.6	36.4	39.7
120	30.0	31.1	37.0	40.4
125	30.5	31.5	37.6	41.1
130	31.0	31.9	38.2	41.8
135	31.5	32.3	38.7	42.4

140	32.0	32.7	39.2	43.0
145	32.5	33.1	39.7	43.6
150	32.9	33.5	40.2	44.1
155	33.3	33.9	40.7	44.6
160	33.7	34.3	41.2	45.1
165	34.1	34.6	41.6	45.6
170	34.5	34.8	42.0	46.1
175	34.9	-	-	-
180	35.3	-	-	-
185	35.6	-	-	-
190	35.9	-	-	-

TABLA 2. Determinación del porcentaje de grasa por la sumatoria de los pliegues; bíceps, tríceps, subescapular y suprailíaco (Durning & Womersley, 1977). Damas. Tomado de TECPA (1981).

$\Sigma 4$ plig (mm)	EDAD			
	16 - 29	30 - 39	40 - 49	> 50
15	10.5	-	-	-
20	14.1	17.0	19.8	21.4
25	16.8	19.4	22.2	24.0
30	19.5	21.8	24.5	26.6
35	21.5	23.7	26.4	28.5
40	23.4	25.5	28.2	30.3
45	25.0	26.9	29.6	31.9
50	26.5	28.2	31.0	33.4
55	27.8	29.4	32.4	34.6
60	29.1	30.6	33.2	35.7
65	30.2	31.6	34.1	36.7
70	31.2	32.2	35.0	37.7
75	32.2	33.4	35.9	38.0
80	33.1	34.3	36.7	39.6
85	34.0	35.1	37.5	40.4
90	34.8	35.8	38.3	41.2
95	35.6	36.5	39.0	41.9
100	36.4	37.2	39.7	42.6
105	37.1	37.9	40.4	43.3
110	37.8	38.6	35.8	39.0
115	28.4	39.1	41.5	44.5
120	39.0	39.6	42.0	45.1
125	30.5	31.5	37.6	41.1
130	40.2	40.6	43.0	43.2
135	40.8	41.1	43.5	46.7
140	41.3	41.6	44.0	47.2
145	41.8	42.1	44.5	47.7
150	42.3	42.6	45.0	48.2
155	42.8	43.1	45.4	48.7

160	43.3	43.6	45.8	49.2
165	43.7	44.0	46.2	49.6
170	44.1	44.4	46.6	50.0
175	-	44.8	47.0	50.4
180		45.2	47.4	50.8
185		45.6	47.8	51.2
190		45.9	48.2	51.6
195		46.2	48.5	52.0
200		46.5	48.8	52.4
205		49.1	52.7	
210		49.4	53.0	

## ANEXO 2

Autorización de los Directores de los establecimientos educacionales que participaron en el estudio.

## AUTORIZACIÓN

Por la presente, autorizo al Señor Jorge Díaz Gamboa, Académico de la Universidad de Tarapacá, para que su equipo de investigación realice en este colegio, las mediciones antropométricas necesarias para su estudio.

.....

Nombre y Firma

Director del establecimiento

ANEXO 3

Autorización de los padres de los escolares que participaron en el estudio.

AUTORIZACION

Por la presente autorizo a mi aceptación para que mi hijo.....participe en las mediciones antropométricas realizadas por el equipo de investigación a cargo del Señor Jorge Díaz Gamboa , Académico de la Universidad de Tarapacá.

.....

Nombre y Firma

## ANEXO 4

## PLANILLA DE MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS

Colegio.....

Antecedentes Personales.....

Nombres completo.....

Fecha de Nacimiento.....Edad.....

**Mediciones Básicas**

Peso.....(Kg.).

Talla.....(cm.).

**Pliegues Cutáneos:**

Bíceps.....(mm).

Tríceps.....(mm).

Subescapular.....(mm).

Supra Iliaco.....(mm).

Abdominal.....(mm).

Muslo medio.....(mm).

**Perímetros Corporales:**

Perímetro de cintura.....(cm.).

Perímetro de cadera.....(cm.).

Perímetro de brazo.....(cm.).

Perímetro de muslo.....(cm.).