



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
LICENCIATURA EN ENFERMERÍA**



**“ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL Y SU RELACIÓN CON
EL SEDENTARISMO”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN ENFERMERÍA**

**PRESENTA
PAOLA ALEJANDRA PÉREZ CRUZ**

**DIRECTOR DE TESIS
MTRO. JAVIER ALONSO TRUJILLO**

LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MÉXICO, 2013.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

Agradecimientos	4
Introducción	6
Capítulo I: Marco Teórico	
1.- Composición corporal	9
1.1 Modelo teórico de los cinco niveles de composición corporal	9
1.1.1 Nivel atómico	11
1.1.2 Nivel molecular	11
1.1.3 Nivel celular	21
1.1.4 Nivel tisular	28
1.1.5 Nivel corporal total	32
1.2 Modelos de predicción	41
1.2.1 Modelos antropométricos	42
1.2.2 Fraccionamiento antropométrico	44
1.2.3 Bioimpedancia	48
2.- Sedentarismo	51
2.1 Definición	51
2.2 Epidemiología	51
2.3 Riesgos a la salud	55
3.- Actividad física	55
3.1 Definición	55
3.2 Adaptaciones orgánicas en el ejercicio	56
3.2.1 Adaptaciones metabólicas	57
3.2.2 Adaptaciones circulatorias	70
3.2.3 Adaptaciones cardíacas	73
3.2.4 Adaptaciones orgánicas	76
3.2.5 Adaptaciones hematológicas	78
3.2.6 Adaptaciones en el medio interno	80
3.3 Beneficios de la actividad física para la salud	82
Capítulo II: Antecedentes	83
Capítulo III: Planteamiento del problema	86
3.1.- Justificación	88
3.2.- Preguntas de investigación	95
3.3.- Objetivos	99
3.4.- Hipótesis	100

Capítulo IV: Material y Métodos	101
4.1.- Diseño de investigación	101
4.2 Población y muestra	103
4.3 Ubicación espacio temporal	104
4.4 Criterios de selección	105
4.5 Definición operacional de las variables	105
4.6 Mapa de variables	114
4.7 Aspectos éticos	116
4.8 Consentimiento informado	118
4.9 Plan de análisis estadístico	119
4.10 Procedimientos	120
4.11 Validez y confiabilidad de los instrumentos de medición	128
Capítulo V: Resultados	129
Capítulo VI: Discusión	52
Capítulo VII: Conclusión	156
Bibliografía	160
Anexos	165

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por acompañarme todos los días e iluminarme en el sendero de la vida. Gracias por brindarme perseverancia, fortaleza y conocimiento.

A mis padres

Quiénes me supieron guiar y educar, siempre con amor, paciencia y comprensión, dándome ejemplos de superación y entrega, apoyándome en los momentos más difíciles con sus sabios consejos.

Al ángel que desde pequeña me cuida; mi madre, por enseñarme a tornar un día gris en uno arcoíris con solo una sonrisa y tenderme la mano para no caer cuando lo he necesitado.

A mi padre, quien me inculco a ser alguien profesionalmente y a salir adelante en la vida, gracias por los buenos momentos que me diste y compartiste a mi lado.
¡Los amo!

A mis abuelos

Ya que son mi ejemplo a seguir, por su fortaleza, saber y cariño, haciéndome crecer intelectualmente, espiritualmente y humanísticamente. En especial a mi abue Pascual, que aunque ya no se encuentre con nosotros, me guió y creyó en mí hasta el último momento, sé que desde donde estés me sigues acompañando. ¡Siempre estarás en mi corazón!

A mis hermanos

Dania, Diego y Sarí, por siempre otorgarme su apoyo incondicional, siendo parte fundamental de mi vida y por llenar mi existencia de alegría y amor.

A mis Amigos

Por confiar y creer en mí, gracias por su apoyo, comprensión y amistad.

A mi amigo y Director de Tesis

El Mtro. Javier Alonso Trujillo, por su dedicación profesional, confianza, enseñanza y consejos. Su apoyo y esmero en mejorar siempre lo que hacía han sido claves para la terminación de este proyecto.

A mi amigo y confidente

Esteban Lugo, ya que con hechos has demostrado todo el amor que me tienes. Gracias por el apoyo, comprensión, paciencia y las infinitas enseñanzas que has tenido a mi lado para impulsarme a ser un mejor ser humano día a día.

A mis jóvenes estudiantes de la Secundaria Diurna 135

Porque invirtieron su tiempo en este proyecto de investigación y sin su participación y disposición hubiera sido imposible la terminación de esta tesis.

Al personal directivo y docente

A los profesores por las facilidades otorgadas para permitirme trabajar con los alumnos en sus horas de clase.

A la Directora Paloma Escalona y la Subdirectora Luz María Morales por abrirme las puertas de su institución y brindarme la confianza para realizar mi trabajo de campo con sus estudiantes.

Pero sobre todo quiero agradecer al Mtro. Mario Escobedo por su apoyo y amistad, y por ayudarme a conseguir los recursos para la recolección de datos y la obtención de resultados de esta investigación.

A la UNAM y a mis profesores

Por permitirme terminar mis estudios profesionales, por su inagotable labor de transmisión del saber, y por los conocimientos teórico-prácticos adquiridos durante cinco años.

Al programa PAPIME

Se agradece al Programa PAPIME de la UNAM, proyecto con clave PE 202511, por el apoyo para diseñar el instrumento utilizado en esta investigación y por el financiamiento otorgado para su aplicación y exposición.

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista anatómico, la composición corporal (CC) es la suma de los diversos tejidos y sistemas que conforman el organismo humano, pero con fines de investigación, también puede estudiarse en función de los compartimientos que constituyen al organismo, por ejemplo porcentaje de masa grasa, porcentaje de masa muscular, porcentaje de hueso y de agua.

La evaluación de la CC es de verdadera importancia, particularmente para aquellos que desean mejorar sus hábitos alimenticios y elevar su actividad física. Además son de gran ayuda para los maestros de educación física, entrenadores (personales y competitivos), nutricionistas, educadores en salud, médicos, enfermeras o cualquier profesional de la salud interesados en el bienestar del individuo así como en el desarrollo de un óptimo rendimiento deportivo. Por ejemplo, sirve para el establecimiento de metas de peso ideal para personas con malos hábitos alimenticios.

Existe un interés creciente por el estudio de la composición corporal como un área de conocimiento que posibilita el análisis de las variaciones en los componentes corporales asociados al proceso de crecimiento, envejecimiento, salud-enfermedad, además de los cambios originados por el balance energético y la actividad física. Por ejemplo, cuando las proporciones de masa grasa se incrementan más allá de parámetros estadísticos estándar, podemos de inmediato asociarlo a factores de riesgo para enfermedades cardiovasculares tales como arteriosclerosis, hipertensión arterial, diabetes, dislipidemias, síndrome metabólico, enfermedad pulmonar obstructiva crónica. En este sentido, es esencial que en la disciplina de Enfermería nos actualicemos en el manejo y aplicación en las técnicas que existen para la composición corporal, de esta forma, con el manejo correcto y la aplicación sistemática entre la población de riesgo depende en cierta medida la detección y diagnóstico temprano de trastornos tan graves como la obesidad y sus factores de riesgo para desencadenar enfermedades

crónico degenerativas y sus consecuencias en la salud, especialmente en los niños y jóvenes.

Así tenemos que por ejemplo, el estudio de la relación entre CC y el sedentarismo permite evaluar los daños que la falta de actividad física ocasiona en el organismo, independientemente de las enfermedades que están asociados al estilo de vida sedentario y a una alimentación inadecuada.

Los cambios del estilo de vida orientados a desarrollar cada vez menor actividad física resultan en una mayor prevalencia de obesidad, lo que afecta prácticamente a toda la población, en especial a las mujeres en edad reproductiva y a los niños. En estos últimos los efectos del sedentarismo conllevan a la obesidad, al síndrome metabólico e irremediablemente a enfermedades cardiovasculares y a la diabetes mellitus.

El análisis de la CC en los humanos, permite evaluar en forma indirecta el estado nutricional del individuo y puede reflejar su estilo de vida. Existen varios métodos para determinar la CC de una persona. Uno de ellos es a través del análisis de la impedancia bioeléctrica (BIA por sus siglas en inglés). Este método se basa en la conducción de la corriente eléctrica a través de los tejidos biológicos. Mide la impedancia u oposición al flujo de la corriente a través de los tejidos corporales, que es baja en el tejido magro donde se encuentran los líquidos intracelulares y los electrolitos, y alta en el tejido graso, por lo que es proporcional al agua corporal total.

Estudiar la CC necesariamente nos hace pensar en enfermedades como la obesidad. En la actualidad, la obesidad es una condición predisponente para el desarrollo de otros padecimientos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el sobrepeso como un índice de masa corporal de 25.0 a 29.9 y a la obesidad como un índice ≥ 30 .²

La CC nos puede informar acerca del sobrepeso y la obesidad, y esto resulta particularmente importante ya que suelen iniciarse en la infancia y la adolescencia, pero además pueden prevenirse.

La importancia del estudio de la CC es que podemos inferir condiciones de sobrepeso y obesidad con mayor detalle, así como también podemos inferir estilo de vida y predisposición a enfermedades como la Diabetes mellitus, dislipidemias, hipertensión arterial, síndrome metabólico y enfermedades cardiovasculares.

En México, de acuerdo con los resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 (ENSANUT 2006), la prevalencia de sobrepeso y obesidad en preescolares fue de 16.7%, en escolares de 26.2%, en adolescentes de 30.9%, en adultos la prevalencia de sobrepeso fue de 39.7% y 29.9% obesidad, es decir, la prevalencia de obesidad es 46% más alta en mujeres (35.5%) que en hombres (24.3%).⁷

La evaluación de la CC se realiza con base en el modelo de dos componentes, el cual fracciona el cuerpo en masa grasa y masa libre de grasa, mediante la aplicación de métodos sencillos y rápidos como la antropometría y la impedancia bioeléctrica.⁹

La finalidad de esta tesis es determinar la asociación entre la CC y el sedentarismo en adolescentes de una secundaria pública de la Ciudad de México. La mayoría de los estudios realizados sobre CC están orientados hacia la población adulta, y son poco estudiados los niños y los adolescentes.

Cabe mencionar que es importante realizar este tipo de investigaciones en niños y adolescente debido a que durante estas etapas de la vida se producen múltiples cambios de crecimiento, maduración y desarrollo, lo cual implica que algunos parámetros nutricionales se modifiquen de una edad a otra. Normalmente el peso corporal, la talla y compartimentos corporales aumentan constantemente desde el nacimiento hasta la edad adulta.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. COMPOSICIÓN CORPORAL

La composición corporal es la suma de los diversos tejidos y sistemas que conforman el organismo humano. Los cambios del estilo de vida resultan en mayor prevalencia de obesidad que afecta prácticamente a toda la población, en especial a las mujeres en edad reproductiva y a los niños, cuyos efectos conllevan a mayor riesgo cardiovascular. La estimación de la composición corporal (CC) permite evaluar en forma objetiva el estado nutricional del individuo.

El análisis de la impedancia bioeléctrica (BIA por sus siglas en inglés) es un método para el estudio de la composición corporal que se basa en la conducción de la corriente eléctrica a través de los tejidos biológicos. Mide la impedancia u oposición al flujo de la corriente a través de los tejidos corporales, que es baja en el tejido magro donde se encuentran los líquidos intracelulares y los electrolitos, y alta en el tejido graso, por lo que es proporcional al agua corporal total¹⁰.

1.1 MODELO TEÓRICO DE LOS CINCO NIVELES DE COMPOSICIÓN CORPORAL

La CC se valora principalmente por el peso corporal, que incluye en razón de su complejidad componentes del organismo que se organizan jerárquicamente en cinco niveles¹¹: Véase la figura 1.

- I) Atómico = suma de los átomos de oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, azufre, sodio, cloro y magnesio.

- II) Molecular = compuesto por agua en un 60%, lípidos en un 15%, proteínas en un 18%, glucógeno en un 1% y minerales en un 6%.
- III) Celular = se refiere a masa celular, líquidos extracelulares, sólidos extracelulares y grasa.
- IV) Histológico o tisular = contempla elementos como músculo esquelético, músculo no esquelético, tejidos blandos, el tejido adiposo y el hueso.
- V) Corporal total= peso, talla, índice de masa corporal (IMC) y superficie corporal

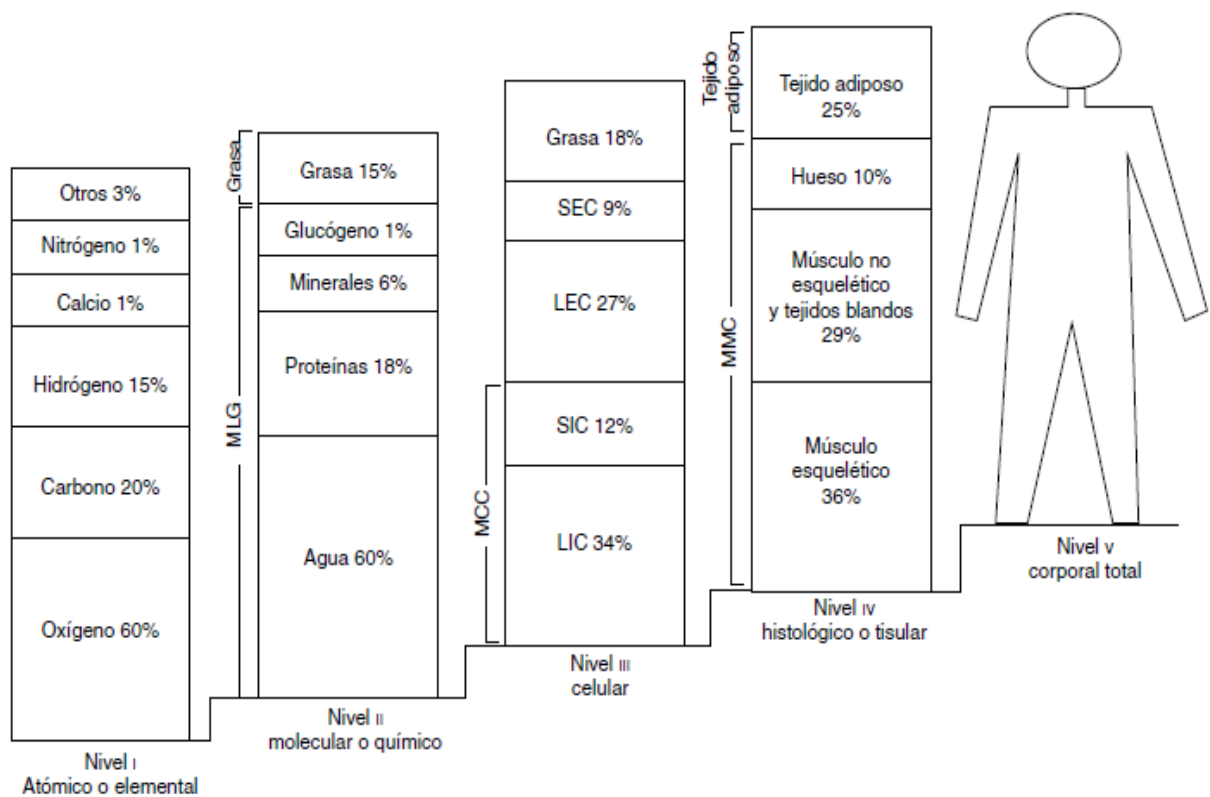


Figura 1. Modelo multicompartimental o de los 5 niveles de composición corporal. LEC: líquidos extracelulares; LIC: líquidos intra-celulares; MCC: LIC + SIC: masa celular corporal; MLG: masa libre de grasa; MMC: masa magra corporal; SEC: sólidos extracelulares; SIC: sólidos intracelulares. Adaptada de Tojo et al., 2001.

1.1.1 Nivel atómico

El cuerpo humano está formado por 11 elementos químicos como son: oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, azufre, cloro, sodio y magnesio; que constituyen más del 99% de la masa corporal total. En la tabla 1 se observa el porcentaje de peso de cada átomo que compone al cuerpo humano.

Elemento	Porcentaje del peso
Oxígeno	61.0
Carbono	23.0
Hidrogeno	10.0
Nitrógeno	2.6
Calcio	1.6

Tabla 1. Porcentaje de peso de los átomos que componen el cuerpo humano.

Adaptada de Guyton et al., 2006.

1.1.2 Nivel molecular

Los elementos principales y los elementos traza esenciales adicionales que se encuentran en pequeñas cantidades se combinan para formar compuestos químicos que pueden agruparse en clases mayores, definiendo el nivel molecular de la composición corporal.

Los principales componentes del nivel molecular son lípidos, agua, proteínas, minerales e hidratos de carbono.

1.1.2.1 Agua

El agua no solamente constituye del 70 al 90% del peso de las formas vivas, si no que representa la fase continúa de los organismos. El agua y sus productos de ionización, los iones hidrógeno e hidroxilo, son factores importantes en la

determinación de la estructura y las propiedades biológicas de las proteínas, ácidos nucleicos, membranas, ribosomas y de otros muchos componentes celulares.

El líquido del cuerpo se encuentra distribuido aproximadamente como sigue:

- 1) Agua corporal total: 40 litros
- 2) Líquido intracelular: 25 litros
- 3) Líquido intersticial: 12 litros
- 4) Líquido del plasma sanguíneo: 3 litros
- 5) Volumen del líquido extracelular (suma del volumen del líquido intersticial y el volumen plasmático): 15 litros

Agua corporal, líquido extracelular y líquido intracelular

El agua constituye el 60% del peso corporal. La cantidad total de agua en el varón de 70 kg en promedio es de aproximadamente 40 litros, o sea 57% de su peso corporal total. De este volumen, aproximadamente 25 litros son líquido intracelular y 15 litros son del compartimento extracelular.

El agua corporal total puede conocerse calculando la dilución de agua marcada con tritio o con deuterio ($D_2^{18}O$), en el agua corporal total. Conociendo la cantidad de agua marcada que fue suministrada y midiendo su dilución en el agua corporal, se puede calcular con un error del 2% la cantidad de agua corporal total. Conocido este valor y aceptando que la masa libre de grasa contiene un 73% de agua, puede estimarse la masa libre de grasa. La masa grasa se calcula restando del peso corporal la masa libre de grasa. ⁴⁹

Sangre

La sangre está compuesta por dos partes, células y líquido entre ellas, que se llama plasma. La porción plasmática de la sangre es, de manera característica, líquido intracelular, salvo que tiene una concentración mayor de proteínas que los líquidos extracelulares de cualquier otro sitio del cuerpo. El número de leucocitos es solo 1/500 del número de eritrocitos, de modo que en general podemos considerar que la sangre es principalmente una mezcla de plasma y eritrocitos. El volumen normal total del plasma es de 3 litros y el de los eritrocitos de 2 litros.

Líquido intersticial

El líquido intersticial es el líquido extracelular que se encuentra en los capilares entre las células tisulares. El volumen del líquido intersticial es igual al volumen total del líquido extracelular menos el volumen plasmático, o sea $15-3= 12$ litros de volumen del líquido intersticial en el varón adulto promedio normal. El líquido intersticial suele incluir también líquidos especiales, como el cefalorraquídeo, el que llena las cámaras del ojo, el líquido intrapleural, el peritoneal, el pericárdico, el articular y el linfático¹².

1.1.2.2 Proteínas

Son las moléculas orgánicas más abundantes en las células, constituyen el 50% o más de su peso seco. Se encuentran en todas las partes de cada célula, ya que son fundamentales en todos los aspectos de la estructura y función celulares. Las proteínas son polímeros de aminoácidos en los cuales las unidades individuales de aminoácidos, llamados residuos, están unidas mediante enlaces amida, o uniones peptídicas.

Clasificación de las proteínas:

Se dividen en dos clases principales basándose en su composición: proteínas simples y proteínas conjugadas.

- **Proteínas simples:** son aquellas que por hidrólisis producen solamente aminoácidos, sin ningún otro producto principal, orgánico o inorgánico. Contienen habitualmente 50% de carbono, 7% de hidrógeno, 23% de oxígeno, 16% de nitrógeno y de 0-3% de azufre.
- **Proteínas conjugadas:** son aquellas que por hidrólisis producen no solamente aminoácidos, sino también otros componentes orgánicos o inorgánicos. En este grupo están las nucleoproteínas y lipoproteínas, las cuales contienen ácidos nucleicos y ácidos grasos respectivamente, así como fosfoproteínas, metaloproteínas y glucoproteínas.

Las proteínas pueden clasificarse en dos clases principales, según su conformación:

- **Proteínas fibrosas:** se hallan constituidas por cadenas polipeptídicas ordenadas de modo paralelo a lo largo de un eje, formando fibras o láminas largas. Son los elementos básicos estructurales en el tejido conectivo, tales son el colágeno, la α -queratina y la elastina
- **Proteínas globulares:** Constituidas por cadenas polipeptídicas plegadas estrechamente de modo que adoptan formas globulares o compactas. Desempeñan una función móvil o dinámica en la célula, por ejemplo: enzimas, anticuerpos, la seroalbúmina y la hemoglobina.

Diversidad funcional de las proteínas

Las proteínas poseen muy diversas funciones biológicas diferentes. La tabla 2 muestra algunos ejemplos representativos de los diferentes tipos de proteínas, clasificados de acuerdo con su función.

Tipos y ejemplos	Localización o función
Enzimas	
Hexoquinasa	Fosforila glucosa
Lactato-deshidrogenasa	Deshidrogena lactato
Citocromo c	Transfiere electrones
DNA- polimerasa	Replica y repara DNA
Proteínas de reserva	
Ovoalbúmina	Proteína de la clara de huevo
Caseína	Proteína de la leche
Ferritina	Reserva de hierro en el bazo
Gliadina	Proteína de la semilla de trigo
Ceina	Proteína de la semilla de maíz
Proteínas transportadoras	
Hemoglobina	Transporta O ₂ en la sangre de los vertebrados
Mioglobina	Transporta O ₂ en el músculo
Seroalbúmina	Transporta ácidos grasos en la sangre
β ₁ -lipoproteína	Transporta lípidos en la sangre
Proteínas contráctiles	
Miosina	Filamentos estacionarios en las miofibrillas
Actina	Filamentos móviles en las miofibrillas
Dineína	Cilios y flagelos
Proteínas protectoras en la sangre de los vertebrados	
Anticuerpos	Forman complejos con las proteínas extrañas
Complemento	Complejos con algunos sistemas antígeno-anticuerpo
Fibrinógeno	Precursor de la fibrina en la coagulación sanguínea
Trombina	Componente del mecanismo de coagulación
Toxinas	
Toxina de Clostridium botulinum	Origina envenenamiento bacteriano de los alimentos
Toxina diftérica	Toxina bacteriana
Venenos de serpiente	Enzimas que hidrolizan los fosfoglicéridos
Hormonas	
Insulina	Regula el metabolismo de la glucosa
Hormona adrenocorticotrópica	Regula la síntesis de corticosteroides
Hormona del crecimiento	Estimula en crecimiento de los huesos
Proteínas estructurales	
Proteínas recubrimiento viral	Cubierta alrededor del cromosoma
Glucoproteínas	Recubrimientos celulares y paredes
α-queratina	Piel, plumas, uñas, pezuñas
Esclerotina	Exoesqueletos de los insectos
Colágeno	Tejido conectivo fibroso (tendones, hueso, cartílago)
Elastina	Tejido conectivo elástico (ligamentos)
Mucoproteínas	Secreciones mucosas, fluido sinovial

Tabla 2. Clasificación de las proteínas por su función biológica. Adaptada de Lehninger, 2006.

1.1.2.3 Lípidos

Los lípidos son biomoléculas orgánicas insolubles en el agua y solubles en disolventes orgánicos (benceno, éter, cloroformo, etc.), su estructura química es fundamentalmente hidrocarbonada y la naturaleza de sus enlaces es covalente.

Los lípidos desempeñan diversas funciones biológicas importantes, actuando de la siguiente forma:

- 1) Como componentes estructurales de las membranas
- 2) Como forma de transporte y almacenamiento del combustible catabólico
- 3) Como cubierta protectora sobre la superficie de muchos organismos
- 4) Como componentes de la superficie celular relacionados con el reconocimiento de las células, la especificidad de especie y la inmunidad de los tejidos

Clasificación de los lípidos

a) Lípidos saponificables

1) Ácidos grasos

- Ácidos grasos saturados: ácido palmítico, esteárico
- Ácidos grasos insaturados: ácido oleico, linoleico, linolénico (ácidos grasos esenciales)

2) Eicosanoides: Prostaglandinas, tromboxanos, leucotrienos

3) Lípidos neutros: acilgliceroles, ceras

4) Lípidos anfipáticos: glicerolípidos, glicoglicerolípidos, fosfoglicerolípidos, esfingolípidos, glicoesfingolípidos, fosfoesfingolípidos.

b) Lípidos insaponificables

1) Terpenos: Retinoides (vitamina A), carotenoides, tocoferoles (vitamina E), naftoquinonas (vitamina k), dolicoles.

2) Esteroides: esteroles, ácidos y sales biliares, hormonas esteroideas

3) Hidrocarburos¹³

1.1.2.4 Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono, sacáridos o glúcidos están formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, son los componentes más abundantes de los alimentos y los más ampliamente distribuidos. Se encuentran en muy pocos alimentos de forma libre.

Por tener su origen en los procesos de fotosíntesis suelen abundar en alimentos de origen vegetal: cereales, leguminosas, tubérculos, verduras y frutas. No obstante también se encuentran en alimentos de origen animal, como la leche.

Funciones de los carbohidratos

- Energética: deben aportar más de la mitad (50 al 60%) de la ingesta calórica total. Una vez cubiertas las necesidades energéticas, una pequeña parte de los hidratos de carbono se almacenan en el hígado y músculo como glucógeno (entre 100 y 250 g respectivamente, dependiendo del peso del tejido) y el resto se transforma en grasa, acumulándose en el tejido adiposo.
- Ahorro de proteínas: las deficiencias calóricas de la alimentación se compensan utilizando proteínas como fuente energética. Si el aporte de

hidratos de carbono es insuficiente, las proteínas se utilizarán prioritariamente para fines energéticos relegando su función plástica.

- Regulación del metabolismo de las grasas: para una normal oxidación de las grasas es necesario un correcto aporte de carbohidratos. Cuando se restringe severamente la cuota de los mismos, las grasas se metabolizan anormalmente, acumulándose en el organismo productos intermedios de este metabolismo (cuerpos cetónicos), provocando cetosis. Se recomienda un aporte dietético mínimo de 100-125 g diarios de carbohidratos para mantener los procesos metabólicos en equilibrio y evitar la cetosis.
- Estructural: constituyen estructuralmente una parte muy pequeña del peso del organismo, aunque de vital importancia.

Clasificación de los carbohidratos

Como se puede observar en la tabla 3 los carbohidratos se clasifican por su grado de polimerización e inicialmente, pueden dividirse en tres grupos principales: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos¹⁴.

Clasificación	Característica
<p>Monosacáridos Una sola molécula de azúcar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se componen de 3 a 7 carbonos • Al disolverlos en el agua el esqueleto forma un anillo • Se enlazan para formar disacáridos y polisacáridos • La mayoría se descomponen para generar energía o se encadenan para formar disacáridos o polisacáridos • La glucosa es un monosacárido muy común en los seres vivos y es la subunidad de casi todos los polisacáridos • Hay muchos isómeros (idéntica fórmula pero distinta estructura) como la glucosa, fructosa y galactosa. • Otros monosacáridos como la ribosa y la desoxirribosa tienen cinco carbonos y forman parte de las moléculas genéticas
<p>Disacáridos Dos monosacáridos enlazados</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Almacenan energía a corto plazo, sobre todo en plantas • De los más comunes son la sacarosa (glucosa+fructosa), la lactosa (glucosa+galactosa) y la maltosa (glucosa+glucosa)
<p>Polisacáridos Muchos monosacáridos enlazados</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Monosacáridos unidos por enlaces glucosídicos • Almacén de energía en plantas (almidón) y animales (glucógeno) • Material estructural en plantas (celulosa) • Celulosa: alimento para microbios y fibra para animales, quitina: cubiertas externas duras

Tabla 3. Clasificación de los carbohidratos. Adaptada de Lehninger, 2006.

Arbitrariamente a escala molecular el cuerpo puede considerarse formado por dos compartimentos uno la masa grasa total y otro la masa libre de grasa. Véase la figura 2.

- Masa grasa: La masa grasa total representa en el organismo un componente esencial de reserva energética y como aislante nervioso. Supone un componente susceptible de presentar variaciones en el sujeto de acuerdo a su edad, sexo y transcurso del tiempo. Compuesta en un 83% por tejido graso, del cual el 50% se halla ubicado subcutáneamente. La materia grasa de reserva en nuestro organismo se halla principalmente a 2 niveles: nivel subcutáneo y nivel visceral. El nivel subcutáneo representando entre el 27-50% del total de

las reservas de grasa en el organismo. Respecto a su acumulación a nivel visceral, esta mantiene un crecimiento exponencial con relación a la edad similar en ambos sexos. Aunque es cierto que los sujetos varones tienden a desarrollar un mayor grado de panículo adiposo a este nivel que las mujeres.

- Masa libre de grasa: Compuesta por minerales, proteínas glucógeno y agua, esto es, agrupa el agua corporal total intracelular y extracelular. Así, el agua corporal comprende una proporción que varía del 55 al 65% respecto al peso corporal y de un 73% para la masa libre de grasa.¹⁵

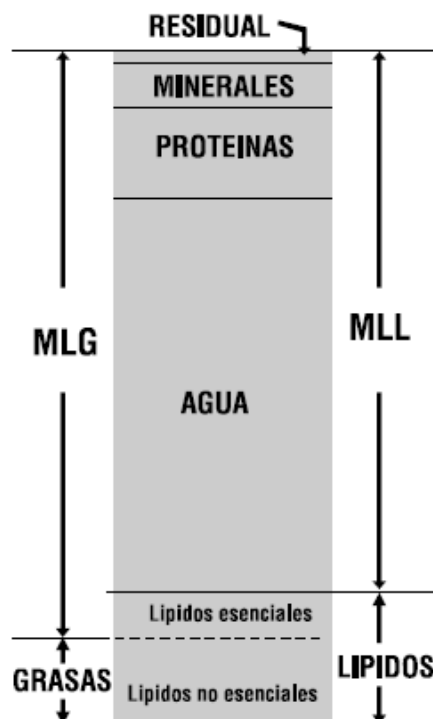


Figura 2. Modelo bicompartimental del cuerpo humano. MLL: masa libre de lípidos, MLG: masa libre de grasa. Adaptado de Wang y col. 1992

1.1.3 Nivel celular

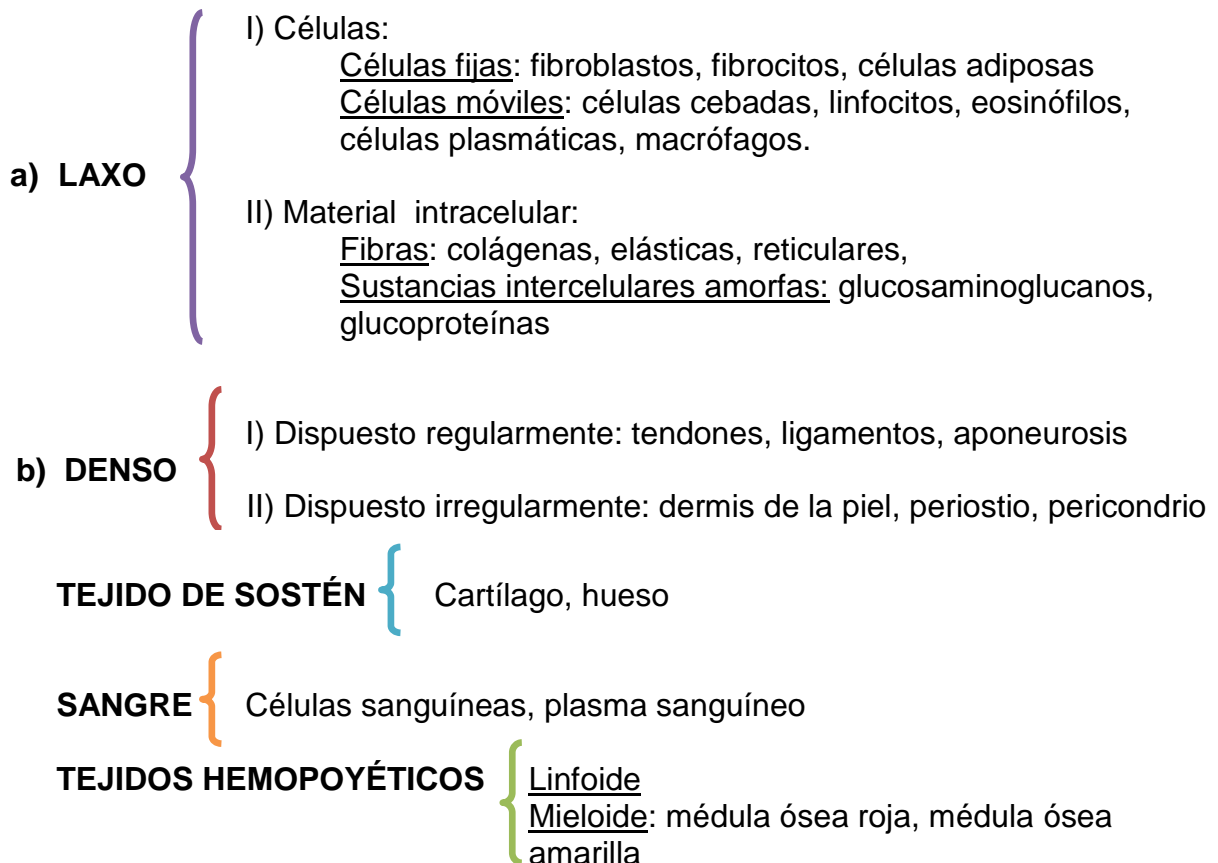
El nivel celular puede ser considerado como masa de células somáticas, fluido extracelular y sólidos extracelulares. La masa celular somática descrita por Moore y colaboradores se refiere a los materiales que componen las células y que están activamente envueltos en el consumo de oxígeno y en la producción de calor. Tanto la masa celular somática de este nivel como la masa magra del nivel molecular son frecuentemente utilizadas en estudios de investigación como medidas de la masa de tejido “metabólicamente activo”¹⁶.

1.1.3.1 La masa celular está constituida por 4 clases de tejidos:

1. Tejido conectivo

Se origina del mesodermo y su función es de sostén y unión, siendo uno de los tejidos más abundantes del organismo.

- Tejido conectivo ordinario:



2.- Tejido epitelial

Gracias a los vasos capilares situados en el tejido conectivo subyacente. Su función es la de proteger contra el daño mecánico, la entrada de microorganismos y la pérdida de agua por evaporación, suministrando además la base del tacto. En las superficies internas su función es más de absorción y secreción o secreción.

Clasificación del tejido epitelial:

Epitelio simple:

- 1) Epitelio plano simple: cápsula de Bowman, capilares pulmonares y alvéolos, endotelio de los vasos sanguíneos.
- 2) Epitelio cúbico simple: conductos excretores de glándulas, ovarios.
- 3) Epitelio cilíndrico simple: revestimiento del estómago, glándulas, tubo digestivo, aparato respiratorio, útero.
- 4) Epitelio cilíndrico pseudoestratificado: conductos de excreción de glándulas y vías respiratorias.

Epitelio estratificado

- 1) Epitelio plano estratificado:
 - Queratinizado: vagina, esófago, cavidad oral
 - No queratinizado: piel
- 2) Epitelio cúbico estratificado: glándulas sudoríparas
- 3) Epitelio cilíndrico estratificado: glándulas mayores y uretra masculina.

4) Epitelio de transición: vías urinarias excretoras (uréteres, vejiga y parte de la uretra)

3. Tejido Nervioso

El tejido nervioso está organizado en lo que se denomina sistema nervioso. Su función es proporcionar el medio mediante el cual es posible la comunicación instantánea entre las células de las distintas partes, lo mismo que entre los tejidos epitelial, conectivo y muscular. El tejido nervioso se origina en el ectodermo y sus principales componentes son las células, rodeadas de escaso material intercelular. Las células son de dos clases diferentes: neuronas o células nerviosas y neuroglia o células de sostén.

a) Neuronas o células nerviosas: sus funciones son irritabilidad y conductibilidad. La célula nerviosa se irrita o estimula muy fácilmente, lo que produce la aparición de una onda excitatoria o impulso nervioso, que luego, como una diferencia de potencial eléctrico, puede transmitirse a través de distancias importantes.

Tipos de neuronas: las neuronas están clasificadas según el número y la distribución de sus prolongaciones, de la siguiente forma:

- Bipolares: que además del axón tienen solo una dendrita; se les encuentra asociadas a receptores en la retina y mucosa olfatoria.
- Seudo-unipolares: desde las que nace sólo una prolongación que se bifurca y se comporta funcionalmente como un axón salvo en sus extremos ramificados en los que las ramas periféricas reciben señales y funcionan como dendritas y transmiten el impulso sin que este pase por el soma neuronal; es el caso de las neuronas sensitivas espinales.

- Multipolares: desde las que, además del axón, nacen desde dos o más de mil dendritas, lo que les permite recibir terminales axónicas desde múltiples neuronas distintas. La mayoría de las neuronas son de este tipo.

b) Neuroglia o células de sostén: Las células de sostén rodean las neuronas y desempeñan funciones de soporte, defensa, nutrición y regulación de la composición del material intercelular. (Figura 3)

En el tejido del SNC, por cada neurona hay entre 10 a 50 células de neuroglia, estas a diferencia de las neuronas retienen su capacidad de proliferar.

Existen 4 clases de células de neuroglia:

- Astrocitos (astroglia)
- Oligodendrocitos (oligodendroglia)
- Células ependimarias
- Microglia

En el tejido nervioso del SNP, tanto las neuronas, en los ganglios, como los axones ubicados en las fibras nerviosas, están rodeadas por células de sostén. Se distinguen dos tipos ¹⁷:

- Células de Schwann
- Células satélites o capsulares

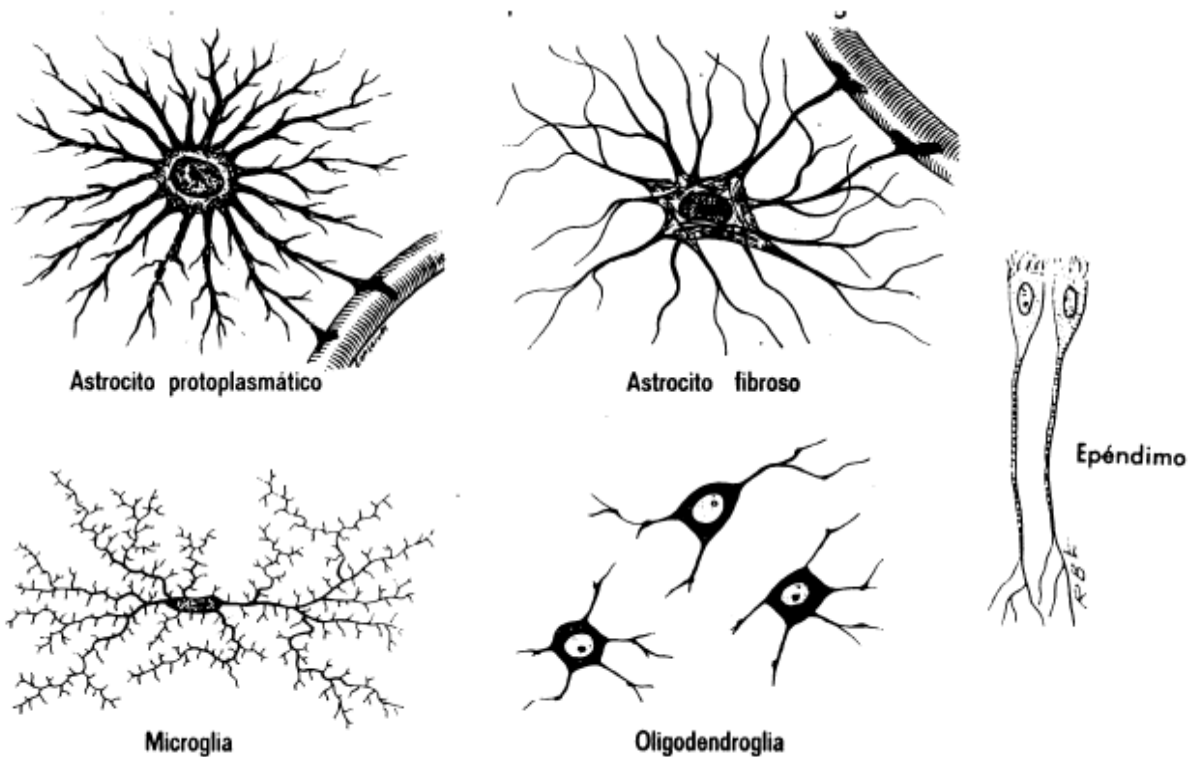


Figura 3. Dibujo esquemático de los distintos tipos de células de la neuroglia. Adaptado de Despopoulos, 2001.

4. Tejido muscular

El cuerpo tiene tres tipos funcionalmente diferentes de músculo:

- Músculo estriado o esquelético: Este músculo está conectado con los huesos del esqueleto y es el más abundante del cuerpo.
- Músculo cardíaco: se encuentra en las paredes del corazón y en las venas pulmonares.
- Músculo liso: Se encuentra en las paredes de viseras y vasos sanguíneos.

Los músculos esquelético y cardíaco son estriados, y tienen mecanismos contráctiles semejantes. El músculo liso, que se encuentra en la mayor parte de

los órganos internos, tiene una organización interna diferente, pero conserva las mismas bases químicas de la contracción.

- Mecanismos moleculares de la contracción molecular

La contracción de la fibra muscular es causada por un potencial de acción que viaja sobre la membrana de la fibra. Este potencial de acción corre también hacia la profundidad de la fibra muscular a través de los numerosos túbulos transversos minúsculos, muchos de los cuales penetran a todo el espesor por la fibra muscular en cada sarcómera. El flujo de corriente eléctrica hacia el interior de la fibra durante el potencial de acción hace que otro sistema tubular dentro de la fibra tubular, llamado retículo sarcoplásmico, libere iones calcio hacia el sarcoplasma,, líquido que está dentro de la fibra muscular. Estos iones calcio son los que inician la contracción muscular¹⁸. En la figura 4 se esquematiza este mecanismo molecular.

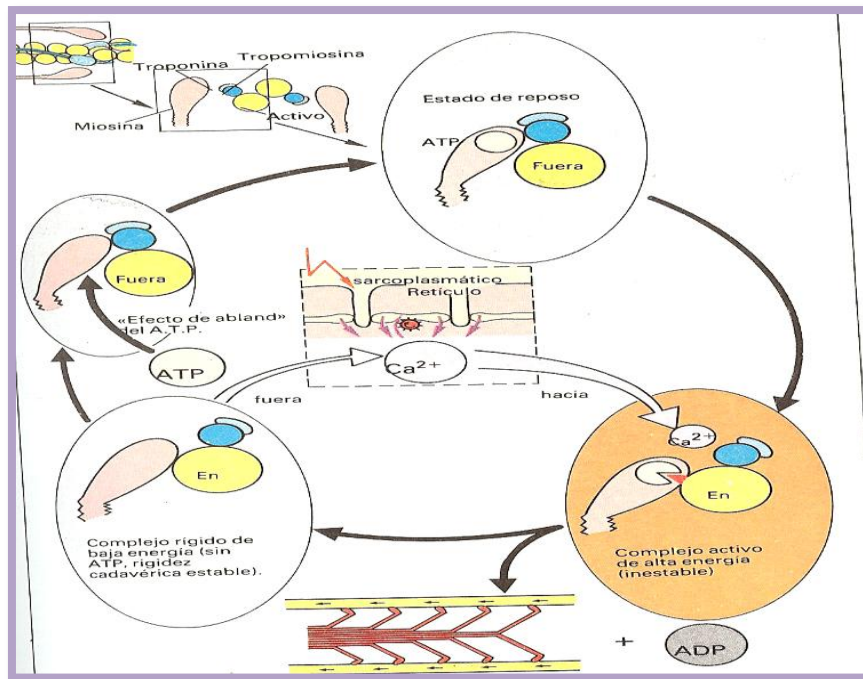


Figura 4. Procesos moleculares de la contracción molecular. Adaptado de Despopoulos, 2001.

1.1.3.2 Fluido extracelular:

El líquido del cuerpo se encuentra dividido en el que está fuera de las células, llamado líquido extracelular, y el que está en su interior, llamado líquido intracelular. Ambos líquidos contienen los nutrientes necesarios para el metabolismo celular, incluso sustancias como la glucosa, aminoácidos, ácidos grasos, colesterol, fosfolípidos, grasas neutras y oxígeno.

Por otra parte, las composiciones iónicas de ambos tipos de líquidos son muy distintas. La diferencia más grande es que el líquido extracelular contiene grandes cantidades de iones sodio y cloruro. En contraste el líquido intracelular contiene grandes cantidades de iones potasio y fosfato.

El líquido intracelular es muy distinto al líquido extracelular. Este último circula en los espacios dentro de las células y también se mezcla libremente con el líquido de la sangre a través de las paredes capilares. Por lo tanto, el líquido extracelular es el que provee a las células de nutrientes y otras sustancias necesarias para la función celular. Sin embargo, antes que la célula pueda utilizarlas, debe transportarlas a través de su membrana.

Diferencia entre los líquidos extracelular e intracelular.

En la tabla 4 se ilustra la composición de los líquidos extracelular e intracelular. Ambos líquidos contienen cantidades razonables de los nutrientes ordinarios que requieren las células para el metabolismo¹².

	LIQUIDO EXTRACELULAR	LIQUIDO INTRACELULAR
Na ⁺	142 meq l	10 meq l
K ⁺	5 meq l	141 meq l
Ca ⁺⁺	5 meq l	<1 meq l
Mg ⁺⁺	3 meq l	58 meq l
Cl ⁻	103 meq l	4 meq l
HCO ₃	28 meq l	10 meq l
Fosfatos	4 meq l	75 meq l
SO ₄	1 meq l	2 meq l
Glucosa	90 mg por 100	0 a 20 mg por 100
Aminoácidos	30 mg por 100	200 mg por 100
Colesterol		
Fosfolípidos	0.5 g por 100	2 a 95 g por 100
Grasa neutra		
PO ₂	35 torr	20 torr
PCO ₂	46 torr	50 torr
pH	7.4	7.0
Proteínas	2 g% 5 meq/ L	16 g% 40 meq/ L

Tabla 4. Composiciones químicas de los líquidos extracelular e intracelular. Adaptada de Guyton, 2006.

1.1.4 Nivel Tisular

A nivel tisular los componentes son el tejido adiposo, el músculo esquelético, los huesos y los órganos viscerales (hígado, riñón, corazón, etc.).

1.1.4.1 Tejido adiposo

Hay dos tipos principales de tejido adiposo: el blanco y el pardo.

a) El tejido adiposo blanco es el tipo común que se ve en los mamíferos: constituye casi todo el tejido adiposo del hombre. Su color puede ser a veces menos blanco por contener caroteno. Constituye el 15-20 por cien del peso corporal de los varones adultos, y del 20 al 25 en las mujeres. En cierto modo, puede decirse que constituye un órgano voluminoso metabólicamente activo, que

interviene fundamentalmente en la captación, síntesis, almacenamiento y movilización (permitiendo que sus calorías se empleen como combustible en otras partes del cuerpo) de lípidos neutros (grasa).

b) El tejido adiposo pardo es muy raro en el hombre pero abundante en algunos mamíferos. Durante la vida tiene un color pardo porque dispone de un rico riego capilar sanguíneo, y también porque sus células contienen muchas mitocondrias y, por lo tanto, son ricas en citocromos. Sirve principalmente para regular la temperatura corporal en los animales recién nacidos.

1.1.4.2 Tejido músculo esquelético:

Este tejido está formado por manojos de células cilíndricas (10-100 μ m), muy largas (de hasta 30 cm), multinucleadas y estriadas transversalmente, llamadas también fibras musculares esqueléticas (Figura 5). Los núcleos de las fibras se ubican vecinos a la membrana plasmática (sarcolema), que aparece delimitada por una lámina basal (lámina externa). El tejido conjuntivo que rodea a las fibras musculares contiene numerosos vasos sanguíneos y nervios y se disponen de manera de transferir, en la forma más efectiva posible, la contracción de las fibras musculares a los sitios de inserción del músculo. Cada fibra muscular recibe una terminación del axón de una neurona motora formándose en la zona de unión una estructura denominada placa motora.

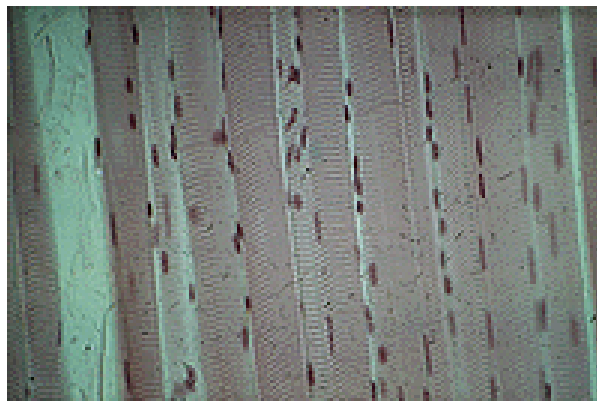


Figura 5. Microfotografía (pequeño aumento) de un corte de tejido muscular esquelético. Adaptado de Bloom, 2002.

El músculo esquelético se une a los huesos a través de los tendones, estructuras continuas con la envoltura conjuntiva llamada epimisio, que rodea externamente al músculo completo. El tejido conjuntivo penetra al interior del músculo formando el perimisio, que corresponde a delgados septos de tejido conjuntivo que envuelven a manojos o fascículos de fibras musculares. A partir del perimisio, se origina el endomisio formado por delgadas vainas de fibras reticulares que rodean cada una de las fibras musculares. Los vasos sanguíneos penetran al músculo a través de estos septos conjuntivos.¹⁷

1.1.4.3 Tejido óseo

En el hueso, el calcio se combina con fosfato y otros iones para formar hidroxapatita, principal sal ósea. Por lo menos 99% de todo el calcio del cuerpo se encuentra en los huesos. El hueso está compuesto por dos constituyentes principales: 1) una matriz proteínica muy fuerte cuya consistencia es casi la del cuero, y 2) sales óseas depositadas en la matriz para hacerlo duro e inflexible.

En la figura 6 se ilustra la estructura de un hueso largo; en ella se observa una superficie articular en cada extremo por lo que se une con otros huesos, lo mismo que una diáfisis hueca diseñada de manera especial para resistir las tensiones mecánicas.

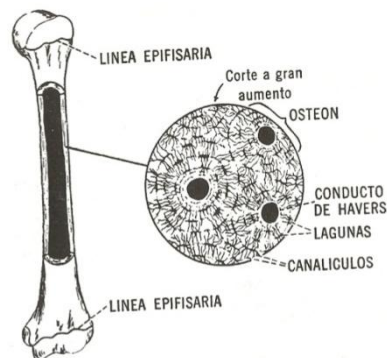


Figura 6. Estructura del hueso. Adaptado de Guyton, 2006.

- **Depósito de hueso:** El osteoblasto deposita hueso, el depósito de hueso se produce en dos etapas:
 - En primer lugar, los osteoblastos secretan la matriz. Esta contiene una sustancia proteínica que se polimeriza para volverse fibras de colágena muy resistentes, que constituyen en gran medida la parte principal de la nueva matriz.
 - En segundo lugar, una vez que se ha formado la matriz proteínica se precipitan en ella sales de calcio, lo que la convierte en una estructura dura que conocemos como hueso.

- **Resorción de hueso:** Los osteoclastos contienen muchos núcleos, estas células se encuentran en casi todas las cavidades del hueso y tienen la capacidad para producir resorción ósea. Lo hacen secretando enzimas, y tal vez sustancias ácidas que digieren la matriz proteínica y disuelven las sales óseas, de modo que se absorben hacia el líquido circundante. Así pues, como resultado de la actividad osteoclástica se liberan calcio y fosfato hacia el líquido extracelular, en tanto que estas células se comen literalmente el hueso. En la figura 7 se ilustran tanto el depósito como la absorción del hueso.

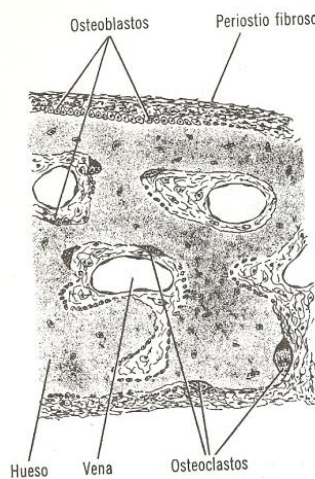


Figura 7. Depósito osteoblástico de hueso y resorción osteoclástica.

Adaptado Guyton, 2006.

Equilibrio entre la resorción osteoclástica y el depósito osteoblástico del hueso

Si la proporción de la actividad osteoblástica es mayor que la de la actividad osteoclástica, la resistencia del hueso se estará incrementando. Esto ocurre en los deportistas y en otras personas que someten sus huesos a tensión excesiva. Por otra parte, la actividad osteoclástica suele ser mayor que la actividad osteoblástica cuando los huesos se encuentran en desuso, y por lo tanto se debilitan¹².

1.1.5 Nivel Corporal Total

El nivel corporal total, incluye características como la masa corporal, talla, densidad corporal, resistencia, pliegues grasos y circunferencia. Muchos de los métodos de investigación usados para estimar la mayoría de los componentes de la composición corporal en estudios de campo son realizados de nivel corporal total. Estas mediciones, como los pliegues grasos, son frecuentemente utilizadas junto a ecuaciones de predicción para estimar componentes.

1.1.5.1 Peso

Se trata de una medición precisa y confiable que expresa la masa corporal total pero no define compartimentos e incluye fluidos. Junto a la talla permite definir el índice de masa corporal (IMC). Considerando el momento en que se efectúa la medición y atendiendo a su relación con la evolución del estado nutricional, pueden considerarse distintos tipos de peso:

- Actual: El peso actual es el peso que tiene el individuo al momento del diagnóstico. Se trata de una medición precisa y confiable, que expresa su masa corporal total, pero no define compartimentos e incluye fluidos.
- Habitual: Es aquel que el individuo ha mantenido durante más tiempo. El paciente suele confundirlo con su peso normal. El peso habitual puede

no ser el saludable y varía en distintas etapas de la vida (niñez, adolescencia, matrimonio, etc.)

- Normal o teórico: Es aquel que podemos encontrar en las tablas de peso-talla de la población normal y está ligado al sexo, la talla y la contextura del individuo.
- Saludable: Es el rango de peso entre los percentiles 5 y 95 que figura en las tablas de pesos normales. Por debajo del percentil 5 se considera bajo peso y por encima del percentil 95 obesidad.
- Ideal: Es un punto, dentro del rango de peso saludable, en el cual se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones: es aquel peso en el que el individuo se siente bien, se ve bien y no le cuesta trabajo mantener. Cualquiera de las tres condiciones mencionadas que no se cumplan determinan que no sea su peso ideal.

Instrumental: Balanza de precisión o báscula de pie con un margen de error de 100 g.

Método: Paciente de pie, parado en el centro de la balanza, con ropa interior o prendas livianas y descalzo.

Resultado: en Kg.

- Índices relacionados al peso

Peso relativo (PR): Permite apreciar el grado de desviación entre el peso actual y el peso medio normal para la talla según las tablas. Su fórmula es la siguiente:

$$PR = \frac{\text{Peso actual (en kg)}}{\text{Peso medio normal}} \times 100$$

Peso medio para la talla

Porcentaje de desviación del peso teórico (% DPT): Se obtiene restándole 100 al PR. Este dato permite cuantificar porcentualmente la desviación entre el peso teórico del individuo y su peso actual.

$$\%DPD = \frac{\text{Peso actual (en kg)} \times 100}{\text{Peso medio para la talla}} - 100$$

Porcentaje de pérdida de peso (%PP): en ocasiones es útil conocer el porcentaje de pérdida de peso, especialmente si se relaciona con el tiempo transcurrido para esa pérdida. Refleja en forma importante la magnitud de una desnutrición y suele utilizarse con un valor pronóstico. La fórmula es la siguiente:

$$\%PP = \frac{\text{peso habitual} - \text{peso actual}}{\text{Peso habitual}} \times 100$$

Contextura (C): La relación existente entre lo largo y ancho de los huesos es considerada contextura. También se llama complexión o estructura ósea. Tiene una inevitable relación con el peso, dado que a mayor contextura se espera un mayor peso como una condición normal y viceversa. Puede medírsele en zonas como la muñeca, los tobillos o la cintura pelviana, regiones donde pueden obtenerse perímetros y diámetros óseos casi sin influencia de otros tejidos. La fórmula es la siguiente:

$$C = \frac{\text{talla (en cm)}}{\text{Circunferencia de la muñeca (en cm)}}$$

Los valores obtenidos pueden compararse en la tabla 5 para saber la constitución.

Contextura	Hombre	Mujer
Pequeña	>10.4	>11.0
Mediana	9.6-10.4	10.1-11.0
Grande	<9.6	<10.1

Tabla 5. Contextura de hombres y mujeres. Adaptada de De Hirolami, 2004.

1.1.5.2 Talla

La talla es la altura que tiene un individuo en posición vertical desde el punto más alto de la cabeza hasta los talones en posición de “firmes”, se mide en centímetros (cm).

Instrumental: Medidor de talla, altímetro o estadiómetro; también podrá utilizarse una cinta métrica de 2.5 m de largo y 1.5 cm de ancho que deberá adosarse a la pared con el 0 al nivel del piso, y una escuadra que se apoyará en la pared y en el vértex del sujeto.

Método: Paciente de pie, descalzo, con el cuerpo erguido en máxima extensión y la cabeza erecta mirando al frente en posición de Francfort (el arco orbital inferior deberá estar alineado en un plano horizontal con el trago de la oreja). Se le ubica de espaldas al altímetro con los talones tocando el plano posterior, con los pies y la rodilla juntas. Se desciende el plano superior del altímetro o la escuadra sobre la cinta métrica hasta tocar la cabeza en su punto más elevado (vértex).

Resultado: en centímetros (cm)

Observaciones: Medir en inspiración. Verificar la correcta postura del cuerpo y la cabeza.

1.1.5.3 Perímetros

De acuerdo con las normas internacionales deberán ser medidos del lado derecho, con una cinta métrica de 0.5 cm de ancho por 2 cm de largo, deben identificarse perfectamente los puntos de referencia para la medición que se efectuará. Se realiza la técnica del cruce, en la cual la mano izquierda toma el extremo de la cinta y rodea con ella el segmento a medir, luego la cinta se superpone de forma tal que se cruce a la altura del cero de la cinta quedando el valor de la medición por debajo del cero. La cinta debe quedar por debajo del punto a medir, ni muy apretada ni muy floja, evitando así comprimir los tejidos.

- Cintura

Este perímetro es quizás uno de los más utilizados en la actualidad, en relación especialmente a su utilidad para evaluar el riesgo de enfermedad cardiovascular. Se relaciona directamente con la cantidad de tejido adiposo ubicado a nivel del tronco, por lo que su valor es tan útil como dato aislado como combinado en índices específicos. Refleja la cuantía de la masa grasa a nivel del abdomen y se le considera un excelente marcador de obesidad y de riesgo. Los valores normales y de riesgo pueden observarse en la tabla 6.

Valores normales y de riesgo de circunferencia de la cintura

	Normal	Aumentado	Muy aumentado
Hombre	<94 cm	94-101.9 cm	>102 cm
Mujer	<80 cm	88-107.9 cm	>108 cm

Tabla 6. Valores normales y de riesgo de obesidad en relación al perímetro de la cintura (OMS)

Método: Paciente con el torso desnudo, de pie con los brazos relajados al costado del cuerpo. La persona que realizará la medición se ubicará frente al paciente, rodeando con la cinta métrica en el punto medio entre el reborde costal y la cresta iliaca.

Observaciones: medir en inspiración.

- Cadera

Método: Paciente en ropa interior, de pie con los glúteos relajados y los pies juntos. La persona que realizará la medición se ubicará frente al paciente, rodeando con la cinta métrica la cadera a nivel del máximo relieve de los trocánteres mayores (en general coincide con la sínfisis pubiana).

Observaciones: Medida útil como indicador de grasa en la región inferior del cuerpo.

1.1.5.4 Índices grasos

- Cintura-cadera (ICC)

Como su nombre lo indica, el índice cintura-cadera se establece como la relación entre estos dos parámetros:

$$\text{ICC} = \frac{\text{Circunferencia de la cintura (en cm)}}{\text{Circunferencia de la cadera (en cm)}}$$

El incremento del índice representa un predominio de la distribución de grasa a nivel de la cintura, con el consiguiente incremento del riesgo. Su valor permite clasificar la distribución del tejido adiposo en tipo androide o ginecoide de acuerdo a los valores presentados en la tabla 7.

	Hombre	Mujer
Androide	>1.00	>0.90
Mixta	0.85-1.00	0.75-0.90
Ginecoide	<0.85	<0.75

Tabla 7. Clasificación de la distribución del tejido adiposo en hombres y mujeres de acuerdo al índice cintura-cadera, adaptado de la OMS.

Tiene una directa relación con el contenido de grasa intraabdominal, aunque está influenciado también por la grasa subcutánea. Despres y colaboradores han hallado a la circunferencia de la cintura como mejor predictor de grasa abdominal que el ICC. Su especificidad disminuye a medida que se incrementa el porcentaje de grasa corporal, existiendo también variantes fisiológicas distintas en la mujer premenopáusica y posmenopáusica y en los niños en la edad prepuberal. Actualmente se consideran valores de bajo riesgo en el varón y en la mujer de menos de 0.94 y 0.82 respectivamente, considerándose de riesgo los que se muestran en la tabla 8.

Riesgo de obesidad en hombres y mujeres

Hombre	Edad	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
	20-29	<0.83	0.83-0.88	0.89-0.94	>0.94
	30-39	<0.84	0.84-0.91	0.92-0.96	>0.96
	40-49	<0.88	0.88-0.95	0.96-1.00	>1.00
	50-59	<0.90	0.90-0.96	0.97-1.02	>1.02
	60-69	<0.91	0.91-0.98	0.99-1.03	>1.03
Mujer	20-29	<0.71	0.71-0.77	0.78-0.82	>0.82
	30-39	<0.72	0.72-0.78	0.79-0.84	>0.84
	40-49	<0.73	0.73-0.79	0.80-0.87	>0.87
	50-59	<0.74	0.74-0.81	0.82-0.88	>0.88
	60-69	<0.76	0.76-0.83	0.84-0.90	>0.90

Tabla 8. Valores de riesgo de obesidad en hombres y mujeres. Adaptada de Bray G. 1988

- Cintura- talla (ICT)

Propuesto por Hsieh y Yoshinaga, relaciona la medida de la cintura con la talla, independientemente del valor de la cadera.

$$ICT = \frac{\text{cintura (en cm)}}{\text{Talla (en cm)}}$$

Presenta una buena correlación con los indicadores de riesgo de enfermedad cardiovascular (TA, HbA1c, Tg, HDL, etc.), aun mayor que el IMC

1.1.5.5 Índice de Masa Corporal

Relacionar el peso con la talla de un individuo, como forma de obtener un índice que refleje la situación ponderal y el riesgo, es una idea propuesta desde hace muchos años. Uno de los primeros índices utilizados fue el de Broca, que relacionaba en forma directa el peso y talla. Debido a los amplios cambios que sufre como consecuencia de las variaciones de la talla, se propuso elevar la talla al cuadrado para minimizar la influencia de sus cambios. Nace así el índice de Quetelet. Se establece como la relación entre el peso del individuo y su talla elevada al cuadrado.

$$\text{IMC} = \text{peso (kg)} / \text{talla}^2 \text{ (metros)}$$

Los valores normales de IMC son aún discutidos, aunque actualmente se puede establecer un diagnóstico nutricional (respecto de la relación peso/talla) sobre la base de la tabla 9.¹⁵

IMC	Definición
<15	Desnutrición muy severa
15-15.9	Desnutrición severa (Grado III)
16-16.9	Desnutrición moderada (Grado II)
17-18.4	Desnutrición leve (Grado I)
18.5-24.9	Normal
25-29.9	Sobrepeso
30-34.5	Obesidad grado I
35-39.9	Obesidad grado II
40 o más	Obesidad grado III (mórbida)

Tabla 9. Clasificación internacional del estado nutricional de acuerdo con el IMC
(adaptado de la OMS)

1.2 MODELOS DE PREDICCIÓN

Existe en la literatura un amplio número de fórmulas para la predicción de la composición corporal, utilizando diversos números y combinaciones de las mediciones antropométricas.

En general, el modelo más utilizado es el bicompartimental que estima el peso total (P) del organismo dividido en masa magra (MM) y masa grasa (MG). Así la fórmula utilizada es:

$$P = MM + MG$$

Basados en este modelo elemental que refleja los dos principales compartimentos corporales relacionados con la reserva proteica (MM) y con la reserva energética (MG), el monto de uno de los compartimentos es deducible a partir del cálculo de otro. Teniendo en cuenta que el P es fácilmente obtenible con solo pesar al sujeto, bastará con obtener la MM o la MG por alguno de los métodos descriptivos, con lo que se tendrán resueltos dos términos de la ecuación; el tercero puede resolverse por alguna de las dos fórmulas:

$$MM = P - MG$$

$$MG = P - MM$$

En la tabla 10 se observan los niveles de % de MG recomendados de acuerdo con los estudios de Durnin y colaboradores (1985).

Sexo	Edad	% MG
Hombre	< 24 años	15
	25-27 años	17
	28-29 años	18
	30-32 años	19
	33-39 años	20
	> 40 años	21
Mujer	< 20 años	17
	20-22 años	18
	23-25 años	19
	25-29 años	20
	> 30 años	22

Tabla 10. Niveles de % de masa grasa recomendados por Durnin

Otra forma de calcular el porcentaje graso normal para un individuo es tener presente que aproximadamente a los 15 años, los varones normalmente cuentan con 15% de MG y las mujeres con un 20%. A partir de esa edad, cada 10 años el porcentaje se eleva aproximadamente en un 1% en ambos sexos¹⁵.

1.2.1 Modelos antropométricos

Los modelos antropométricos utilizan varios tipos de medidas para obtener datos de la composición corporal. Solo se mencionarán algunos de los más confiables y comúnmente utilizados.

1.2.1.1 Deurenberg

Este autor y colaboradores desarrollaron en 1991 una fórmula que calcula con un acierto de 80% y con un error estándar de la estimación del 4% el porcentaje de grasa corporal (%MG):

$$\%MG = (1.2 \times IMC) + (0.23 \times \text{edad}) - (10.8 \times \text{sexo}) - 5.4$$

La edad se calcula en años y en la variable sexo se considerará como 0 para femenino y 1 para masculino.

1.2.1.2 Lean y Deurenberg

Estos autores presentaron en 1996 una nueva fórmula de predicción antropométrica del % MG, luego de haber analizado 63 varones y 84 mujeres con pesada hidrostática. La fórmula utiliza la circunferencia de la cintura en cm (CC), el pliegue tricípital en mm (PT) y la edad en años (E).

Hombres:

$$\%MG = (0.353 \times CC) + (0.756 \times PT) + (0.235 \times E) - 26.4$$

Mujeres:

$$\%MG = (0.232 \times CC) + (0.657 \times PT) + (0.215 \times E) - 5.5$$

Las fórmulas con pliegues grasos proveen una buena predicción de la densidad corporal, aunque poseen un importante sesgo en los valores extremos de MG y edad. La mejor predicción de %MG con el menor sesgo la obtuvieron a través de la CC ajustada por edad mediante la siguiente fórmula¹⁹:

Hombres:

$$\%MG = (0.567 \times CC) + (0.101 \times E) - 31.8$$

Mujeres:

$$\%MG = (0.439 \times CC) + (0.221 \times E) - 9.4$$

1.2.2 Fraccionamiento antropométrico

En 1988 se desarrolló en Argentina el método denominado Evaluación Nutricional por Fraccionamiento Antropométrico (ENFA) propuesto por J.M. Basaluzzo y colaboradores, basado en los modelos de Phantom y Fraccionamiento Antropométrico. El ENFA permite la medición de la estructura corporal, representada por las masas grasa, esquelética, muscular, visceral y residual. Determina además las reservas calórica y proteica, estableciendo el somatotipo.

1.2.2.1 Cálculo de la masa grasa

Se determina el valor z para cada pliegue de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$z = 1/S [V (170.18/H) (\text{peso}/H-100) / (\text{peso Ph}/H \text{ Ph}-100) (-P)^d]$$

Donde:

Z= valor del pliegue evaluado

S= DS para el Phantom de V

V= Valor medido para cada pliegue

H= altura del sujeto medido en cm.

d= constante dimensional: (1) para medidas de longitud, anchos y periferia, (2) para áreas y (3) para masas y volúmenes.

P= Media del Phantom del pliegue evaluado

Peso/ H= Peso y altura del sujeto

Peso Ph/ H Ph= Peso y altura del Phantom

Para el cálculo de la masa grasa se utiliza la siguiente fórmula:

$$M = (z \times S + P) / (170.18 / H)^d$$

Donde z es el resultado de dividir la suma de los pliegues cutáneos obtenidos por el número de pliegues medidos, y d=3.

1.2.2.2 Cálculo de la masa esquelética

Se utilizan las medidas de los diámetros del húmero+muñeca+fémur+tobillo, y se procede de la misma forma que para el cálculo de la masa grasa.

1.2.2.3 Cálculo de la masa visceral

Se utilizan las medidas de los diámetros biacromial+ biilíaco+ bitrocantéreo+ tórax (A-P)+ perímetro abdominal – (3.1416 x pliegue abdominal) y se procede de la misma forma que para el cálculo de la masa grasa.

$$M = (z \times S + P) / (89.92 / H \text{ sentada})^d$$

- Cálculo de la masa muscular

Se utilizan las medidas de los perímetros musculares (corregidos) de bíceps relajado - (3.1416 x pliegue tricipital) + bíceps contraído - (3.1416 x pliegue tricipital) + antebrazo + suprailíaco – (3.1416 x pliegue suprailíaco) + abdominal – (3.1416 x pliegue abdominal) + muslo – (3.1416 x pliegue muslo) + gemelo – (3.1416 x pliegue gemelar) y se procede de la misma forma que para el cálculo de la masa grasa.

- Peso estructural: Es la suma de los resultados de las masas

Peso estructural= masa grasa+ masa esquelética + masa visceral + masa muscular

- Cálculo de la masa residual

En general, en sujetos en buenas condiciones de salud y en deportistas no hay diferencia entre peso real medido y el peso estructural. Pero en determinadas condiciones clínicas (ascitis, edemas, aumento de la volemia, líquido amniótico, etc.) las diferencias pueden ser significativamente importantes²⁰.

$$MR = \text{peso real} - \text{peso estructural}$$

En la tabla 11 se muestran los valores antropométricos para mayores de 18 años por el modelo de Phantom. Mientras que en la tabla 12 se muestran los valores para los individuos de 6-18 años se utiliza la tabla del Coquitlam Growth Study (COGRO), estudio canadiense sobre 919 niños.

Peso (kg)	64,68±8,60	Diámetros óseos (cm)			
Talla parada	170,18±6,29	Húmero (biepicondilar)	6,48±0,35		
Talla sentada	89,92±4,50	Muñeca (diámetro)	5,21±0,28		
Pliegues de grasa (mm)		Fémur (biepicondilar)	9,52±0,48		
Tríceps	15,40±4,47	Tobillo (diámetro)	6,68±0,36		
Subescapular (D)	17,20±5,07	Biacromial	38,04±1,92		
Bicipital	8,00±2,00	Billíaco	28,84±1,75		
Suprailíaco	15,40±4,47	Bitrocantéreo	32,66±1,80		
Abdominal	25,40±7,78	Tórax (A-P)	17,50±1,38		
Muslo (anterior)	27,00±6,33	Masas corporales (Kg)			
Gemelo	16,00±4,67				
Perímetros musculares (cm)					
Bíceps (relajado)*	22,05±1,91				
Bíceps (contraído)*	29,41±2,37				
Antebrazo (relajado)	25,13±1,41				
Muslo*	47,34±3,59			Masa grasa (kg)	12,13±3,25
Gemelo*	30,22±1,97			Masa esquelética (kg)	10,49±1,57
Tórax*	82,46±4,86			Masa muscular (kg)	25,55±2,99
Abdominal*	79,06±6,95			Masa visceral (kg)	16,41±1,90

(*)-(3.1416 x medida del pliegue cutáneo)

Tabla 11. Valores antropométricos para mayores de 18 años .Modelo de Phantom

Edad (años)	Sexo	Masa grasa (kg)	Masa esquelética (Kg)	Masa muscular (kg)	Masa visceral (kg)
6	M	3,48±0,96	4,70±1,08	8,39±1,98	4,56±0,80
	F	4,29±1,17	4,53±1,01	8,17±1,41	4,37±0,85
7	M	3,17±1,35	5,25±0,85	9,81±0,90	5,22±1,04
	F	4,01±1,66	4,87±1,00	9,27±1,48	5,10±1,40
8	M	3,74±2,01	5,97±1,10	11,11±1,72	6,29±1,35
	F	3,61±1,25	5,03±0,93	9,98±1,52	5,79±0,93
9	M	3,58±2,01	6,31±1,64	12,03±2,57	6,76±1,49
	F	4,20±1,66	5,78±1,18	11,48±2,25	6,66±1,35
10	M	4,03±2,31	7,23±1,52	13,75±2,22	7,92±1,59
	F	6,18±4,03	6,95±1,88	14,20±2,99	8,26±2,18
11	M	4,68±2,90	7,64±1,92	14,90±2,50	8,69±1,99
	F	6,50±3,84	7,43±1,77	15,16±2,88	9,01±2,35
12	M	7,03±4,24	8,68±2,30	19,26±3,39	10,02±2,47
	F	6,66±3,49	8,29±1,92	17,29±3,22	10,37±2,50
13	M	5,99±4,28	10,08±2,17	20,83±2,89	12,53±2,84
	F	7,55±4,41	8,84±1,71	19,65±3,49	11,88±2,54
14	M	5,95±3,76	11,03±2,38	23,42±4,36	13,42±2,92
	F	8,77±4,71	9,55±1,87	21,81±3,25	12,72±2,42
15	M	7,00±4,91	11,89±2,49	26,49±4,92	14,80±2,92
	F	9,30±3,95	9,34±1,85	22,34±3,08	12,58±2,64
16	M	6,79±4,24	12,37±2,11	28,96±4,43	15,49±3,00
	F	9,30±4,22	9,45±1,51	22,80±3,12	12,92±2,56
17	M	7,06±4,49	12,13±3,02	30,53±4,60	16,19±2,99
	F	9,44±3,78	9,34±1,52	23,17±2,69	13,09±1,70
18	M	7,12±2,61	13,11±2,00	32,66±4,32	17,11±3,03
	F	10,57±3,30	9,46±1,44	22,07±2,80	13,62±2,71

Tabla 12. Valores para masas según sexo y edad en niños canadienses menores de 18 años.

1.2.3 Bioimpedancia

El análisis de la impedancia bioeléctrica, conocida como bioimpedanciometría, es un método que permite estimar la composición corporal de un modo simple, seguro y económico. Definida como la oposición de un conductor biológico al paso de una corriente alterna, el análisis de la impedancia (Z) se basa en el estudio del comportamiento de la corriente eléctrica cuando atraviesa fluidos, células y tejidos del cuerpo humano. Su utilización también permite el cálculo del volumen del agua corporal y de su distribución en los espacios intercelular y extracelular, de manera no invasiva, permitiendo al investigador y al clínico predecir la magnitud y la evolución de los compartimentos corporales que lo contienen.

a) Fundamentos de la impedancia bioeléctrica

La ley de Ohm define la resistencia (R) como la relación existente entre la tensión eléctrica aplicada a un conductor y la intensidad de la corriente que fluye por el mismo, siendo el Ohm (Ω) su unidad de medida (voltio/amperio). Esta resistencia se explica como la acción con la que el material se opone al paso de los electrones y, entre otras cosas, está en directa relación con el tipo de material. El efecto inverso a la resistencia es la conductividad (γ), cuya unidad de medida es el siemens ($S = 1/\Omega$).

Todo material, de acuerdo con su constitución, ejerce una resistencia específica por unidad de volumen al pasaje de la corriente eléctrica llamada resistividad (ρ). Un cuerpo rectilíneo presenta una R al pasaje de la corriente eléctrica directamente proporcional a su longitud (l) e inversamente proporcional a su sección (S), lo que permite definir la ecuación de la resistencia como:

$$R = \rho \times \frac{l}{S}$$

Cuando un cuerpo no tiene una sección uniforme, se utiliza la sumatoria de la resistencia de cada segmento según su longitud y sección:

$$R = \sum \frac{\rho \Delta l}{S}$$

Las diferentes sustancias pueden tener baja o alta resistencia al pasaje de la electricidad, pudiendo ser entonces conductores o resistores respectivamente, siendo influenciados además por otros aspectos como la temperatura.

Siguiendo estos razonamientos y basados en la Ley de Ohms, finalmente la R es una función de la diferencia de potencial entre dos puntos (E) medida en voltios y la intensidad (I) de la corriente aplicada medida en amperios:

$$R = \frac{E}{I}$$

La inversa de la resistividad es la conductividad (γ), cuya unidad de medida es el siemens-metro⁻¹.

La reactancia (Xc) es la capacidad de un conductor de almacenar corriente eléctrica durante un breve período de tiempo. El cuerpo humano posee condensadores biológicos que son capaces de atrapar esa energía; esos condensadores son las membranas biológicas celulares y los tejidos.

Finalmente, la impedancia (Z) se define como la oposición que ejerce un conductor al paso de la corriente eléctrica alterna, y está relacionada con la R del mismo y con la Xc, a través de la siguiente fórmula:

$$Z = \sqrt{R^2 + Xc^2}$$

A través de la medición de la R de un conductor se puede calcular su volumen (V). Esa R es directamente proporcional a su longitud (L) e inversamente proporcional a su sección (A). Tratándose de un conductor cilíndrico y de un material específico, tendrá también una resistividad propia y específica (ρ). Esta resistividad específica es directamente proporcional al V del líquido e inversamente proporcional a la temperatura y al número de iones electrolíticos (N_e) según:

$$\rho = \frac{KV}{N_e}$$

El volumen del cilindro medido se puede calcular entonces a partir de la siguiente fórmula:

$$V = \frac{\rho \times L^2}{R}$$

Si tenemos en cuenta que el cuerpo humano está compuesto fundamentalmente por agua con electrólitos cuya ρ es conocida, y consideramos esa agua total como a un cilindro cuya L es igual a la talla del sujeto, midiendo la R (o la Z) podremos calcular el V utilizando la fórmula anterior. Como se puede apreciar, la bioimpedancia simplemente estima por fórmula el volumen del agua corporal.

La MM contiene un valor casi constante de agua. Este contenido se ve reflejado en el valor del cociente entre el agua corporal total (ACT) y la masa magra (MM), que es de 0,732 con fluctuaciones fisiológicas que van desde 0,69 a 0,77. Entonces:

$$\frac{ACT}{MM} = 0,732, \text{ por lo tanto } MM = \frac{ACT}{0,732}$$

De este modo, a partir del cálculo del agua corporal total por bioimpedancia, puede estimarse el monto de la MM.¹⁵

2. SEDENTARISMO

2.1 DEFINICIÓN

El término “sedentario” proviene del latín “sedere”, estar sentado¹⁹. Puede definirse también como la falta de actividad física o de ejercicios físicos. Predomina en personas que realizan actividades intelectuales y constituye un modo de vida o comportamiento caracterizado por movimientos mínimos.²¹.

Un individuo es sedentario cuando gasta menos del 10% de su consumo calórico diario, como consecuencia de una intensidad física moderada o baja. En individuos sanos puede considerarse sedentarios a aquellos que no realizan como mínimo 30 minutos de caminata diaria "a paso vivo" de 5 a 7 días por semana o el equivalente en consumo calórico diario, producto de cualquier otra actividad física.²²

2.2 EPIDEMIOLOGÍA DEL SEDENTARISMO

Los estilos de vida sedentarios son los que predominan en casi todas las zonas urbanas en el mundo entero. Es decir, el sedentarismo constituye uno de los grandes factores de riesgo que explican las proporciones epidémicas actuales de las Enfermedades no Transmisibles (ENT). En su informe sobre la salud en el mundo 2002, la Organización Mundial de la Salud (OMS) indicó que 76% de todas las defunciones en el continente americano en el año 2000 se debieron a ENT. Ese mismo año se produjeron solo en América Latina 119 000 defunciones vinculados con Estilos de vida sedentarios. Según datos obtenidos de 24 países en la Región de las Américas, más de la mitad de la población es inactiva, es decir, no observa la recomendación de un mínimo de 30 min diarios de actividad moderadamente intensa por lo menos cinco días a la semana.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su informe sobre la salud en el mundo 2002, estima que los niveles de estilo de vida sedentarios son una de las 10 causas de mortalidad y discapacidad en el mundo. La prevalencia de inactividad física entre los adultos es del 17%. La prevalencia de cierto grado de actividad física en la población es de <2.5 horas semanales de actividad moderada se sitúa entre el 31% y 51%, con una media mundial de 41%, quiere decir que el 59% de la población mundial no realiza la actividad física suficiente para su salud. Se ha calcula que la inactividad física causa a nivel mundial en torno a un 10%-16% de los casos de cáncer de mama, cáncer colorrectal y diabetes mellitus, y aproximadamente un 22% de los casos de cardiopatía isquémica.²³

De acuerdo con la ENURBAL 2002, la prevalencia de población sedentaria en el Distrito Federal es de 81%, 8 de cada 10 personas mayores de 30 años no realizan actividad física.²⁴

En el estudio realizado por la ENSANUT 2006, se aplicó un cuestionario de actividad física a 24 921 adolescentes entre 10 y 19 años de edad (12 520 mujeres y 12, 401 hombres). El cual permitió captar información sobre las horas semanales en que los adolescentes realizaban actividad física o permanecían inactivos, encontrándose los siguientes resultados:

Porcentaje de adolescentes que realizan actividad física: Como se muestra en la tabla 13 se clasificó a los adolescentes, de acuerdo con el tiempo que dedican a realizar actividades moderadas o vigorosas, conforme a los siguientes criterios:

- Activos: Realizan al menos siete horas a la semana de actividad moderada y/o vigorosa.
- Moderadamente activos: Realizan menos de siete horas y al menos cuatro

- Inactivos: Realizan menos de cuatro horas a la semana de actividad física vigorosa y/o moderada.

Clasificación de actividad física	Muestra número	Expansión		
		Número (miles)	%	IC95%
Inactivo	10 388	9 185	40.4	(39.2,41.5)
Moderadamente activo	5 978	5 551	24.4	(23.6,25.2)
Activos	8 555	8 008	35.2	(34.1,36.4)
Total	24 921	22 744	100.0	

Tabla 13. Distribución porcentual de actividad física en adolescentes. México, ENSANUT 2006

De acuerdo con la tabla 13 se observa que el 35.2% de los adolescentes son activos, 24.4% moderadamente activos y 40.4% inactivos.

En cuanto al tiempo que un adolescente pasa frente a un aparato de televisión, se consideró lo siguiente: como tiempo adecuado hasta 12 horas a la semana en promedio de estar frente al televisor; es decir, aproximadamente una hora con 20 minutos al día; más de 12 horas y menos de 21 como poco adecuado (en promedio dos horas con 15 minutos por día) y más de 21 horas a la semana (tres horas o más al día), como inadecuado. Tabla 14

Clasificación del tiempo frente a un aparato de TV	Muestra número	Expansión		
		Número (miles)	%	IC95%
≤ a 12 horas a la semana	12 273	11 135	49.0	(47.6,50.3)
> a 12 horas a la semana	6 042	5 321	23.4	(22.5,24.3)
≥ 21 horas a la semana	6 606	6 288	27.6	(26.5,28.9)
Total	24 921	22 744	100.0	

Tabla 14. Distribución porcentual del tiempo frente a un aparato de televisión en adolescentes. México, ENSANUT 2006.

Estadísticamente se muestra que más del 50% pasa más de dos horas diarias frente a un televisor y de éstos más de una cuarta parte hasta tres horas por día en promedio.

Con los resultados arrojados indican que los adolescentes mexicanos realizan menos actividad física moderada y vigorosa que la deseable. Sólo la tercera parte realiza el tiempo recomendado (35.2%). A esto debe agregarse que más de la mitad de los adolescentes dedica más de 12 horas a la semana frente la televisión. Esto explica el incremento de la prevalencia en sobrepeso y obesidad en este grupo de edad en México.

2.3 RIESGOS A LA SALUD

El sedentarismo se asocia a la obesidad, y aunque la obesidad no se considera como una enfermedad, su importancia radica, en que es un importante factor de riesgo para desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), que son causa importante de mortalidad y morbilidad, un problema de salud pública en países desarrollados y de transición. Entre estas se encuentran: resistencia a la insulina, diabetes tipo II, hipertensión, dislipidemias, enfermedades cardiovasculares, apnea al dormir, síndrome metabólico, hipertensión pulmonar, padecimientos de la vesícula, osteoartritis, algunas formas de cáncer, depresión, baja autoestima, entre otras.

En los niños y adolescentes la obesidad desencadena múltiples alteraciones como: edad ósea avanzada, incremento en la talla, aumento del compartimento adiposo, menarca a temprana edad, alteraciones emocionales, hiperlipidemia, aumento del gasto cardíaco, alteraciones en el metabolismo de la glucosa, problemas ortopédicos, apnea de sueño, ovario poli quístico e hipertensión ²⁵.

3. ACTIVIDAD FÍSICA

3.1 DEFINICIÓN

Para evitar confusiones debido a la diversidad de definiciones existentes, se considera conveniente establecer una diferenciación entre los conceptos de actividad física; ejercicio físico, deporte y condición física.

- Actividad física: hace referencia a cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos y que tiene como resultado un gasto energético que se añade al metabolismo basal.

- Ejercicio físico: se define como cualquier movimiento del cuerpo estructurado y repetitivo, que tiene por objeto, una mejora o mantenimiento de la condición física.
- Deporte: es el ejercicio físico que se realiza dentro de unas reglas que conjugan actividades físicas con otras características donde generalmente se compite.
- Condición física: Consiste en un conjunto de atributos (estado funcional), que los individuos poseen u obtienen, y que están relacionados con la capacidad de desarrollar actividad física. El término se deriva de la frase en inglés *physical fitness*, y viene a designar la vitalidad de la persona y su aptitud real para las acciones que emprende. La condición física puede tener por propósito lograr un alto rendimiento y alcanzar una condición física saludable, esta puede y debe ser lograda con cargas físicas leves y moderadas, ajustadas a las posibilidades de cada individuo, según su edad y estado funcional actual. Son 5 los componentes considerados para alcanzar una condición física saludable²⁶:

- 1) Capacidad aeróbica o de resistencia cardiovascular
- 2) Fuerza muscular
- 3) Resistencia muscular
- 4) Flexibilidad
- 5) Composición corporal

3.2. ADAPTACIONES ORGÁNICAS EN EL EJERCICIO

Durante el ejercicio se producen modificaciones adecuadas y coordinadas en todo el organismo, las cuales se detallaran a continuación.

3.2.1 Adaptaciones metabólicas

La energía es suministrada al organismo por los alimentos que comemos y se obtiene de la oxidación de hidratos de carbono, grasas y proteínas. En términos de kilocalorías, la oxidación de los alimentos en el organismo tiene como valor medio el siguiente rendimiento:

1g de lípidos	9 kcal/g
1g de proteínas	4 kcal/g
1g de hidratos de carbono	4 kcal/g

La contracción muscular durante el ejercicio físico es posible gracias a un proceso de transformación de energía. La energía química que se almacena en los enlaces de las moléculas de los diferentes sustratos metabólicos (el ATP es la molécula intermediaria en este proceso) es transformada en energía mecánica. Figura 8

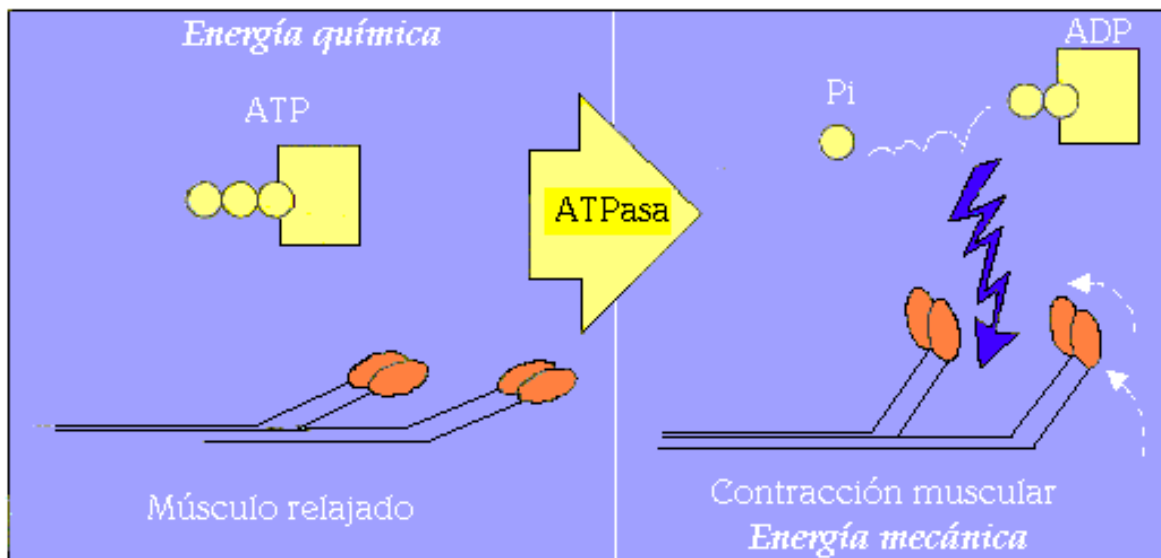


Figura 8. La ruptura de un enlace rico en energía de la molécula de ATP proporciona energía química que provoca cambios en la ultraestructura de la miosina para que se produzca el proceso de la contracción muscular. Adaptado de López Chicharro, 1995.

El ATP es la fuente inmediata de energía para producir la contracción muscular y se obtiene a través de 3 rutas o vías metabólicas, las dos primeras de naturaleza anaeróbica y la tercera aeróbica²⁷. Figura 9

1. Sistema de los fosfágenos ATP-PC o vía anaeróbica aláctica
2. Glucólisis anaeróbica o vía anaeróbica láctica
3. Sistema aeróbico u oxidativo

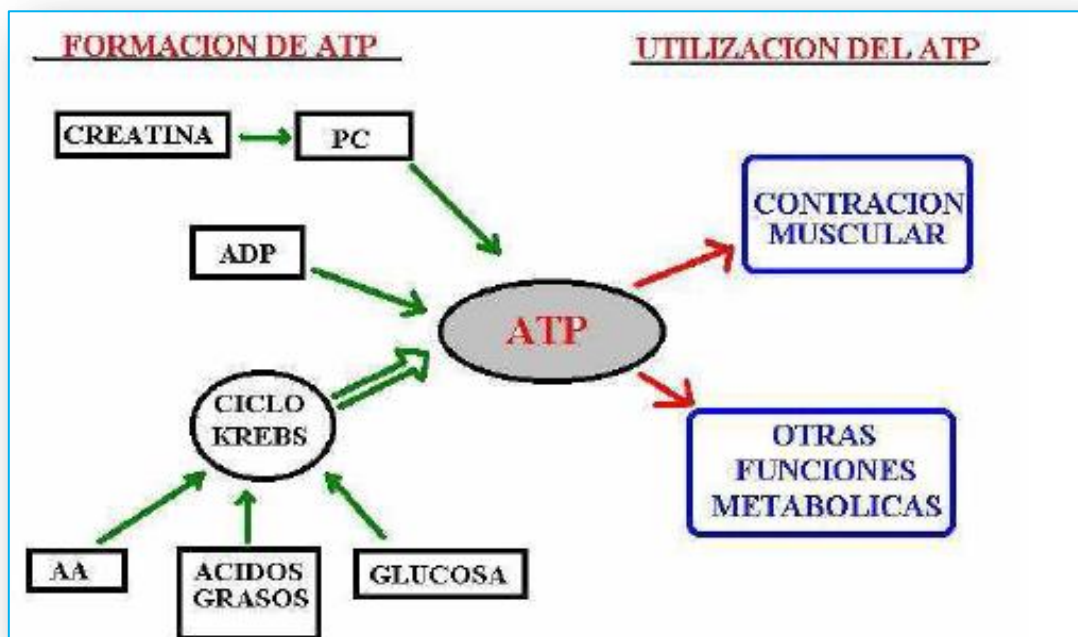


Figura 9. Rutas metabólicas en el organismo para la obtención de energía a través de la resíntesis de las moléculas de ATP. Mc Ardle, et. al.

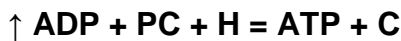
3.2.1.1 Sistema de los fosfágenos ATP-PC o vía anaeróbica aláctica

Las pruebas de corta duración e intensidad elevada necesitan un aporte de energía rápido e inmediato. Los fosfatos de energía elevada trifosfato de adenosina (ATP) y creatina fosfato (CrP) almacenados dentro de los músculos proporcionan esta energía de forma casi exclusiva. Estas fuentes intramusculares de energía se identifican con el término fosfágenos.

ATP: se hidroliza gracias a la enzima ATPasa ubicada en las cabezas de miosina para desencadenar el desplazamiento de la actina que da lugar a la contracción. La energía que se libera en la hidrólisis de una molécula de ATP durante el ejercicio es de aproximadamente 7300 calorías (depende de temperatura y pH muscular). Sus reservas en la célula se agotarán en 1 segundo durante el esfuerzo físico.



FOSFOCREATINA (PC): permite la resíntesis rápida de ATP, luego de su utilización, ya que la transformación de energía no se llevará a cabo en su ausencia. Esta resíntesis se realiza mediante una reacción catalizada por la creatinquinasa (CPK), que se activa con el aumento de la concentración de ADP



Las reservas de PC en la célula muscular se agotarían en 2 segundos durante ejercicios muy intensos si la célula dispusiera solo de este sustrato para mantener el trabajo desarrollado.

Cada kilogramo de músculo esquelético almacena aproximadamente 5 milimoles (mmol) de ATP y 15 mmol de CrP. Para una persona con una masa muscular de 30 kg, esto da entre 570 y 690 mmol de fosfógenos. Por ejemplo, en la carrera de 100 m, el organismo no puede mantener una velocidad máxima durante más de este tiempo, y el corredor puede realmente desacelerar hacia el final de la carrera. De esta forma, la cantidad de fosfógenos intramusculares influye de forma significativa sobre la capacidad para generar energía “rápida” durante breves periodos²⁸.

3.2.1.2 Glucólisis anaeróbica o vía anaeróbica láctica

En esta vía se obtiene energía a corto plazo, ya que las células pueden contener varias veces más fosfato de creatina, pero aun gastándolo todo, solo se aseguran unos pocos segundos de contracción muscular máxima. Es mucho más rápida la liberación de energía por glucólisis que por los procesos de oxidación; por lo tanto, la mayor parte de la energía gastada durante períodos de ejercicio intenso mayores de unos segundos, pero menores de uno a dos minutos, proviene de glucólisis anaerobia.

A través de esta vía solo los hidratos de carbono pueden metabolizarse en citosol de la célula muscular para obtener energía sin que participe directamente el oxígeno, se resintetizan 2 ATP por cada molécula de glucosa. El aumento de ácidos grasos libres (AGL) limita la captación y el consumo de la glucosa en las últimas etapas de un ejercicio prolongado, cuando el glucógeno muscular y la glucemia son bajos. Después de dicho ejercicio el músculo casi ya no contiene glucógeno, y la concentración de ácido láctico en sangre aumenta mucho. En seguida de suspenderse el ejercicio, el metabolismo oxidativo se emplea para convertir nuevamente unas cuatro quintas partes del ácido láctico producido en glucosa, mientras el resto se transforma en ácido pirúvico, que es desintegrado y oxidado en el ciclo del ácido tricarboxílico. Esta reconversión se efectúa sobre todo en la célula hepática, en donde la glucosa pasa a la sangre, y es transportada de vuelta al músculo que la almacena bajo la forma de glucógeno. Figura 10²⁹.



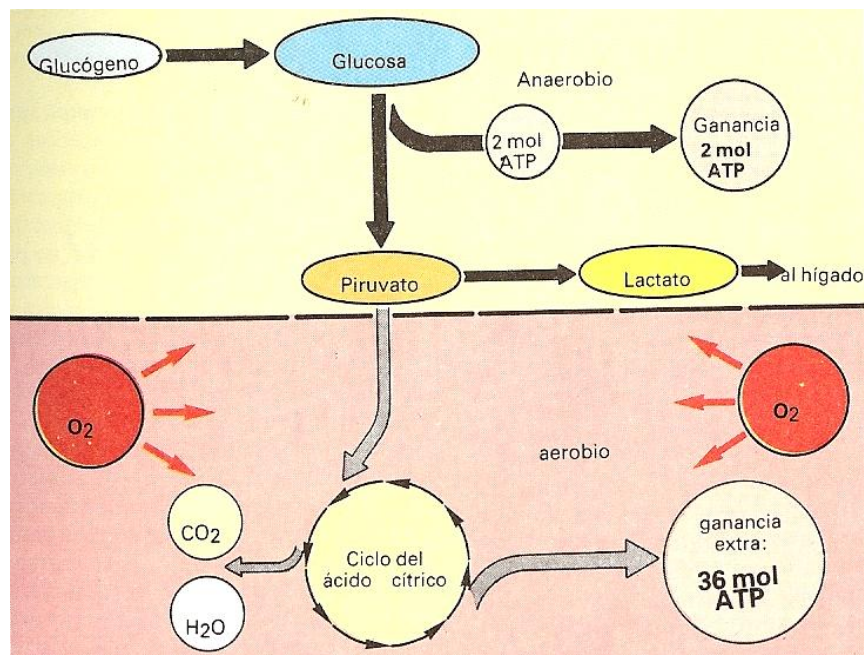


Figura 10. Obtención de energía de la glucosa por vía anaerobia y aerobia.

Despopoulos, et. al. 2001.

El lactato se acumula en la sangre dependiendo de la intensidad del ejercicio. Si la producción de lactato en las células musculares activas que están utilizando la glucólisis supera a los sistemas de distribución y aclaramiento de que dispone el organismo, la concentración de lactato en sangre aumentará. Los aumentos más rápidos y más importantes se producen durante los ejercicios que, realizados a máxima intensidad, duran entre 60 y 180 segundos. Para poder mantener un ejercicio máximo durante más tiempo, es necesario disminuir su intensidad, lo cual reducirá la tasa de producción de lactato así como su concentración en sangre.

Esto significa que a menores intensidades, la participación de la glucólisis anaeróbica en el aporte energético total va disminuyendo a favor del metabolismo aeróbico.

En la Figura 11 se explica la relación general que existe entre el consumo de oxígeno (expresado como porcentaje respecto al máximo) y la concentración de

lactato en sangre durante el ejercicio ligero, moderado e intenso en deportistas de resistencia y personas no entrenadas.

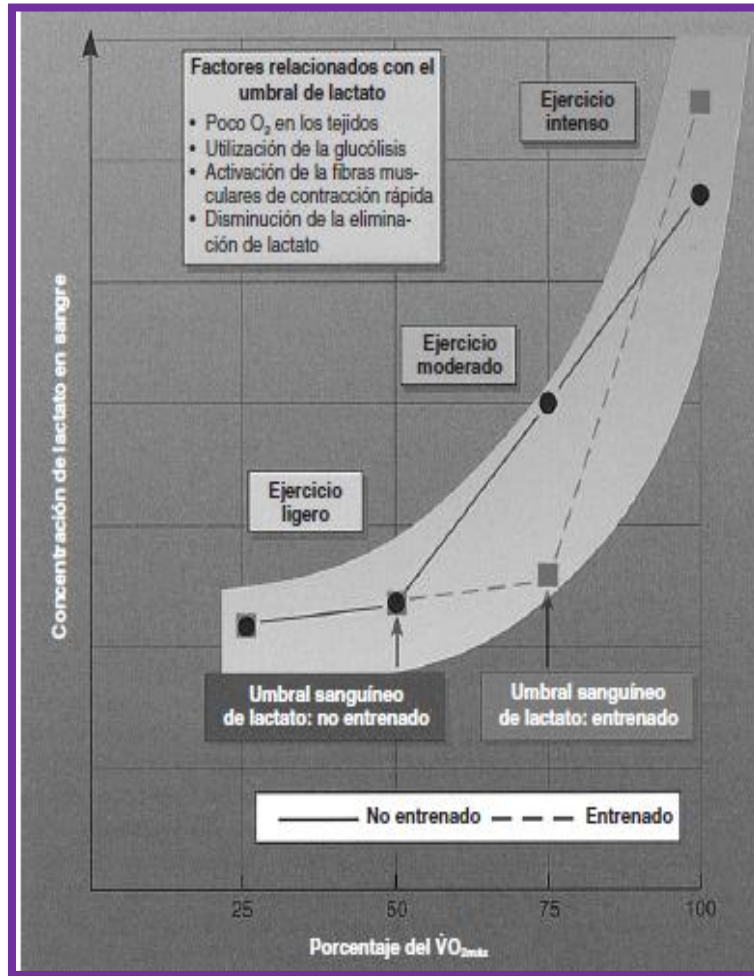


Figura 11. Concentración de lactato en sangre a diferentes intensidades de ejercicio expresados como porcentaje del consumo máximo de oxígeno para personas con entrenamiento de resistencia y personas no entrenadas. Adaptado de Goran et. al. 2001.

3.2.1.3 Sistema aeróbico u oxidativo

En esta vía metabólica se obtiene energía a largo plazo, cuando el ejercicio dura más de varios minutos, el principal sistema de aporte energético es el sistema aeróbico.

El término sistema aerobio quiere decir oxidación de los alimentos en las mitocondrias para brindar energía. Esto es después de cierto procesamiento intermedio de la glucosa, ácidos grasos y aminoácidos de los alimentos se combinan con oxígeno para liberar cantidades tremendas de energía que se emplean para convertir el AMP y el ADP en ATP.

Los músculos suelen utilizar grandes cantidades de grasas para obtener energía en forma de ácidos grasos y ácido acetoacético, y también emplean en mucha menor extensión proteínas en forma de aminoácidos. Incluso bajo las mejores condiciones, en los eventos deportivos de alto rendimiento que duran más de cuatro o cinco horas las reservas de glucógeno se agotan, y a continuación no pueden seguir brindando energía a la contracción muscular. En estos momentos el músculo depende de la glucosa que se puede absorber desde la sangre, cantidad que es limitada, o de la energía de otras fuentes, principalmente las grasas. En la figura 12 se ilustra el empleo relativo aproximado de carbohidratos y grasas para obtener energía durante el ejercicio agotador prolongado bajo tres condiciones dietéticas diferentes: dieta rica en carbohidratos, dieta mixta y dieta rica en grasas. Obsérvese que la mayor parte de la energía se deriva de los carbohidratos durante los primeros segundos o minutos del ejercicio, pero al momento del agotamiento, hasta 50 a 80% de esta energía se deriva de las grasas más que de los carbohidratos ³⁰.

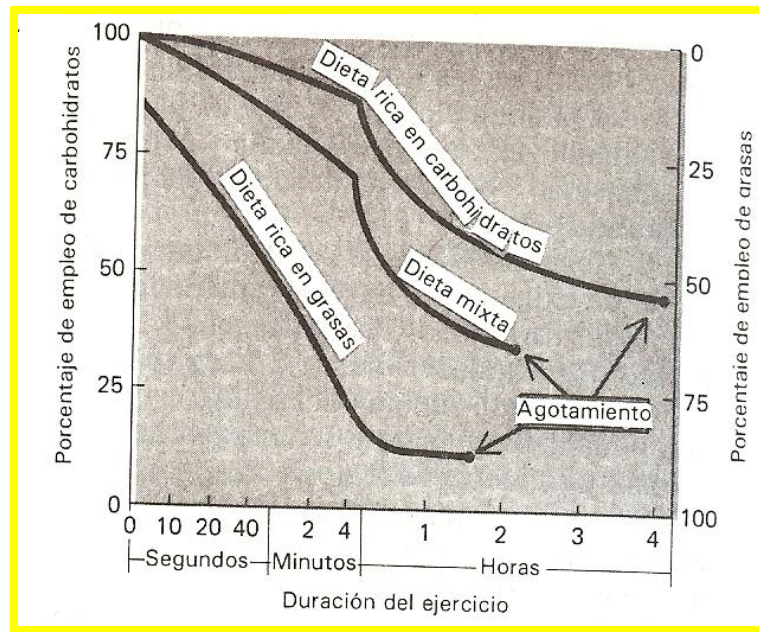


Figura. 12 Efecto de la duración del ejercicio lo mismo que del tipo de dieta sobre los porcentajes relativos de carbohidratos y grasas empleadas para obtener energía por los músculos. Guyton, 2006.

a) Dinámica de los hidratos de carbono durante el ejercicio

El hígado aumenta significativamente la liberación de glucosa a los músculos activos según progresa la intensidad del ejercicio. Simultáneamente, el glucógeno muscular aporta la principal fuente de energía a partir de hidratos de carbono durante las fases iniciales de ejercicio y según va aumentando la intensidad.

En las fases de reposo la glucosa se almacena en el organismo tras fosforilarse en forma de glucógeno a través del glucógeno sintetasa (glucogenogénesis). Al realizar ejercicios es necesaria la ruptura de este para obtener glucosa, proceso que recibe el nombre de glucógenolisis y que resintetiza 1 molécula de ATP, es por eso que el rendimiento energético neto es de 37 ATP. Además de estos mecanismos se deben considerar la gluconeogénesis que es la síntesis de glucosa a partir de aminoácidos, glicerol y lactato; y la glucogénesis que es la síntesis de glucosa a partir de piruvato, de los cuales el primero puede llegar a

representar durante el ejercicio hasta un 45% de la producción hepática de glucosa. Figura 13

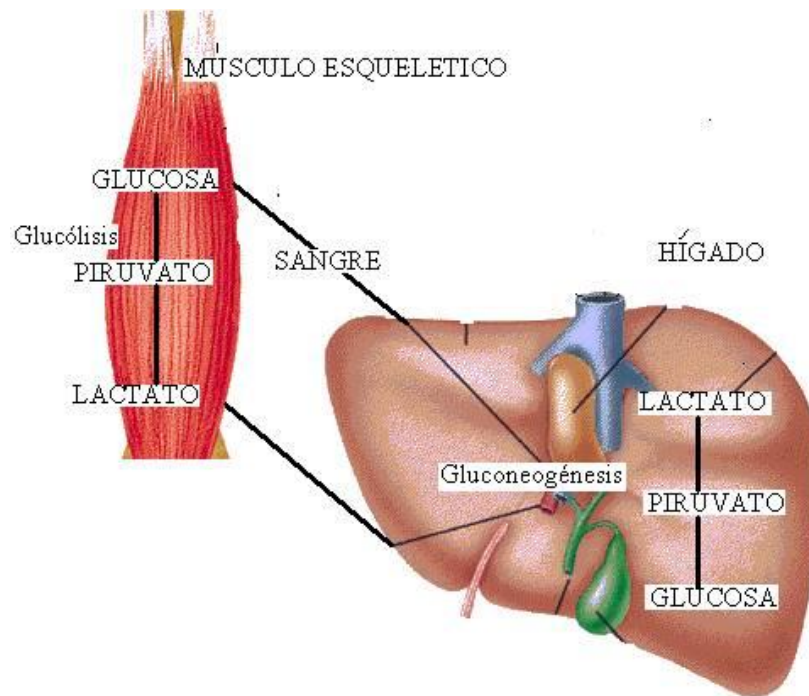


Figura 13. Esquema general del ciclo de Cori. Utilización hepática del lactato producido en el músculo para transformarlo en glucosa. Desopoulos, et. al.

Durante el ejercicio los depósitos de glucógeno muscular disminuyen progresivamente al aumentar la duración del mismo. La tasa de utilización del glucógeno es más elevada en los primeros 15 a 20 minutos de ejercicio.

El agotamiento de los depósitos de glucógeno muscular se produce tras la realización de ejercicios prolongados (de aproximadamente unas dos horas de duración) a una intensidad relativamente alta (alrededor del 85% del $VO_{2\text{máx}}$). A intensidades algo menores, el glucógeno muscular dura, lógicamente, más tiempo. Si la intensidad es más elevada, los depósitos de glucógeno no se agotan, ya que no es posible mantener dicha intensidad durante el tiempo suficiente para que esto ocurra. Obsérvese la figura 14

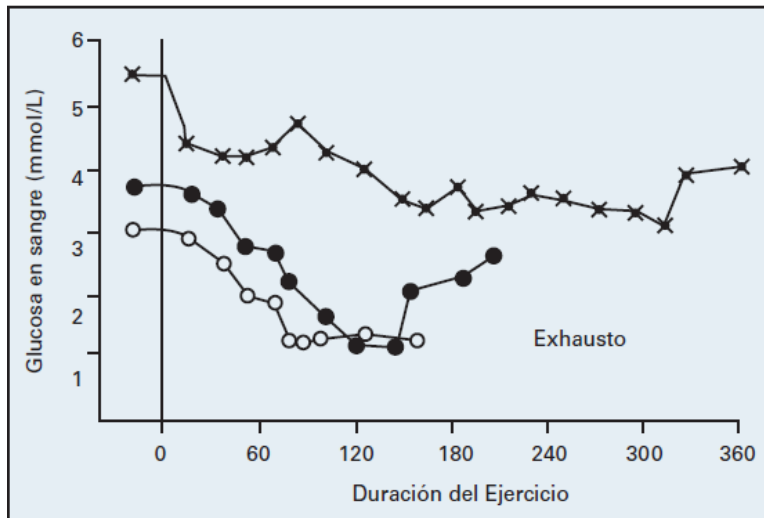


Figura 14. Concentraciones de glucosa durante el ejercicio. Concentración de glucosa en sangre en un sujeto antes, durante el ejercicio al 75 % del VO₂ max, y después del ejercicio hasta el agotamiento. El ejercicio fue precedido de una dieta pobre en carbohidratos representado con ●, rica en carbohidratos representado con x, o una dieta mixta representado con o. Adaptado de Mc Ardle.

b) Dinámica de los lípidos durante el ejercicio

Son una fuente inagotable de energía durante el ejercicio y aumenta su utilización a medida que aumenta la duración del mismo. Su metabolismo es puramente aeróbico y al utilizarse como sustrato energético produce un ahorro de hidratos de carbono cuyo agotamiento se relaciona con la “fatiga muscular” en los ejercicios de larga duración.

En la figura 15 se esquematiza la forma en que los triglicéridos de los adipocitos se rompen por la acción de la lipasa (*lipólisis*) en glicerol y ácidos grasos (AG), el primero actúa como precursor gluconeogénico mientras que los AG son transportados hasta la célula muscular en donde tras sufrir una serie de cambios en el citoplasma ingresan a la mitocondria gracias a un transportador, la carnitina, y allí se produce la beta-oxidación que da como resultado la formación de

moléculas de acetil Co-A que ingresan al ciclo de Krebs con un rendimiento de 12 ATP cada una.

En el ejercicio hay un aumento de la actividad simpática adrenal y una disminución de insulina que estimulan los procesos de lipólisis. El consumo de los AG depende de varios factores:

- 1) Flujo sanguíneo muscular (más importante)
- 2) Intensidad y duración del ejercicio
- 3) Grado de entrenamiento
- 4) Dieta

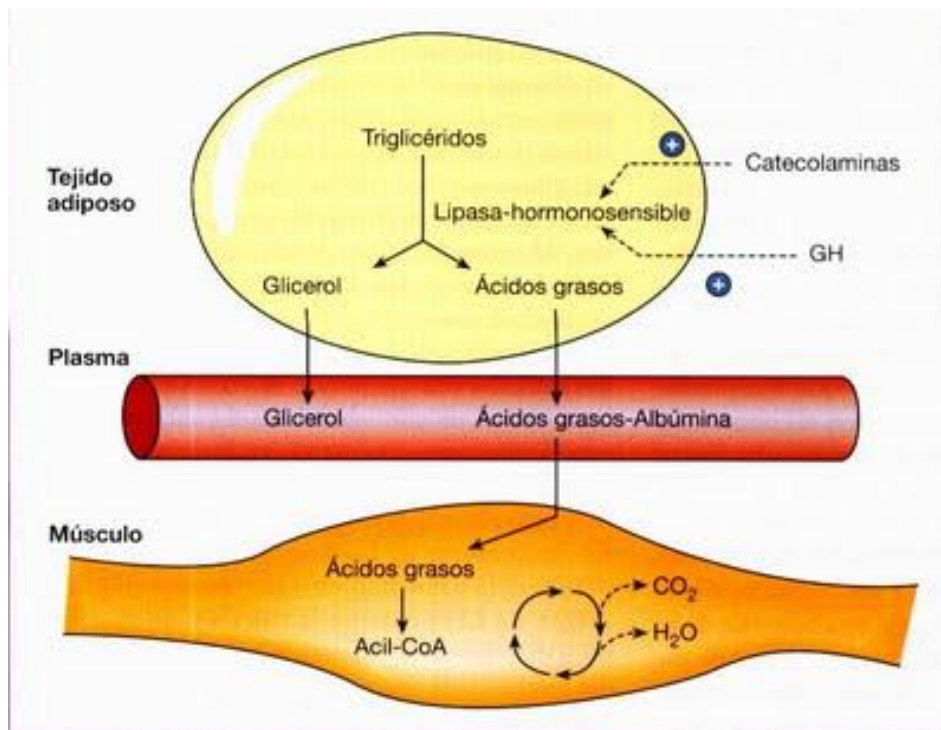


Figura 15. Esquema de la activación de la lipólisis iniciada por la acción de la lipasa hormonosensible. Despopoulos et. al. 2001.

Al agotarse los depósitos de glucógeno, se forman a partir de los ácidos grasos los cuerpos cetónicos que pueden ser utilizados como fuente de energía y se demostró que en los sujetos entrenados están aumentadas las enzimas implicadas en la utilización de las cetonas.

La grasa intracelular y extracelular proporciona entre un 30 y un 80% de la energía necesaria para la actividad física, dependiendo del estado nutricional, del grado de entrenamiento y de la intensidad y duración del ejercicio.

Durante los ejercicios de baja intensidad, el flujo sanguíneo al tejido adiposo aumenta, lo que permite una mayor movilización de ácidos grasos para que puedan ser utilizados por el músculo. Sin embargo, esta vasodilatación no se observa durante los ejercicios de intensidades elevadas, por lo que la concentración de ácidos grasos libres en sangre en estas situaciones no es mayor que la de reposo. Esto favorece la utilización de triglicéridos intramusculares y del glucógeno. Los triglicéridos intramusculares pueden llegar a aportar entre un 15 y un 35% de la energía, siendo los deportistas de resistencia los que pueden conseguir mayor utilización.

b) Dinámica de las proteínas durante el ejercicio

El 80% de los aminoácidos libres que hay en el cuerpo se encuentra en el músculo esquelético. El músculo puede utilizar estos aminoácidos como sustrato energético mediante su oxidación, desde donde pueden dirigirse al hígado para constituir precursores de glucosa.

El aporte energético procedente de los aminoácidos se sitúa entre el 3 y el 10% de la energía total generada, mayores de 60 minutos. En éstos se ha demostrado un aumento en las concentraciones sanguíneas de los aminoácidos leucina y alanina que reflejan un aumento de los procesos proteolíticos a nivel hepático y muscular.

En la figura 16 se observa como los grupos NH₂ son convertidos en UREA mientras que sus carbonos estructurales son transformados en piruvato, acetil Co-A o en algunos de los intermediarios del ciclo de Krebs.

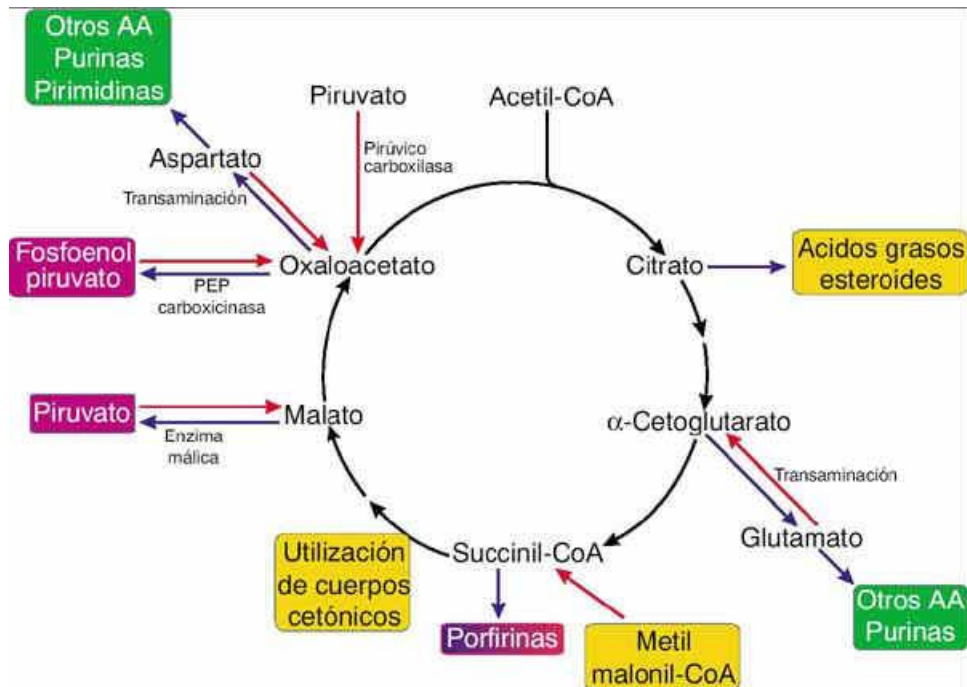


Figura 16. Oxidación de aminoácidos mediante su conversión en piruvato o en intermediarios del ciclo de Krebs. Adaptado de López Chicharro, 2006.

El ejercicio modifica 3 procesos importantes del metabolismo de las proteínas:

- 1) Aumenta la producción de amonio (NH_4) a partir de la desaminación del ATP que ocurre cuando la tasa de producción del ATP supera a la de formación.
- 2) Aumento de la producción de urea en el hígado en los ejercicios de larga duración, que es eliminada por la orina.
- 3) Aumenta la oxidación de los aminoácidos con balance nitrogenadonegativo, sobre todo los de cadena ramificada (por ej. leucina) que son catabolizados en el músculo esquelético, sus carbonos se oxidan y los residuos nitrogenados participan en la formación de alanina que actúa como sustrato gluconeogénico en el hígado (ciclo de la alanina-glucosa)³¹.

3.2.2 Adaptaciones circulatorias

Un ejercicio muy intenso es el estado de tensión mayor que puede sufrir el sistema circulatorio normal. Esto es cierto porque el riego sanguíneo en los músculos puede aumentar hasta 20 veces (quizá más que en otro tejido de la economía) y también porque hay tanta masa de músculo esquelético en el cuerpo. El producto de estos dos factores indica que el riego sanguíneo muscular total puede resultar tan grande que aumenta el gasto cardíaco en un adulto joven normal hasta cinco veces, y en algún atleta bien entrenado hasta siete veces su valor normal.

Tres efectos importantes, esenciales para el sistema circulatorio, que proporcionan el enorme riego sanguíneo necesario para los músculos, tienen lugar durante el ejercicio. Son los siguientes: 1) Descarga masiva del sistema nervioso simpático en todo el cuerpo, con los consiguientes efectos estimuladores de la circulación, 2) aumento del gasto cardíaco; y 3) aumento de la presión arterial.

3.2.2.1 Descarga simpática masiva

Al comienzo del ejercicio se transmiten señales no solo del cerebro hacia los músculos para que se contraigan, sino también de niveles más altos del cerebro hacia el centro vasomotor para iniciar la descarga simpática masiva. Simultáneamente se atenúan considerablemente las señales parasimpáticas para el corazón. Por lo tanto, resultan dos efectos circulatorios principales.

Primero el corazón es estimulado para una actividad muy aumentada, a consecuencia del impulso simpático que recibe, así como por la liberación que logra el corazón de la inhibición parasimpática normal. En segundo lugar, todos los vasos sanguíneos de la circulación periférica se contraen fuertemente, excepto los de los músculos activos, que presentan una fuerte vasodilatación por los efectos vasodilatadores locales en los propios músculos.

Así, el corazón se estimula para proporcionar el aumento de riego sanguíneo que requieren los músculos, y el riego sanguíneo a través de la mayor parte de áreas no musculares del cuerpo se reduce temporalmente, con lo cual pasajeramente presentan su riego sanguíneo a los músculos. Sin embargo, dos de los sistemas circulatorios orgánicos, el coronario y el cerebral, no sufren esa vasoconstricción. Este efecto de ahorro tiene lugar porque ambas áreas circulatorias tienen muy poca inervación vasoconstrictora, felizmente, pues ambos, corazón y cerebro, son tan importantes para el ejercicio como lo son los propios músculos esqueléticos. Obsérvese la figura 17

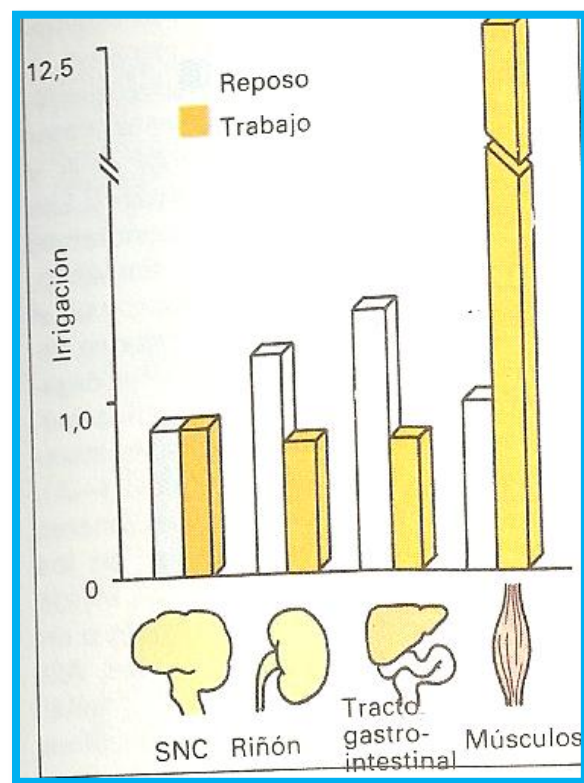


Figura 17. Irrigación de los órganos en reposo y esfuerzo. Despopoulos et. al. 2001.

3.2.2.2 Aumento del gasto cardíaco

El aumento del gasto cardíaco que tiene lugar durante el ejercicio se produce principalmente por la intensa vasodilatación local que ocurre en los músculos activos. La vasodilatación local aumenta el retorno venoso de sangre hacia el

corazón. El corazón, a su vez, impulsa sangre extra y la manda inmediatamente de nuevo a los músculos siguiendo las arterias. Así pues, son sobre todo los propios músculos los que establecen el aumento que presenta el gasto cardíaco, hasta el límite de la capacidad cardíaca para responder.

Un factor adicional necesario para lograr el gran aumento del gasto cardíaco es la fuerte estimulación simpática de las venas. Esta estimulación aumenta considerablemente la presión de llenado sistémico, a veces hasta 30 mm Hg (cuatro veces el valor normal); por lo tanto, es muy importante para aumentar el retorno venoso.

Uno de los mecanismos principales por virtud de los cuales el corazón aumenta su gasto durante el ejercicio es el mecanismo de Frank-Starling. Gracias a él, cuando cantidades elevadas de sangre fluyen desde las venas hacia el corazón y dilatan sus cavidades, el músculo cardíaco se contrae con fuerza aumentada, y bombea un volumen mayor de sangre con cada latido. Sin embargo, además de este mecanismo cardíaco intrínseco básico, el corazón se haya fuertemente estimulado por el simpático, y la inhibición parasimpática está disminuida o suprimida. Los efectos globales son un aumento considerable de la frecuencia cardíaca (a veces hasta 180 latidos por minuto), y un aumento casi al doble de la fuerza de contracción del músculo cardíaco. Estos dos efectos se combinan para lograr que el corazón sea capaz de impulsar por lo menos 100 por 100 más sangre de lo que podría explicarse según el solo mecanismo de Frank-Starling.

3.2.2.3 Aumento de la presión arterial

La descarga simpática masiva en todo el cuerpo durante el ejercicio, y la vasoconstricción resultante de la mayor parte de los vasos sanguíneos, aparte de los activos en los músculos, casi siempre aumenta la presión arterial durante el ejercicio. Este aumento puede ser tan pequeño como 20 mm Hg, o tan grande como 80 mm Hg, según las condiciones en las cuales se efectúe el ejercicio. Por

ejemplo, cuando una persona hace un ejercicio en condiciones de gran tensión, pero solo utiliza unos pocos músculos, la respuesta simpática todavía tiene lugar para todo el cuerpo, aunque solo haya vasodilatación en unos pocos músculos. Por lo tanto el efecto global es de vasoconstricción, lo cual suele aumentar la presión arterial media hasta valores tan altos como 180 mm Hg.

Por otra parte, cuando una persona efectúa un ejercicio con todo el cuerpo, como correr o nadar, el aumento de presión arterial suele ser solamente de 20 a 40 mm Hg. La ausencia del enorme aumento de presión resulta de la intensa vasodilatación que tiene lugar en grandes masas musculares.

3.2.3 Adaptaciones cardíacas

En la figura 18 se ilustran los cambios aproximados del volumen por contracción y la frecuencia cardíaca al aumentar el gasto cardíaco desde su nivel de reposo, aproximadamente 5.5 L por minuto, a 30 L por minuto en el corredor de maratón. El volumen por contracción aumenta de 105 ml a 162 ml, lo que equivale a una proporción aproximada de 50%, en tanto que la frecuencia cardíaca aumenta de 50 a 185 latidos por minuto, lo que es un aumento de 270%. Por tanto, el aumento de la frecuencia cardíaca constituye con gran ventaja una proporción mucho mayor del aumento del gasto cardíaco que el aumento del volumen por contracción durante el ejercicio agotador.

El volumen por contracción llega a su máximo en el momento en el que el gasto cardíaco ha aumentado solo a la mitad del máximo. Cualquier incremento ulterior del gasto cardíaco debe ocurrir mediante aumento de la frecuencia cardíaca.

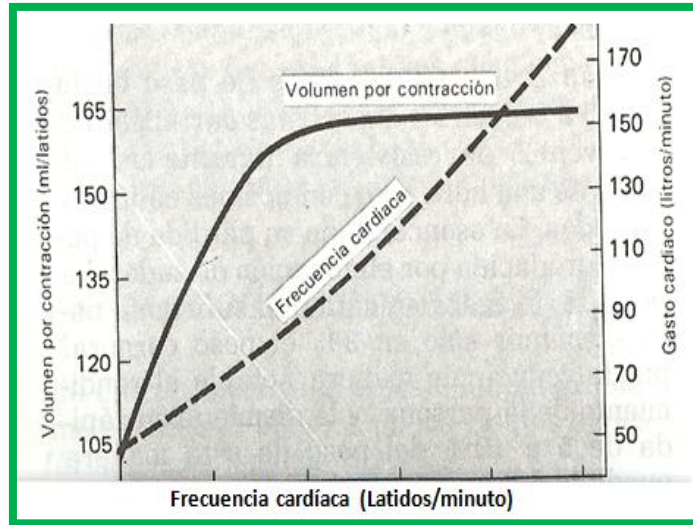


Figura 18. Frecuencia cardíaca a diferentes niveles de gasto cardíaco en un corredor de maratón. Adaptado de Guyton, 2006.

3.2.3.1 Frecuencia cardíaca

La FC cardíaca normal oscila entre 60 y 90 latidos/min., es 5 a 10 latidos/min mayor en las mujeres que en los hombres. El promedio durante el reposo es de 78 en los hombres y 84 en las mujeres. Se dice que hay tendencia a que la FC sea más baja en sujetos que tienen buena aptitud física que en los no atletas.

Se produce un ligero incremento en la FC al pasar del decúbito a la posición erecta, la cual tiende a equilibrar el descenso del volumen sanguíneo por disminución del retorno venoso por efecto de la gravedad.

Durante el ejercicio existe un aumento evidente de la FC, esto depende de la velocidad y duración del ejercicio, el contenido emocional, la temperatura ambiente y humedad, y la aptitud física del sujeto. Se han registrado cifras superiores a 200 latidos/min durante el ejercicio.

Existe una relación directa entre la FC máxima y la captación de O₂. La aceleración cardíaca comienza al iniciar el ejercicio, e incluso antes en coincidencia con la puesta en tensión de los músculos por influencia de la corteza

cerebral sobre el centro de la FC ubicada en el bulbo raquídeo, y luego de unos pocos segundos, continúa con una elevación más gradual hasta el máximo nivel que puede aparecer al cabo de 4 a 5 min (pudiendo variar entre menos de 1 min hasta más de 1 hora).

La máxima FC, en la fase estable del ejercicio, tiene una significativa relación con la cantidad de trabajo realizado. Los sucesivos incrementos suelen ser menores cuando se aproximan a valores límites (200 latidos/min). Ver figura 19

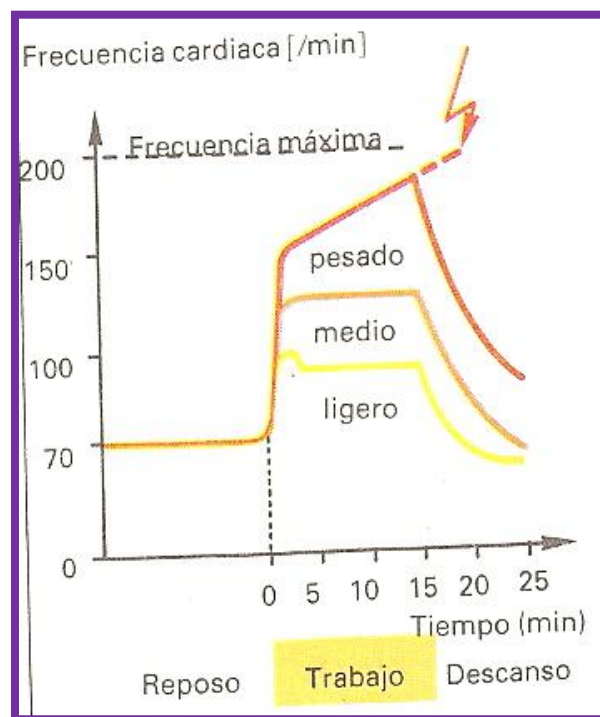


Figura 19. Frecuencia cardíaca a distintos esfuerzos físicos. Despopoulos et. al.

El tipo de ejercicio influye sobre el incremento de la FC. Existe la mayor aceleración en ejercicios de velocidad (carreras) y la menor en ejercicios de fuerza (lanzamientos). En ejercicios de resistencia (carreras de fondo) la FC fue intermedia. El tiempo requerido para que la FC se normalice después del ejercicio depende de la intensidad del trabajo, de su duración y de la condición física del sujeto.

Los factores fisiológicos que determinan el retardo en la recuperación después del ejercicio son los siguientes:

- Persistencia de factores que elevan la FC (aumento de la temperatura corporal y de la concentración de ácido láctico en sangre)
- Respuestas reflejas a la rápida cesación del ejercicio con la consiguiente éstasis sanguínea en los vasos musculares dilatados, disminución del retorno venoso, disminución del volumen sanguíneo, disminución de la presión arterial y aumento de la frecuencia cardíaca.

3.2.4 Adaptaciones respiratorias

3.2.4.1 Consumo de oxígeno y ventilación pulmonar durante el ejercicio

El consumo normal de oxígeno en el varón adulto joven en reposo es de 250 ml/min, pero en condiciones extremas este valor puede llegar a 3600 ml/min sin entrenamiento, 4000 ml/min con entrenamiento deportivo, y 5100 ml/min en un corredor de maratón masculino.

En la figura 20 se ilustran las relaciones entre el consumo de oxígeno en los diferentes tipos de ejercicio y la ventilación pulmonar total. Esta figura pone de manifiesto, como podría esperarse, que exista una relación lineal. En números redondos, tanto el consumo de oxígeno como la ventilación pulmonar total aumentan cerca de 20 veces entre el estado de reposo y el ejercicio de intensidad máxima.

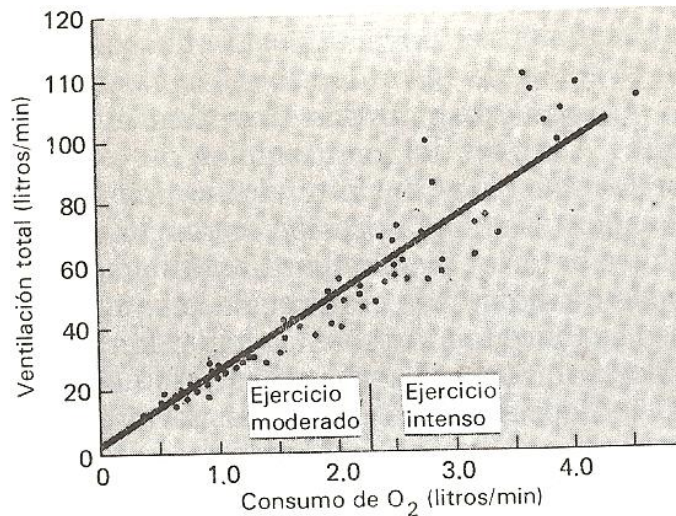


Figura 20. Efecto del ejercicio sobre el consumo de oxígeno y la frecuencia ventilatoria. Adaptado de Guyton, 2006.

La capacidad respiratoria máxima es, aproximadamente, 50% mayor que la ventilación pulmonar real durante el ejercicio máximo. Esto brinda desde luego un elemento de seguridad al deportista, pues le permite una ventilación adicional a la que puede recurrir en situaciones como:

- 1) Ejercicio en las grandes altitudes
- 2) Ejercicio bajo condiciones extremadamente cálidas
- 3) Anomalías del aparato respiratorio

3.2.4.2 Efecto del entrenamiento sobre la VO₂ máx.

El consumo de O₂ bajo un metabolismo aeróbico máximo (VO₂ máx.) en períodos cortos de entrenamiento (2-3 meses) solo aumenta el 10%. Sin embargo los corredores de maratón presentan un VO₂ máx. alrededor del 45% superior al de las personas no entrenadas. En parte ese valor superior corresponde a determinación genética, es decir, son personas que tienen mayor tamaño torácico en relación al tamaño corporal y que poseen músculos respiratorios más fuertes.

3.2.4.3 Capacidad de difusión de O₂ de los deportistas

Se incrementa al triple de su valor la capacidad de difusión entre el estado de reposo (23 ml/min) y el de ejercicio máximo (64 ml/min), esto se debe principalmente a que el flujo sanguíneo a través de los capilares pulmonares es muy lento e incluso nulo durante el estado de reposo, mientras que en el ejercicio el incremento del flujo sanguíneo en los pulmones hace que todos los capilares se hallen perfundidos al máximo, lo que brinda mayor superficie donde el O₂ puede difundir.

3.2.4.4 Gases sanguíneos durante el ejercicio

Tanto la PO₂ como la PCO₂ se mantienen casi normales, lo que indica gran capacidad del sistema respiratorio para suministrar aireación adecuada de la sangre incluso durante el ejercicio máximo.

En el ejercicio la respiración se estimula principalmente por mecanismos neurógenos: por estímulo directo del centro respiratorio, por las mismas señales que se transmiten desde el cerebro a los músculos para producir movimientos, y por señales sensoriales hacia el centro respiratorio generadas en los músculos en contracción y las articulaciones en movimiento.

3.2.5 Adaptaciones hematológicas

3.2.5.1 Efecto del ejercicio sobre los eritrocitos

El recuento de glóbulos rojos de la sangre con frecuencia está aumentado en los primeros momentos del ejercicio, probablemente por simple hemoconcentración (transferencia de líquido sanguíneo a los tejidos). Durante ejercicios más prolongados el líquido pasa a la sangre por lo que hay hemodilución. Un esfuerzo muy agotador puede causar incremento de la destrucción de los glóbulos rojos

como consecuencia de compresiones capilares por la contracción muscular y el aumento de la velocidad del flujo sanguíneo, sobre todo en personas de hábitos sedentarios que practican en forma esporádica actividades físicas.

3.2.5.2 Modificaciones de los glóbulos blancos durante el ejercicio

El ejercicio de cualquier naturaleza aumenta el recuento leucocitario. En los primeros instantes del ejercicio intenso el aumento relativo de los leucocitos se debe sobre todo al mayor número de linfocitos, pero si el ejercicio se prolonga la elevación consecutiva depende casi exclusivamente del incremento de neutrófilos.

Este aumento se produce muy rápidamente y se han registrado cifras de $35000/\text{mm}^3$ (normal 5000 a $10000/\text{mm}^3$). La explicación más razonable es que gran número de células, que durante el reposo permanecen adheridas a las paredes de los vasos, son arrastradas a la circulación por el aumento del volumen y la velocidad del flujo sanguíneo.

Cuando mayor es el grado de estrés asociado con el ejercicio, mayor es la elevación del recuento de glóbulos blancos. Un estrés de cualquier tipo (ejercicio agotador, excitación, ansiedad, etc.) determina mayor secreción de hormonas de la corteza suprarrenal, y uno de los efectos causados por éstas es la disminución del número de eosinófilos de la sangre.

3.2.5.3 Coagulación y fibrinólisis

El ejercicio acentúa la coagulación de la sangre, acompañado de mayor actividad fibrinolítica. Inmediatamente después del ejercicio se acorta el tiempo de coagulación, normalizándose a las pocas horas, probablemente por aumento de la actividad del factor antihemofílico. El aumento de la actividad fibrinolítica se debe a la mayor concentración de un activador del plasminógeno.

3.2.6 Adaptaciones en el medio interno

3.2.6.1 Calor corporal durante el ejercicio

Casi toda la energía liberada por el metabolismo interno de los nutrientes se convierte por último en calor corporal. Esto se aplica incluso a la energía que produce la contracción muscular, por los siguientes motivos: en primer lugar, la eficacia máxima para la conversión de la energía de los nutrientes en trabajo muscular, incluso bajo las mejores condiciones, solo es de 20 a 25%; el resto de la energía de los nutrientes se convierte en calor durante las reacciones químicas intracelulares. En segundo lugar, casi toda la energía que se dedica a la producción de trabajo muscular sigue siendo aún calor corporal, porque toda ella, a salvo de una pequeña parte se emplea para:

- 1) Superar la resistencia viscosa al movimiento de los músculos y las articulaciones
- 2) Superar la fricción de la sangre que circula por los vasos sanguíneos
- 3) Superar otros efectos semejantes, todo lo cual convierte la energía de la contracción muscular en calor

Al reconocer que el consumo de oxígeno por el cuerpo puede incrementarse hasta en 20 a 25 veces en el deportista bien entrenado, y que la cantidad de calor liberada en el cuerpo es directamente proporcional al consumo de oxígeno, nos percatamos de inmediato que se producen cantidades enormes de calor en los tejidos corporales internos durante los eventos deportivos de resistencia o gran fondo.

Durante los deportes de resistencia, incluso bajo condiciones normales la temperatura corporal suele aumentar de su nivel normal de 37° C a 40°C. Bajo condiciones muy cálidas y húmedas, o cuando el deportista tiene exceso de ropa, la temperatura corporal puede llegar a ser hasta de 41.1 a 42.3°C. A este nivel la

propia temperatura elevada se vuelve destructiva para las células tisulares, en especial las del cerebro. Cuando ocurre así empiezan a aparecer diversos síntomas: debilidad extrema, agotamiento, cefalalgia, mareo, náusea, sudoración profusa, confusión, marcha tambaleante, colapso y pérdida de conocimiento. Este complejo global se llama “golpe de calor”

3.2.6.2 Calor Líquidos y sales corporales durante el ejercicio

Durante el ejercicio se produce hemoconcentración, o sea, mayor concentración de glóbulos rojos, hemoglobina y proteínas plasmáticas.

El mecanismo básico consiste en el paso de líquido desde la sangre hacia los espacios hísticos por el incremento de la presión sanguínea en los capilares musculares, junto con la elevación de la presión sistólica durante el ejercicio. Si se agrega a ello transpiración excesiva, esta pérdida de agua contribuirá a la hemoconcentración, a menos que se equilibre mediante la disminución de la excreción renal de agua, o por la mayor ingestión voluntaria de agua. Finalmente, hay pruebas de que el aumento del metabolismo celular, por transformación de las moléculas grandes en otras pequeñas con el consiguiente aumento en el número de partículas, puede contribuir a la absorción osmótica de líquido por las células a expensas del agua de los compartimientos intersticial y vascular.

Se han registrado pérdidas de peso hasta de 2.5 a 5 kg en los deportistas participantes en eventos de resistencia durante un periodo de una hora bajo condiciones cálidas y húmedas. En esencia, toda su pérdida de peso es producida por la eliminación de sudor. La pérdida de sudor en cantidad suficiente para disminuir sólo en 3% el peso corporal puede reducir de manera notable el rendimiento de la persona, y la disminución rápida de 5 a 10% del peso de esta manera puede tener consecuencias muy graves, como: calambres musculares, náuseas y otros efectos. Por lo tanto, es esencial restituir los líquidos conforme se pierden.

3.2.6.3 Función renal durante el ejercicio

La alteración de la función renal causada por el ejercicio depende fundamentalmente de la respuesta cardiovascular, que deriva la sangre desde los órganos viscerales y la piel hacia los músculos en actividad. El flujo sanguíneo renal (FSR) suele ser menor durante el ejercicio y hasta una hora después de realizado, y la magnitud de esa disminución se relaciona con la intensidad del ejercicio y con el grado de agotamiento producido.

Durante el ejercicio la excreción renal de agua disminuye, debido a que la secreción de ADH aumenta, al principio como consecuencia del estrés y de estímulos emocionales, y más adelante por la deshidratación que puede causar la transpiración intensa.

El resultado es una disminución de la velocidad de formación de orina debido a uno de los siguientes factores o ambos:

- Disminución del filtrado glomerular por la reducción del FSR
- Aumento de la resorción tubular del líquido filtrado por la mayor secreción de ADH

Además de la conservación del agua corporal, los riñones tienen un papel importante en la eliminación del ácido (lactato y piruvato) producidos en exceso durante el ejercicio vigoroso.³⁰

3.3 BENEFICIOS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA PARA LA SALUD

Las personas físicamente activas disfrutan de una mayor calidad y esperanza de vida, porque padecen menos las limitaciones que normalmente se asocian con las enfermedades crónicas y el envejecimiento. Los beneficios que el ejercicio aporta

a la salud pueden notarse si se realizan actividades físicas moderadas, y son más evidentes en las personas sedentarias que cambian sus hábitos.

Existe una relación curvilínea entre la actividad física y el estado de salud del individuo, de modo que los incrementos en la actividad física y la condición física provocan mejoras adicionales en el estado de salud (Figura 21). Dicho de otro modo, las personas más activas físicamente presentan el riesgo más bajo de padecer enfermedades crónicas.

3.3.1 Importancia de la actividad física para la salud infantojuvenil

Los beneficios de la actividad física para niños y niñas son numerosos y se pueden clasificar, en líneas generales, en tres categorías. (Tabla 15)

1. Los beneficios físicos, mentales y sociales para la salud durante la infancia
2. Los beneficios para la salud derivados de la actividad física en la infancia que se transfieren a la edad adulta.
3. El remanente conductual del hábito de práctica de la actividad física saludable que se mantiene hasta la edad adulta.

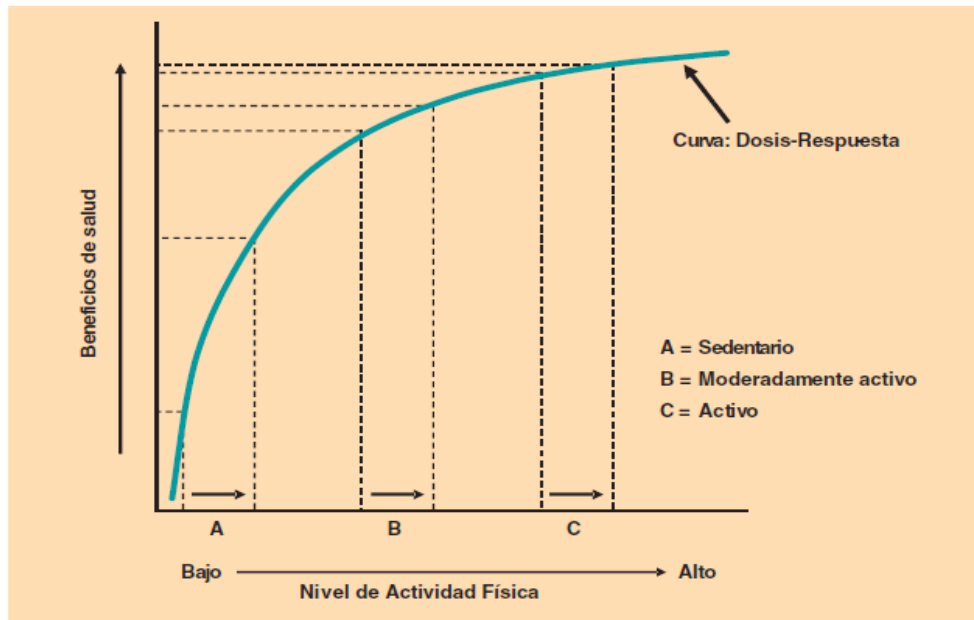


Figura 21. Relación entre la cantidad de actividad física y los beneficios para la salud. Adaptado de Warburton y cols. 2006.

1. Beneficios para la salud durante la infancia:

- Mantenimiento del equilibrio de energía y prevención del sobrepeso y la obesidad.
- Promoción del crecimiento y el desarrollo saludables de los sistemas cardiovascular y músculo-esquelético.
 - Reducción de los factores de riesgo relativos a:
 - Enfermedades cardiovasculares.
 - Diabetes de tipo 2.
 - Hipertensión.
 - Hipercolesterolemia.
- Mejora de la salud mental y del bienestar psicológico a través de:
 - La reducción de la ansiedad y el estrés.
 - La reducción de la depresión.
 - La mejora de la autoestima.
 - La mejora de la función cognitiva.
- Mejora de las interacciones sociales.

2. Mejora de la salud durante la edad adulta:

- Reducción de la probabilidad de convertirse en una persona obesa durante la edad adulta.
- Reducción de la morbilidad y la mortalidad derivadas de enfermedades crónicas en la edad adulta.
- Mejora de la masa ósea, lo cual reduce la probabilidad de padecer osteoporosis en etapas posteriores de la vida.

3. Establecimiento de modelos de actividad física durante toda la vida:

- Incremento de las probabilidades de convertirse en una persona adulta activa.

Tabla 15. Beneficios de la actividad física en la infancia. Adaptado de Warburton y cols, 2006.

La actividad física en la infancia genera una serie de beneficios durante la niñez que incluyen un crecimiento y un desarrollo saludables del sistema cardiorrespiratorio y músculo- esquelético, el mantenimiento del equilibrio calórico, y por lo tanto, un peso saludable, la prevención de los factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares tales como la hipertensión o el elevado contenido de colesterol en sangre, y la oportunidad para desarrollar interacciones sociales, sentimientos de satisfacción personal y bienestar mental.

El grado en el que la inactividad contribuye a los crecientes niveles de obesidad en la infancia no ha sido definido con claridad. Sin embargo, existen pruebas científicas sólidas que sugieren que los niños y niñas inactivos presentan más probabilidades de tener un exceso de grasa; incluso a una edad tan temprana como el final de la niñez.³²

Así mismo que la actividad física es importante para el bienestar psicológico infantil. Los niños y niñas con niveles de actividad más bajos presentan una prevalencia más elevada de trastornos emocionales y psicológicos.

El deporte y el ejercicio proporcionan un medio importante para que niños, niñas y adolescentes tengan éxito, lo que contribuye a mejorar su bienestar social, su autoestima y sus percepciones sobre su imagen corporal, y su nivel de competencia, provocando un efecto más positivo en aquellos que ya tengan una baja autoestima. Además, los niños y niñas con niveles de actividad más elevados presentan asimismo más probabilidades de tener un mejor funcionamiento cognitivo.³³

Generalmente, las enfermedades cardiovasculares no son propias de la infancia, pero las investigaciones han demostrado que los niños y niñas menos activos físicamente y aquellos con una condición física cardiovascular (aeróbica) deficiente presentan más probabilidades de tener factores de riesgo para estas enfermedades, tales como unos niveles inferiores de colesterol “bueno” (colesterol

de lipoproteínas de alta densidad: high density lipoprotein —HDL— cholesterol), una presión sanguínea más elevada, un incremento de los niveles de insulina y un exceso de grasa.

Resulta muy probable que la inactividad física contribuya a los crecientes niveles de obesidad, al incremento de la resistencia a la insulina, a trastornos en el perfil de lípidos y a una presión arterial elevada en la infancia. Este hecho, a su vez, es probablemente responsable del incremento de la prevalencia de la diabetes de tipo 2 en niños, niñas y adolescentes, una enfermedad que hasta hace poco sólo se observaba en personas adultas obesas o con sobrepeso.³⁴

3.3.2 Actividad física en la infancia y la salud en la edad adulta

Los estudios han demostrado que la obesidad en la infancia se puede mantener hasta la edad adulta. De hecho, el riesgo de obesidad en la edad adulta es al menos dos veces más elevado en niños y niñas obesos que en aquellos no obesos. Por lo tanto, la actividad física durante la infancia parece generar una protección frente a la obesidad en etapas posteriores de la vida. Además, las personas adultas que fueron obesas en la infancia presentan una salud peor y una mortalidad más elevada que aquellas que no fueron obesas en su infancia.

Al mantener una condición física aeróbica en la infancia, la actividad física durante la niñez reduce el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares en la edad adulta.

Durante los años de crecimiento (en especial, la adolescencia), los chicos y las chicas desarrollan rápidamente la densidad mineral de sus huesos. Este hecho es importante, puesto que el desarrollo de tanta masa ósea como sea posible durante la infancia y la adolescencia reduce las probabilidades de pérdidas excesivas de masa ósea en etapas posteriores de la vida (conocidas como osteoporosis). Se ha demostrado claramente que las actividades físicas durante la pubertad temprana,

en especial las actividades de fuerza muscular (cargas de peso que tensionan en mayor medida los huesos), pueden servir para lograr una mayor masa ósea que constituya una protección frente a la osteoporosis en la tercera edad.

Entre los ejemplos de actividades beneficiosas, se incluyen las de impacto osteoarticular y fuerza muscular en las que soportamos nuestro propio peso corporal, como, por ejemplo, los saltos, el baile, el aeróbic, la gimnasia, el voleibol, el balonmano, los deportes de raqueta, el fútbol o la bicicleta de montaña. Se debe subrayar que las actividades de bajo impacto como la natación no resultan eficaces a la hora de promover mejoras en la masa ósea. La masa ósea máxima se alcanza a la edad de 20-30 años, por lo que los esfuerzos por mejorarla se deben centrar en la infancia y la adolescencia.³⁵

Por otro lado los estudios sobre niños, niñas y adolescentes han demostrado que la acumulación de grasa en la región central (abdominal) está asociada a un incremento de factores de riesgo tales como un excesivo nivel de triglicéridos en sangre, un bajo nivel de colesterol HDL, hipertensión, resistencia a la insulina, disfunción del endotelio y rigidez de las paredes arteriales. En comparación, la acumulación de grasa en la región inferior del cuerpo (caderas y muslos) resulta mucho menos peligrosa.¹¹

CAPITULO II

ANTECEDENTES

- En el estudio de Romero Rivera et. al, denominado “Actividad física, horas de presencia frente a la TV y composición corporal en niños y adolescentes”. Tuvo como objetivo asociar el nivel de actividad física con la franja etaria, sexo y obesidad en niños y adolescentes de Maceió, Brasil. Con un diseño transversal, muestreo por conglomerados, utilizando el cuestionario (PAQ-C), para evaluar el sedentarismo y medidas antropométricas. El análisis estadístico fue hecho a través del test X^2 y el test exacto de Fisher. Observando que de los 1253 estudiantes, con una media de edad de 12.4 ± 2.9 años, se obtuvo una prevalencia de sedentarismo de 93.5%, con mayor prevalencia en adolescentes del sexo femenino; no hubo asociación entre el nivel de actividad física y exceso de grasa corporal, existió asociación significativa entre mayor número de horas diarias de ver TV y obesidad. En cuanto al IMC, fueron identificados 116 niños y adolescentes (9.3%) en el percentil ≥ 85 (con sobrepeso) y 56 (4.5%) en el percentil ≥ 95 (con obesidad). El análisis de las repuestas al cuestionario sobre actividad física (PAQ) identificó 671 estudiantes con score 1 (muy sedentarios) y 501 con score 2 (sedentarios), resultando 1.172 (93.5%) individuos sedentarios; 79 estudiantes presentaron score 3 (moderadamente activo), 2 score 4 (activo) y ninguno presentó score 5 (muy activo).³⁶

- Morales Larramendi y cols. realizaron la investigación “Composición corporal: intervalos de lo normal en el estudio mediante bioimpedancia eléctrica de una población de referencia”, se estimó el intervalo de lo normal de los parámetros: masa grasa (TBF), porcentaje de masa grasa (TBF%), masa libre de grasa (FFM), masa celular corporal (BCM), agua extracelular (ECW) y masa muscular esquelética (SMM) medidos por Bioimpedancia

eléctrica en una población adulta de Santiago de Cuba, utilizando un diseño transversal. El estudio fue aplicado a 2167 individuos de ambos sexos, sin trastornos en la distribución del agua corporal, asimetrías corporales ni enfermedades cutáneas generalizadas con edades de entre 15 y 97 años. Los parámetros fueron estudiados según sexo, color de piel, IMC y grupo etario así como clasificados por percentiles. El peso fue de $67,3 \pm 11,1$ kg en los hombres y $57,4 \pm 7,1$ kg en las mujeres, el Índice de masa corporal permitió clasificar como bajo peso al 7,0%, normopeso al 66,0% y sobrepeso al 27,0%. La masa grasa clasificó como magros 4,2%, normales 76,4% y obesos 19,3%. Se obtuvieron diferencias significativas por sexos en los valores de masa libre de grasa, masa celular corporal y masa muscular esquelética (superiores en el masculino), así como masa grasa y % de masa grasa (superiores en el femenino) e Índice de masa corporal.³⁷

- En la investigación de Cornejo Barrera et. al, con el nombre de “Composición corporal por impedancia bioeléctrica y prevalencia de sobrepeso y obesidad en escolares de Ciudad Victoria, Tamaulipas”, se obtuvo la frecuencia de sobrepeso y obesidad y la composición corporal por Impedancia Bioeléctrica en 759 escolares y adolescentes de tres centros escolares, con el análisis de la relación del índice de masa corporal entre sus diferentes componentes a través de regresión lineal múltiple con el programa STATA 8.0. Los sujetos estudiados con edad promedio de $12,3 \pm 2,5$. La prevalencia de sobrepeso y obesidad fue de 18,3% y 23,3% para la escuela privada y de 21,5 y 11,4% para las escuelas públicas. El 16,9% de los hombres y el 10,5% de las mujeres se clasificaron como obesos (IMC > percentil 95), con mayor frecuencia en el centro escolar privado ($p < 0,05$). La masa grasa es similar para ambos sexos hasta los 10 años de edad, a partir de lo cual la cantidad de grasa es mayor en las mujeres ($p < 0,05$). Con respecto a la masa grasa, la diferencia entre hombres y mujeres se hace evidente hasta los 13 años de edad, cuando los varones muestran un valor significativamente mayor, algo similar a lo observado para el agua corporal total. La correlación del agua corporal total con el IMC fue de 0.71

en niñas y 0.65 en niños, la correlación de IMC con la masa grasa fue de 0.93 para los niños y 0.95 para las niñas. Con el análisis multivariado se encontró que el peso incrementa 0.99 kg por cada unidad de cambio en la masa grasa y 1.03 kg por cada unidad de cambio en el agua corporal ajustado por edad, sexo, masa grasa y masa magra, lo que explicó el 99% de la variabilidad del peso. ³⁸

- Caballero C. y cols. llevaron a cabo la investigación “Obesidad, actividad e inactividad física en adolescentes de Morelos, México: Un estudio longitudinal”, utilizaron una muestra de 446 adolescentes de entre 12 y 17 años, que acudían a escuelas públicas secundarias en Cuernavaca, Morelos, empleando un diseño longitudinal. La prevalencia basal de obesidad o sobrepeso fue de 37.21% (42.99% para hombres y 30.95% para mujeres) y la final de 35.50% (38.46% para hombres y 32.28% para mujeres). La media final de tiempo total viendo TV fue de 3.90 h/d. Ajustando el efecto de obesidad o sobrepeso inicial, sexo y escuela, no se encontraron asociaciones significativas entre tiempo viendo televisión o practicando actividad física con la prevalencia de obesidad o sobrepeso. Al incluir un término de interacción por sexo se encontró un efecto protector de la actividad vigorosa en los adolescentes varones ($\hat{\alpha}=0.22$, IC 95% (0.05, 0.89)). Los resultados sugieren que la actividad física vigorosa disminuye el riesgo de obesidad o sobrepeso en adolescentes varones³⁹.
- Martínez López y Cols. en la investigación “Valoración y autoconcepto del alumnado con sobrepeso. Influencia de la escuela, actitudes sedentarias y de actividad física”, fue realizado a 145 estudiantes de secundaria, divididos en dos grupos según el peso: normal y sobrepeso. Los resultados obtenidos mostraron que la prueba de comparación por pares arrojó una diferencia de IMC de -7.51 kg/m^2 ($p<0.001$) en sujetos normopeso respecto a los sobrepeso, sin embargo no se han obtenido diferencias significativas de grasa corporal, a un Nivel de Confianza del 95%, con respecto a la edad y el sexo. Los sujetos normopeso son los que realizan una mayor actividad

física con un diferencial de 0.38 ($p<0.05$), encontrando que los alumnos con sobrepeso tienen 10.98 puntos de grasa corporal sobre los sujetos normopeso ($p<0.001$), y una diferencia de medias de 6.67 ($p<0.001$) a favor de las chicas respecto a los chicos⁴⁰

- Restrepo Calle M. y cols. llevaron a cabo la investigación "Efecto de la actividad física controlada sobre la composición corporal de mujeres sedentarias posmenopáusicas", en 138 mujeres postmenopáusicas colombianas, de las cuales solo se seleccionó a 18 para el estudio, ya que cumplían con los criterios de ser mujeres postmenopáusicas sedentarias sanas, y de esta forma participaron en el programa de actividad física controlada de 1 hora 3 veces a la semana durante 4 meses, se utilizó un diseño cuasi experimental pretest-postest. Antes y después del programa se evaluaron peso, grasa corporal, y las áreas de masa grasa y de masa magra en el brazo, el muslo y la pierna de cada participante; la ingesta energética se determinó a partir del recordatorio del consumo de alimentos, así como de su frecuencia semicuantitativa. Se compararon las medias de todas las medidas antes y después del programa de ejercicios mediante la prueba de t de Student y cuando las variables no tenían una distribución normal se utilizó la prueba de la suma de rangos con signos de Wilcoxon. Al finalizar el programa se observó una disminución de 1,2 kg en el peso y de 2,0 kg en la grasa corporal, mientras que la masa grasa incrementó 1,0 kg. También aumentó el área magra del brazo, muslo y pierna, y disminuyeron las áreas de grasa en esas partes del cuerpo. Las diferencias fueron estadísticamente significativas para todas las variables observadas, con excepción del área magra del muslo. No se observaron diferencias significativas en cuanto a la ingesta energética de las mujeres al inicio y al final del programa. Concluyendo que la actividad física controlada mejora la composición corporal de este grupo de mujeres al disminuir los depósitos de grasa y aumentar la masa corporal magra.⁴¹

- En otra investigación realizada por Cordente Martínez C. y cols., titulada “Relación del nivel de actividad física, presión arterial y adiposidad corporal en adolescentes madrileños”, se midió el nivel de actividad física, composición corporal y presión arterial, en 554 adolescentes, con edades comprendidas entre 12 y 18 años. Se utilizó un cuestionario modificable de actividad física para adolescentes que mide el nivel de actividad física, se midieron la tensión arterial y la composición corporal. Considerando la totalidad de la muestra, el 45.1% de los sujetos tiene un nivel de actividad física alta o muy alta mientras un 25,3% son inactivos o sedentarios. Además, separando por sexo y con la clasificación indicada anteriormente se concluye que existe una diferencia significativa ($X^2= 79.91$, $p= 0.000$) en el nivel de actividad física de varones y mujeres, obteniéndose como valores extremos que el 64,2% de los varones son activos o muy activos mientras el 36,4% de mujeres son inactivas o sedentarias. Los promedios para la PA sistólica/diastólica fueron de 125,3/71,3 mm/Hg en los varones y 118/69,4 mmHg en las mujeres, pero solo fue significativo el nivel de actividad física en la TAD para los varones. Presentaron tendencia al sobrepeso el 48,2% de las mujeres frente al 13,53% de los hombres, hubo significancia entre adiposidad corporal y nivel de actividad física en las mujeres⁴²
- Casajús J.A. y cols. “Relación entre la condición física cardiovascular y la distribución de grasa en niños y adolescentes”, llevaron a cabo un estudio en 1,625 niños y 1,244 niñas de 7-17 años, divididos en dos grupos en función de la condición física cardiovascular: baja condición física y alta condición física, por medio de la determinación de la potencia aeróbica máxima mediante el Test de carrera de la Course Navette, previamente se realizó una evaluación antropométrica con el fin de poder establecer la cantidad total de masa grasa subcutánea acumulada (suma de 6 pliegues corporales), así como la cantidad de masa grasa subcutánea acumulada en la región del tronco (suma de 3 pliegues del tronco) . Consiguiendo los siguientes resultados: por las diferencias de edad se ajustó talla e IMC, los

resultados demuestran que tanto en niños como en niñas un grado superior de condición física cardiovascular se asocia con cantidades significativamente menores de grasa subcutánea no solo en el cuerpo entero, sino particularmente en la zona del tronco. En los sujetos con una mejor condición física se observa una composición corporal más saludable y un menor riesgo de accidente cardiovascular⁴³

- En el estudio de Bodas A.R. y cols. titulado “Influencia de la edad y la composición corporal de fuerza, flexibilidad y fuerza en los niños y los jóvenes”, constituido por 92 niños caucásicos (48 niñas y 48 niños), de manera intencional, con una media de edades de $13.49 \pm 1,54$, los sujetos fueron sometidos a medición antropométrica y su aptitud motora evaluado por el protocolo definido por Fitnessgram. Observando que los valores porcentuales de grasa son superiores en el sexo femenino, indicadores que se relacionan positivamente con la edad, variables que influyen sobretodo en la capacidad cardiorrespiratoria, siendo entre mayor el IMC y el % de grasa, menor la resistencia, en comparación con el sexo masculino. Los individuos con valores de IMC y % de grasa corporal más elevados obtuvieron valores más bajos de resistencia (test de vaivén), lo que significa que tienen menor capacidad anaerobia. Las capacidades de fuerza y resistencia fueron superiores en el sexo masculino, aumentando progresivamente con la edad.⁴⁴
- En la investigación titulada “Vectores de impedancia bioeléctrica para la composición corporal en población Mexicana” realizada por Espinosa Cuevas y cols. Obtuvieron intervalos bivariados (elipses) de tolerancia a partir de las variables de impedancia estandarizadas por la estatura, para determinar la composición corporal en población mexicana y compararlas con elipses realizadas en otras poblaciones, concluyendo que los vectores de la población mexicana fueron significativamente diferentes al ser comparados con las existentes, apoyando la necesidad de realizar elipses

de tolerancia específicas para cada población para la evaluación de la composición corporal.⁴⁵

- En la investigación realizada por de Hoyo Lora M. y cols. titulada “Composición corporal y actividad física como parámetros de salud en niños de una población rural de Sevilla” analizaron 211 sujetos con edades de entre 8 y 12 años, de manera intencional, de la población sevillana de Fuentes de Andalucía, de los cuales 96 fueron niños y 115 niñas, agrupados en función del nivel de actividad física se estudiaron las variables de composición corporal. Se consideraron como activos aquellos que realizaban actividad física al menos tres veces por semana durante una hora cada día, utilizando el cuestionario propuesto por Gómez, Berral, Viana, Leiva, en el que se reflejan las horas, tipo y carácter de la actividad realizada. Observando que solo el 34.60% de la población realizaba actividad física de forma habitual, el porcentaje graso medio del grupo masculino fue de 15.77% (SD= 8.23), mientras que para el grupo femenino fue de 22.37% (SD= 6,79). Por otro lado, el 46.92% presentó sobrepeso u obesidad. Concluyendo que los sujetos de esta población que realizan actividad física monitorizada fuera del horario escolar tienen menos grasa corporal e igualmente menor sobrepeso que los que no realizan.⁴⁶

CAPITULO III

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sedentarismo impacta negativamente a las personas convirtiéndose actualmente en uno de los factores de riesgo para enfermedades cardiovasculares más comunes. Asimismo, el sedentarismo tiene una gran influencia en la Composición corporal del organismo humano, principalmente en la proporción corporal de masa grasa, masa muscular, masa ósea y % de agua corporal. Los nutrientes comparten en gran medida las mismas vías metabólicas y pueden interactuar de diversas maneras influyendo en el riesgo y la patogénesis de varias enfermedades cardiovasculares.

Se ha comprobado que el sedentarismo incrementa significativamente los efectos de sobrepeso y la obesidad en la salud. El sedentarismo y la falta de actividad física son riesgos para la salud mundial y son problemas en rápido aumento en los países tanto desarrollados como en vías de desarrollo.

El estudio realizado por la ENSANUT 2006 demuestra que el 35.2% de los adolescentes en México son activos, 24.4% moderadamente activos y 40.4% inactivos, esto se relaciona con el alto índice de sobrepeso y obesidad. La ENSA 2000 muestra que el problema es más frecuente en las jóvenes, mostrando exceso de peso un tercio de las adolescentes en México desde los 16 años.

La Composición Corporal y la oxidación de los nutrientes, en particular de los lípidos, son importantes en el origen de la obesidad. La relación entre la masa grasa (MG) y la masa libre de grasa (MLG) es mayor en obesos, siendo la MG menos activa metabólicamente y la cantidad y la distribución de la misma influye en la oxidación de lípidos.

Estas modificaciones en la Composición Corporal y en la distribución de la grasa subcutánea incrementan el riesgo de enfermedades, aumentan la mortalidad y

empeoran la calidad de vida. Además cuando la masa magra disminuye mucho, se ven adversamente afectados la flexibilidad, fuerza corporal y equilibrio físico de las personas. Según el colegio Estadounidense de Medicina Deportiva la actividad física influye sobre las grandes masas musculares como resultado del incremento del gasto energético a expensas de las reservas de grasa, y ayuda a mantener la masa magra, la densidad de la masa ósea y el peso corporal.

Diversos estudios demuestran los beneficios de la actividad física sobre la Composición Corporal incluso a edad muy avanzada. Sin embargo, en los adolescentes se conoce muy poco el efecto que la actividad física tiene sobre la Composición Corporal. Por tal motivo en esta investigación se realizan aportaciones al conocimiento sobre las relaciones entre la Composición Corporal y el sedentarismo. Los estudios de esta temática en México son escasos y en la disciplina de Enfermería lo son aún más.

3.1 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el sedentarismo es un problema de salud pública, y todo indica que este problema se asocia directamente con la Composición Corporal del organismo. Existen en la literatura textos que señalan cual es la Composición Corporal normal de un sujeto. Esta tesis puede aportar información acerca de las alteraciones en esa Composición Corporal normal que se ocasiona por el sedentarismo. Las alteraciones se expresan en las proporciones de masa grasa, masa muscular, masa ósea y porcentaje de agua corporal.

La literatura también señala algunas asociaciones de las alteraciones en la Composición Corporal y los efectos sobre el cuerpo de sujetos adultos. Por ejemplo, cuando la proporción de grasa corporal es mayor de lo normal, se distribuye primordialmente en la región abdominal, las concentraciones plasmáticas de lípidos se orientan hacia una baja concentración de HDLc, una alta concentración de LDLc, niveles de triglicéridos y colesterol total mayores a 150 mg/dl, es entonces cuando el riesgo de sufrir una enfermedad cardiovascular se incrementa peligrosamente. Por otra parte, la pérdida de equilibrio en la Composición Corporal en los niños y adolescentes provocada por un estilo de vida caracterizado por una mala alimentación y el sedentarismo, han llevado a México a ocupar el primer lugar de obesidad infantil en el mundo.

Es por eso que esta investigación fue encaminada a analizar la asociación entre la Composición Corporal y el sedentarismo en adolescentes de una secundaria pública. Ya que como se ha mencionado, la alarmante prevalencia de sobrepeso y obesidad juvenil, acompañada de sedentarismo, están altamente implicados en el inicio y desarrollo de las enfermedades cardiovasculares y crónicas que pueden padecer en un futuro. El conocimiento de las alteraciones de la composición corporal en los jóvenes es un tema de gran importancia para el campo de la Enfermería, para intentar llevar a cabo acciones correctoras en la salud de los adolescentes. Para esto es necesario investigar, para detectar riesgos a la salud y

diseñar programas de prevención que actúen sobre los malos hábitos alimentarios y la inactividad física.

3.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

En esta tesis se han planteado las siguientes preguntas de investigación:

- 1) ¿Cuál es la composición corporal en una muestra de adolescentes con nivel de escolaridad secundaria?
- 2) ¿Cuál es el la prevalencia de sedentarismo en los sujetos participantes?
- 3) ¿Existe asociación entre los indicadores de la CC, antropométricos y clínicos y el sedentarismo?
- 4) ¿Se asocia el nivel de actividad física y el sedentarismo?

3.3 OBJETIVOS

- OBJETIVO GENERAL:

Detectar la composición corporal y la prevalencia de sedentarismo en adolescentes de una escuela secundaria pública y determinar la asociación entre estas dos variables.

- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Definir la composición corporal (Peso de masa grasa y peso de masa libre de grasa (masa ósea, visceral y muscular) de los adolescentes participantes y compararlos por sexo.
- b) Medir la prevalencia de sedentarismo en las mujeres y hombres participantes.
- c) Explicar la asociación entre indicadores de la composición corporal, antropométricos y clínicos y el sedentarismo.
- d) Establecer la asociación entre el nivel de actividad física y el sedentarismo.

3.4 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada, en esta investigación se han propuesto las siguientes hipótesis de trabajo:

Conforme a la ENSANUT 2006 se espera que más del 50% de la población sea sedentaria (inactiva). Siendo mayor la prevalencia de sedentarismo en mujeres que en los hombres.

Probablemente las mujeres presentan mayor peso en la masa grasa respecto a los hombres.

Probablemente los hombres presenten mayor peso de su masa muscular respecto a las mujeres.

Los indicadores de la composición corporal como lo son el elevado peso de la masa grasa y el disminuido peso de la masa muscular, se asocian con el sedentarismo.

Probablemente se asocie el sedentarismo con un índice de masa corporal y perímetro abdominal mayor al percentil 75.

Las personas que realizan ejercicios de fuerza y resistencia muscular poseen un mayor peso de masa muscular respecto a los individuos que no realizan este tipo de actividad.

CAPÍTULO IV

MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se realizó un estudio de tipo observacional transversal comparativo. Este diseño implica que se realizó una comparación entre hombres y mujeres respecto a las siguientes variables:

- Prevalencia de sedentarismo
- Peso corporal total
- Peso de la masa visceral
- Peso de masa ósea
- Peso de masa grasa
- Peso de la masa muscular
- Peso de agua corporal
- Índice de masa corporal
- Índice cintura cadera
- Perímetro abdominal
- Tensión arterial sistólica
- Tensión arterial diastólica
- Actividad física

También se determinó la asociación entre sedentarismo y riesgos relacionados con la enfermedad cardiovascular y de las proporciones de los elementos de la composición corporal (peso de masa grasa, peso de masa libre de grasa y peso de masa muscular) en mujeres y hombres sedentarios y no sedentarios.

Diagrama del diseño y nomenclatura:

Diseño transversal con alcance comparativo:

G1 O1 >> $\Delta Y1 p \leq 0.05$

G2 O2 >> $\Delta Y2 p \leq 0.05$

En donde:

G1: Grupo de 48 mujeres de 11 a 15 años.

G2: Grupo de 54 hombres de 12 a 15 años

O1 y O2:

- Mediciones clínicas y antropométricas: TAS, TAD, IMC, PA, ICC
- Medición de los indicadores de la composición corporal: peso de masa grasa, peso de masa muscular, peso de masa corporal y peso de masa ósea y peso de masa visceral.
- Aplicación del Test de sedentarismo modificado por Pérez-Rojas-García
- Aplicación de un test de evaluación de la actividad física.

>> $\Delta Y1 p \leq 0.05$: Nos conduce a conocer la prevalencia de sedentarismo y la significancia estadística entre el sedentarismo y los elementos de la composición corporal de hombres y mujeres.

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

- **Población:** Alumnos de la escuela secundaria diurna #135 “URSS” del Distrito Federal , ambos sexos de los tres grados escolares, de 11 a 15 años de edad, y con su autorización para ser entrevistados, se les realizaron mediciones clínicas y antropométricas, de los elementos de la composición corporal y de presencia/ausencia de sedentarismo.



Muestra: Los parámetros estadísticos del cálculo muestral fueron:

- Error Máximo Aceptable: 8%
- Probabilidad de selección: 50%
- Nivel de Confianza: 95%

Lo anterior dio como resultado un tamaño muestral de 102 sujetos.

Muestreo: Se seleccionó aleatoriamente a 102 adolescentes a partir de la población de origen. Véanse más adelante los criterios de selección.

4.3 UBICACIÓN ESPACIO-TEMPORAL

UBICACIÓN: Las mediciones para esta investigación se llevaron a cabo en la Secundaria Diurna #135 “Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas” ubicada en Av. Cienfuegos N° 1609 Col. Lindavista, Delegación Gustavo A. Madero.



TIEMPO: de octubre a noviembre del 2011, de lunes a miércoles, en un horario de 8:00-13:40 pm.

4.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Estudiantes inscritos en cualquiera de los 3 años de secundaria • Ambos géneros • Edad: 11-15 años • Sujetos sanos • Turno matutino • Acepten participar en la investigación 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedad de los sujetos (cardiovascular, renal o enfermedades musculoesqueléticas) • Indisciplina de los sujetos • Falta de cooperación • Inasistencia a alguna de las mediciones • Salida voluntaria del estudio • Tener alguna prótesis.

4.5 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES

Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición
<p>Composición corporal: Se refiere a la proporción de masa grasa y masa libre de grasa en el cuerpo. Ambos tipos suman el 100% de la masa corporal.</p> <p>A su vez, la masa libre de grasa se compone de masa esquelética, masa muscular y masa visceral. Se considera en forma paralela, el porcentaje de agua corporal.</p>	<p>La variable composición corporal se integró a partir de 3 dimensiones.</p> <p>1) <u>Dimensión Antropometría.</u> Se midió a través de los siguientes indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Peso.- Lectura obtenida por una báscula digital marca TANITA modelo um-60, esta se colocó en una superficie firme, plana y horizontal. Al ser encendida la unidad emitió un pitido y la pantalla mostró dos ceros, posteriormente el sujeto colocó los talones correctamente alineados en los electrodos de la báscula en posición anatómica, sin calcetines y con los pies limpios, con la menor cantidad de ropa posible, solamente con su uniforme escolar. La unidad de medida fue Kg. ✓ Talla.- Medida obtenida a través de una balanza para adulto con tallímetro marca meter, con un rango de medición de 60-213 cm, la 	De razón

cual se ubicó en una superficie horizontal, firme y plana. El sujeto se instaló descalzo y en posición estándar erecta, con los talones juntos, glúteos, espalda y región occipital en contacto con el plano vertical del tallímetro, leve tracción desde el maxilar inferior y la cabeza en el plano de Franckfort, se le pidió al sujeto realizar una inspiración profunda y se descendió la plataforma horizontal del tallímetro hasta contactar con la cabeza del individuo, ejerciendo una suave presión para minimizar el efecto del cabello. La unidad de medición fue el metro.

- ✓ **I.M.C.:** Se calculó mediante la siguiente expresión matemática:
$$\text{IMC.} = \text{peso (Kg)} / \text{estatura}^2 (\text{m})^2$$
- ✓ **Perímetro de cintura:** Medida conseguida mediante una cinta métrica de fibra de vidrio con una longitud de 150 cm. El individuo se situó de pie, con el abdomen relajado y descubierto, brazos a los lados y pies juntos. Colocándose a un lado del sujeto se identificó la última costilla y la cresta iliaca, a nivel de la línea axilar media y de esta forma se midió el perímetro de la cintura entre estos dos puntos (al nivel de la cicatriz umbilical) cuando el individuo realizó una espiración. La unidad de medición fue cm.
- ✓ **Perímetro de cadera:** Medida conseguida por medio de una cinta métrica de fibra de vidrio con una longitud de 150 cm. La persona se situó de pie con los pies juntos, brazos a los costados. Situándose a un lado del individuo se identificó el punto máximo del perímetro de

los glúteos y se realizó la medición en el plano horizontal. La unidad de medición fue cm.

- ✓ **Índice cintura-cadera:** Se obtuvo dividiendo el perímetro de la cintura del individuo entre el perímetro de su cadera.
I.C.C.= cintura(cm)/cadera(cm)

2) **Dimensión Masa grasa:** se midió a partir del siguiente indicador:

- ✓ % de grasa corporal: Lectura conseguida por una báscula digital marca Tanita modelo um-60, esta se colocó en una superficie firme, plana y horizontal. Se configuraron los siguientes datos en la unidad: talla, edad y género, posteriormente ya programados los datos personales se encendió y al marcar dos ceros el sujeto se subió a la báscula descalzo, con los pies limpios y sin objetos metálicos en el cuerpo o ropa, colocó los talones correctamente alineados en los electrodos, en posición anatómica. La unidad de medida fue % de grasa. A partir de este % se calculó el peso de la masa grasa.

3) **Dimensión Masa libre de grasa:** Se midió con la siguiente fórmula:

Peso Corporal = Peso de Masa grasa +
Peso de Masa libre de
Grasa

Despejando:

Peso de Masa libre de grasa = Peso corporal – Peso de Masa grasa

Indicadores de la masa libre de grasa:

1. Peso de Masa ósea o esquelética
2. Peso de Masa muscular
3. Peso de Masa visceral

Masa esquelética.

Proporción y peso del tejido óseo del cuerpo. A partir de los datos de la tabla 12 en la que se muestran los valores para los individuos de 11 a 15 años: Se toma como referencia la tabla del Coquitlam Growth Study (COGRO), estudio canadiense sobre 919 niños. La proporción considerada como estándar para masa esquelética fue 19.4 % del peso corporal para sujetos de 11 a 15 años de edad.

Masa muscular.

Proporción y peso del tejido muscular del cuerpo. A partir de los datos de la tabla 12 en la que se muestran los valores para los individuos de 6-18 años: Se toma como referencia la tabla del Coquitlam Growth Study (COGRO), estudio canadiense sobre 919 niños.

La proporción considerada como estándar para masa muscular fue la diferencia que resulte de restar al 100% que representa el peso corporal, el % de masa grasa

(obtenida con la TANITA), masa esquelética y masa visceral.

Masa visceral.

Proporción y peso de los órganos más importantes del cuerpo como hígado, corazón, riñón y cerebro. A partir de los datos de la tabla 12 en la que se muestran los valores para los individuos de 6-18 años: Se toma como referencia la tabla del Coquitlam Growth Study (COGRO), estudio canadiense sobre 919 niños.

La proporción considerada como estándar para masa visceral fue 24.2 % del peso corporal para sujetos de 11 a 15 años de edad.

Sedentarismo:

Modo de vida o comportamiento caracterizado por la carencia de agitación o movimiento, lo que por lo general pone al organismo humano en riesgo de obesidad y vulnerable a enfermedades como hipertensión, enfermedades cardíacas, diabetes y ciertos tipos de cáncer.

La variable de sedentarismo se midió a partir de 1 dimensión. Nominal

1) Test de sedentarismo de Pérez-Rojas-García: Se midió a través del siguiente indicador.

- ✓ Frecuencia cardíaca: El sujeto subió un escalón de aprox. 25 cm de altura (23 cm), durante tres minutos, con la ayuda de un generador de impulsos acústicos se realizaron tres cargas con ritmos progresivos (17, 26 y 34 pasos/min). Se considera un paso, un ciclo que comprende subir el pie derecho, el izquierdo, bajar el derecho y finalmente el izquierdo. Se aplicó cada carga durante tres minutos y se descansó un minuto entre ellas.

Sentado el individuo, en cada minuto de recuperación se le midió durante los primeros 15 segundos la frecuencia cardíaca, debiendo ser esta menor a 32 latidos. El registro de la frecuencia cardíaca permitió clasificar el nivel de sedentarismo de la persona de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) **ACTIVO:** Supera la primer rutina (17 ciclos/minuto x 3 minutos) al presentar una frecuencia cardíaca menor a 32 latidos por minuto
- b) **SEDENTARIO:** No supera la primer rutina (17 ciclos/minuto x 3 minutos) al presentar una frecuencia cardíaca menor a 32 latidos por minuto.

Actividad física:

Comprende un conjunto de movimientos del cuerpo obteniendo como resultado un gasto de energía mayor a la tasa de metabolismo basal

La variable de actividad física se integró a partir de 4 dimensiones, las cuales fueron medidas a través de un cuestionario de 19 Ítems con escala de Likert y aseveraciones positivas y negativas, con el siguiente título: "Evaluación de la actividad física en los adolescentes".

Ordinal

1)Gasto de energía: Se evaluó a partir de los siguientes indicadores:

- ✓ Duración: El Ítem 3 evaluó el tiempo dedicado al día a realizar algún deporte o actividad física. Asignando mayor puntaje a la respuesta de una hora o más, tiempo recomendado a practicar algún deporte o actividad física en los adolescentes por la OMS. El puntaje asignado fue positivo, de la siguiente forma:

- a) No dedico tiempo=0
- b) Menos de 30 minutos=1
- c) Media hora=2
- d) 30 minutos-1hora=3
- e) 1 hora o más=4

✓ Intensidad: El ítem 1 evaluó por medio de una tabla que mostraba en posición vertical 14 deportes aerobios y anaerobios y en posición vertical la frecuencia de práctica de estos a la semana, de la siguiente forma:

- a) No practico=0
- b) 1-2 veces a la semana= 1
- c) 3-4 veces a la semana= 2
- d) 5-6 veces a la semana= 3
- e) Diario a la semana= 4

La puntuación fue positiva y se otorgó de forma sumativa de acuerdo a la frecuencia del deporte practicado por el sujeto. Entre más deportes o actividad física realizados a la semana mayor puntaje y mejor intensidad de ejercicio.

✓ Frecuencia: Los ítem 1 y 2 evaluaron este indicador. El ítem 1 determinó la frecuencia de práctica de algún deporte o actividad física del sujeto a la semana. El ítem 2 evaluó la actividad física del sujeto mediante frases que describieran mejor su última semana. Ambos ítems con puntuación positiva.

2) Condición física (cardiovascular y respiratoria): se evaluó a través de los siguientes indicadores:

- ✓ Consumo de O²:
- ✓ Tensión arterial:

- ✓ Frecuencia cardíaca:
- ✓ Fatiga: Es evaluado mediante el ítem 9, el sujeto contestó la frecuencia con la que después de realizar ejercicio desarrollo fatiga muscular. La puntuación fue positiva.

3) Condición física (físico-motora): Se evaluó a partir de los siguientes indicadores:

- ✓ Fuerza: Fue valorada por el ítem 10, manifestando ejemplos de ejercicios de fuerza y la frecuencia con la que el sujeto los podía realizar. El puntaje asignado fue negativo
- ✓ Resistencia: Fue valorada por el ítem 10, ejemplificando ejercicios de resistencia y la frecuencia con los que el sujeto los podía realizar. El puntaje asignado fue negativo.
- ✓ Flexibilidad: Fue valorada por el ítem 11, ejemplificando ejercicios de flexibilidad y la frecuencia con la que el sujeto los podía realizar. El puntaje asignado fue negativo
- ✓ Agilidad: Fue evaluada por el ítem 12, describiendo ejercicios de agilidad y la frecuencia con la que el sujeto los podía realizar. La puntuación fue negativa
- ✓ Equilibrio: Fue evaluado por el ítem 13, describiendo ejercicios de equilibrio y la frecuencia con la que el sujeto los podía realizar. La puntuación fue negativa.
- ✓ Velocidad: Fue valorado por el ítem

14 mediante un ejemplo de ejercicio de velocidad y la frecuencia con la que el sujeto lo podía realizar. El puntaje asignado fue negativo.

4) Satisfacción del ejercicio: Se evaluó a partir de los siguientes indicadores:

- ✓ Autopercepción: Evaluación obtenida por medio del ítem 19, el individuo contestó con qué frecuencia se sentía satisfecho con su imagen corporal al mirarse al espejo. La puntuación asignada fue negativa.
- ✓ Gusto por la actividad física: Indicador medido a través de los ítems 15, 16,17 y 18. Ítems negativos: 15 y 17, ítems positivos: 16 y 18.

Estos son los códigos para los ítems 4-19 del cuestionario.

ÍTEMS POSITIVOS:

- A) Siempre=0
- B) Casi siempre=1
- C) Algunas veces=2
- D) Muy pocas veces=3
- E) Nunca=4

ÍTEMS NEGATIVOS:

- A) Siempre=4
- B) Casi siempre=3
- C) Algunas veces=3
- D) Muy pocas veces=1
- E) Nunca=0

4.6 MAPA DE VARIABLES

Determinación de la asociación entre los elementos de la composición corporal y el sedentarismo.

Variable dependiente

Sedentarismo

Variables independientes

1. Composición corporal
 - i. Dimensión Masa grasa
 1. Indicador:
 - a. Peso de masa grasa
 - ii. Dimensión Masa libre de grasa
 1. Indicadores:
 - a. Peso de Masa libre de grasa
 - i. Peso de Masa esquelética
 - ii. Peso de Masa muscular
 - iii. Peso de Masa visceral
 - b. Peso de agua corporal
2. Factores de riesgo para enfermedad cardiovascular
 - i. Dimensión Factores clínicos y antropométricos
 1. Indicadores clínicos:
 - a. Tensión arterial sistólica (TAS)
 - b. Tensión arterial diastólica (TAD)
 2. Indicadores antropométricos
 - a. Índice de masa corporal (IMC)
 - b. Perímetro abdominal (PA)
 - c. Índice cintura cadera (ICC)

Con base en los resultados descriptivos de las variables independientes, se decidió utilizar el percentil 75 (método de bisagras de Tukey) como punto de corte para establecer la condición anormal o de riesgo por sexo.

INDICADORES	Criterio de riesgo	P 75 MUJERES	P 75 HOMBRES
PESO DE LA MASA GRASA (Kg)	>	18.5	17.4
PESO DE LA MASA LIBRE DE GRASA (Kg)	≤	39.1	45.2
PESO DE LA MASA ESQUELÉTICA (Kg)	NA	11.0	11.3
PESO DE LA MASA MUSCULAR (Kg)	≤	14.5	19.7
PESO DE LA MASA VISCERAL (Kg)	NA	13.7	14.2
PESO DEL AGUA CORPORAL (Kg)	NA	33.8	35.1
TENSION ARTERIAL SISTOLICA (mm Hg)	>	110	120
TENSION ARTERIAL DIASTOLICA (mm Hg)	>	70	80
INDICE DE MASA CORPORAL (kg/m ²)	>	23.7	24.5
PERIMETRO ABDOMINAL (cm)	>	85	85
INDICE CADERA CINTURA	>	0.88	0.89

Tabla 16.- Puntos de corte de las variables de la composición corporal y de factores clínicos y antropométricos. El percentil 75 se utilizó para determinar asociación con el sedentarismo.

Criterio para determinar condición anormal o de riesgo:

- > Mayor al Percentil 75
- ≤ Menor o igual al Percentil 75
- NA No aplica

4.7 ASPECTOS ÉTICOS

Existen principios que se han incorporado a la legislación sobre investigaciones en prácticamente todos los países desarrollados.

En términos prácticos, los principios éticos comúnmente aceptados en investigaciones con seres humanos son cuatro:

- Respeto a la persona o autonomía
- No maleficencia
- Beneficencia y
- Justicia.

1) PRINCIPIO DE RESPETO A LA PERSONA O AUTONOMÍA

El principio de respeto a la persona o de autonomía establece que cada sujeto ha de poder decidir, de forma voluntaria e informada, sobre aquellas intervenciones a que puede ser sometido. En los casos en que no sea posible, por limitaciones en la conciencia o función intelectual de los sujetos, las decisiones que les atañen deben tomarse por personas autorizadas para ello, por el propio sujeto o la sociedad, y en la toma de dicha decisión han de prevalecer los derechos y el bienestar del sujeto en cuestión. De este principio deriva la obligación de que los investigadores obtengan el consentimiento informado de los sujetos de estudio.

De este principio, y del de no maleficencia, deriva también el derecho a la privacidad y la intimidad, la confidencialidad de la información recabada en los estudios, y la preservación del anonimato cuando la información se hace pública.

2) PRINCIPIO DE NO MALEFICIENCIA

El principio de no maleficencia establece que la prioridad en toda intervención o investigación es no cometer daño o perjuicio a los sujetos de estudio. Este principio deriva del antiguo precepto hipocrático 'primum non nocere'. El

cumplimiento de este principio debe extremarse en las investigaciones en las que no haya posibilidad de beneficio terapéutico, o de otro tipo, para los sujetos de estudio.

3) PRINCIPIO DE BENEFICIENCIA

El principio de beneficencia establece que en la medida de lo posible las intervenciones y las investigaciones deben maximizar el beneficio para los sujetos de estudio. Este principio obliga a que los grupos de comparación en un estudio experimental deban ser tratados con las mejores terapias disponibles en el momento de la investigación, no pudiéndose utilizar placebos cuando existen tratamientos estándar eficaces. En general no debe haber evidencias para asegurar que uno de los grupos a comparar en un estudio tiene una ventaja que permita un mejor resultado al final del estudio.

4) PRINCIPIO DE JUSTICIA

El principio de justicia se entiende fundamentalmente como justicia distributiva, y establece que los riesgos y beneficios derivados de las investigaciones se repartan de forma razonable en la sociedad. El criterio de reparto puede atender a las necesidades de los sujetos, a la protección frente a riesgos en los más débiles o susceptibles a los mismos, etc. En términos prácticos significa que ningún grupo de población que pueda beneficiarse de participar en una investigación en función de su edad, sexo, raza o condición socioeconómica, sea excluido de la misma. Asimismo que no se incluya en la investigación excepto cuando es imprescindible a aquellos que, como los niños, ancianos o los muy enfermos, son más susceptibles a los riesgos de la misma.

4.8 CONSENTIMIENTO INFORMADO

En el consentimiento informado, lo más importante desde un punto de vista ético no es su obtención sino el proceso por el que se obtiene. Este proceso ha de reunir tres características básicas: la información suficiente, su comprensión y la voluntariedad.

La información que han de recibir los participantes en un estudio debe incluir los objetivos y la metodología del estudio, las intervenciones a que pueden ser sometidos, sus posibles beneficios y riesgos, así como potenciales ventajas, molestias o perjuicios de participar en el estudio y la forma de compensarlos o repararlos. En este sentido se debe destacar que los riesgos no se compensan con dinero sino haciendo todo lo posible para minimizarlos y que lo que se compensan no son los riesgos sino las molestias, la pérdida de tiempo y de capacidad de lucro asociada a la participación en el estudio.

También debe informarse sobre el carácter voluntario de la participación en el estudio, de que se puede abandonar sin dar explicaciones y sin que se resienta la calidad de la asistencia sanitaria recibida, en caso de que se trate de pacientes.

Debe informarse a los participantes sobre las restricciones a terceros en el acceso a los datos, los procedimientos para preservar la confidencialidad, y la forma de publicación de los resultados.

La información sobre estos aspectos debe ser suficiente para facilitar la toma de decisión, y clara para permitir la comprensión. El sujeto debe de saber siempre que forma parte de una investigación y distinguirla de un programa de intervención o de posible mejora de la salud.

La información debe siempre proporcionarse de forma verbal y, a menudo, acompañarse por documentación escrita. Por último, la decisión debe tomarse de forma voluntaria. El investigador no debe condicionar, con su autoridad o poder, la participación de los sujetos en el estudio.

4.9 PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se determinó la prevalencia de sedentarismo en hombres y mujeres y se compararon por medio de prueba Z para proporciones independientes.

Las asociaciones entre sedentarismo y elementos de la composición corporal, se determinaron con el Test Ji^2 , Test exacto de Fisher, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

Se calcularon los momios para estimar riesgo epidemiológico por medio de la medida Odd Ratios y sus intervalos de confianza al 95%.

La comparación de medias de los porcentajes de los elementos de la composición corporal en hombres y mujeres sedentarios y no sedentarios se realizó a través de la prueba “t” de Student para muestras independientes, previo conocimiento de la homogeneidad de sus varianzas.

Se utilizó SPSS versión 15, STATS TM ver 2.0, Microsoft Excel 2007, Win Episcopo versión 2.0.

4.10 PROCEDIMIENTOS

Composición corporal

Para la determinación de la composición corporal se utilizó una báscula modelo BC558, mediante Impedancia Bioeléctrica de la siguiente forma:

El individuo se debe colocar con los talones correctamente alineados en los electrodos de la báscula, sin calcetines, con los pies limpios y sin doblar las rodillas, manteniendo los brazos rectos y hacia abajo (Figura 22).



Figura 22. Correcta posición del individuo en la báscula Tanita

Los valores obtenidos mediante Impedancia fueron: peso corporal, % masa grasa. La masa esquelética y masa visceral se calcularon con base en los datos del Coquitlam Growth Study (COGRO), estudio canadiense sobre 919 niños.

A continuación se muestra la tabla tomada como referencia para calcular la masa esquelética y la visceral. Se consideraron los valores promedio de los resultados obtenidos en niños canadienses de 11 a 15 años.

Edad (años)	Sexo	Masa grasa (%)	Masa esquelética (%)	Masa muscular (%)	Masa visceral (%)	Peso corporal (%)
11	M	13.0	21.3	41.5	24.2	100
	F	17.1	19.5	39.8	23.6	100
12	M	15.6	19.3	42.8	22.3	100
	F	15.6	19.5	40.6	24.3	100
13	M	12.1	20.4	42.1	25.3	100
	F	15.8	18.4	41.0	24.8	100
14	M	11.1	20.5	43.5	24.9	100
	F	16.6	18.1	41.3	24.1	100
15	M	11.6	19.8	44.0	24.6	100
	F	17.4	17.4	41.7	23.5	100
		Promedio	19.4	Promedio	24.2	

Tabla 17. Datos estimados en el Coquitlam Growth Study (COGRO), estudio canadiense sobre 919 niños. El 19.4 % se consideró para calcular la masa esquelética y el 24.2 % para calcular la masa visceral. Fue la única referencia científica disponible y se consideró que el tejido óseo y los órganos viscerales no son significativamente diferentes en los niños mexicanos respecto a los canadienses.

Mediciones antropométricas

1) Talla

Se utilizó un tallímetro marca meter, con un rango de medición de 60-213 cm. El sujeto se instaló descalzo y en posición anatómica, con los talones juntos, glúteos, espalda y región occipital en contacto con el plano vertical del tallímetro, leve tracción desde el maxilar inferior y la cabeza en el plano de Franckfort, se le pidió al sujeto realizar una inspiración profunda y se descendió la plataforma horizontal del tallímetro hasta contactar con la cabeza del individuo, ejerciendo una suave presión para minimizar el efecto del cabello. (Figura 23)



Figura 23. Medición de talla

2) Perímetro de cintura

El procedimiento se llevo a cabo con el sujeto de pie, con el torso desnudo y los brazos relajados al costado del cuerpo. La persona que realizó la medición se ubicó frente al paciente, rodeando con la cinta métrica en el punto medio entre el reborde costal y la cresta iliaca, la medida se realizó en el momento de la inspiración. (Figura 24)



Figura 24. Medición del perímetro de la cintura

3) Perímetro de la cadera

Paciente de pie con los glúteos relajados y los pies juntos. La persona que realizó la medición se ubicó frente al paciente, rodeando con la cinta métrica la cadera a nivel del máximo relieve de los trocánteres mayores (en general coincide con la sínfisis pubiana). (Figura 25)



Figura 25. Medición del perímetro de la cadera

4) Índice Cintura-Cadera (ICC)

El índice cintura-cadera se estableció como la relación entre:

$$\text{ICC} = \frac{\text{Circunferencia de la cintura (en cm)}}{\text{Circunferencia de la cadera (en cm)}}$$

Circunferencia de la cadera (en cm)

5) Índice de Masa Corporal (IMC)

Se midió por medio del índice de Quetelet. Lo que significa la relación entre el peso del individuo y su talla elevada al cuadrado.

$$\text{IMC} = \frac{\text{peso (kg)}}{\text{talla}^2 \text{ (en metros)}}$$

Mediciones clínicas

Presión arterial:

La valoración de la tensión arterial se determinará utilizando baumanómetro, cuyo manguito se colocará en el antebrazo 3 cm por encima de la flexura del codo. (Figura 26)



Figura 26. Medición de la Presión Arterial

Sedentarismo

La presencia o ausencia de sedentarismo se determinó utilizando el Test modificado por Pérez-Rojas-García. Con ayuda de un metrónomo diseñado y fabricado exprofeso para este test, se corrieron con precisión cada una de las rutinas de este test. Figuras 27 y 28.

El test de sedentarismo se fundamenta en la actividad física de cada sujeto, pues se mide la frecuencia cardiaca inmediatamente después de realizar rutinas que consisten en subir y bajar un escalón (un ciclo) de 25 cm. de altura a un ritmo de 17, 26 y 34 ciclos por minuto durante tres minutos. Solo quien supero la primer

rutina (17 ciclos/minuto x 3 min) al presentar una frecuencia cardiaca menor de 30 latidos por minuto se le considero no sedentario (activo).



Figura 27. Rutina de test de sedentarismo



Figura 28. Medición de la frecuencia cardiaca después de cada rutina

Actividad física

La variable de actividad física se integró a partir de 4 dimensiones, las cuales fueron medidas a través de una entrevista directa, por medio de un cuestionario de 19 Ítems con escala de Likert y aseveraciones positivas y negativas, con el siguiente título: “Evaluación de la actividad física en los adolescentes”.

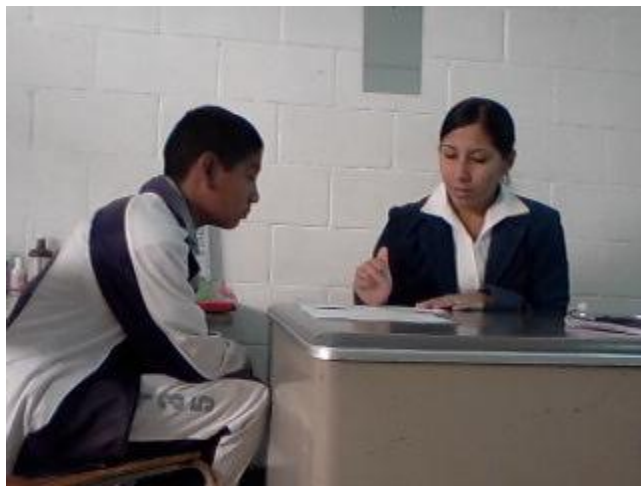


Figura 29. Aplicación del cuestionario de actividad física

4.11 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Confiabilidad del instrumento de valoración de la actividad física

Estuvo constituido por 16 items con respuestas de opción múltiple en escala de Likert.

Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.719	16

Confiabilidad del instrumento de valoración del estado nutricional

Confiabilidad del instrumento de valoración de la actividad física

Estuvo constituido por 22 items con respuestas de opción múltiple en escala de Likert.

Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.683	22

La validez en ambos instrumentos fue a través del criterio por contenidos, ya que se incluyeron la mayor cantidad de dimensiones para definir el objeto de estudio (actividad física y estado nutricional)

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Como ya se ha mencionado, el estilo de vida orientado a desarrollar cada vez menor actividad física, provoca a nivel poblacional, una mayor prevalencia de obesidad. En los niños, el sedentarismo conduce a la obesidad, y si esta se prolonga durante la adolescencia y la edad adulta, se corre alto riesgo de padecer síndrome metabólico y después enfermedades cardiovasculares y diabetes mellitus, según se ha mencionado en diversas fuentes, entre ellas ENSANUT 2006.

El análisis de la Composición Corporal en los humanos, permite evaluar en forma indirecta el estado nutricional del individuo y puede reflejar el estilo de vida de las personas.

A continuación se ilustran los resultados obtenidos en esta tesis y que en resumen muestran lo siguiente:

- Descripción general de la muestra (edad y género)
- Comparación de la prevalencia de sedentarismo entre hombres y mujeres
- Comparaciones entre hombres y mujeres respecto a indicadores de la composición corporal.
- Comparación entre hombres y mujeres respecto a indicadores antropométricos
- Comparación entre hombres y mujeres respecto a indicadores clínicos
- Asociación entre sedentarismo e indicadores de la composición corporal, antropométricos y clínicos en hombres y mujeres.

➤ **Descripción general de la muestra (edad y género)**

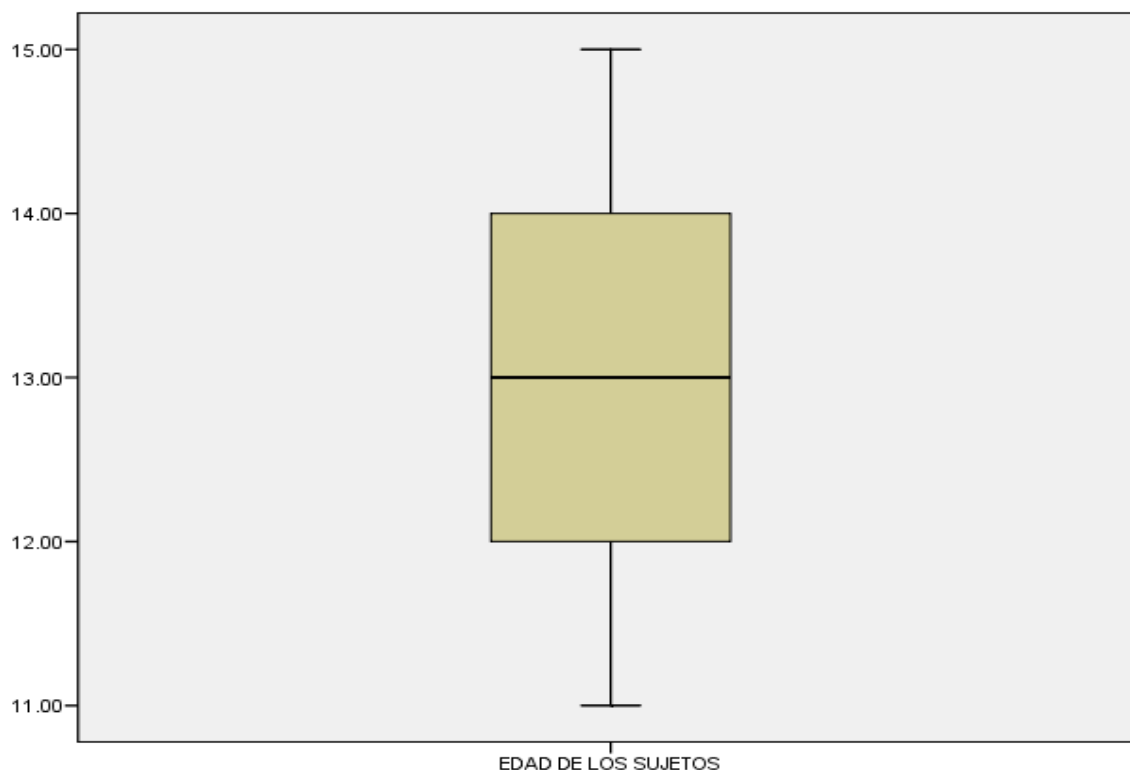


Figura 30. Descripción de la edad de los participantes en general.

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", n =102 alumnos

La figura 30 muestra la edad mediana de los estudiantes la cual corresponde a 13 años. La edad mínima es de 11 años y la máxima de 15, el percentil 75 está indicado por la edad de 14 años y el percentil 25 por 12 años.

Como se puede observar, la edad corresponde a la de los estudiantes de una escuela secundaria común.

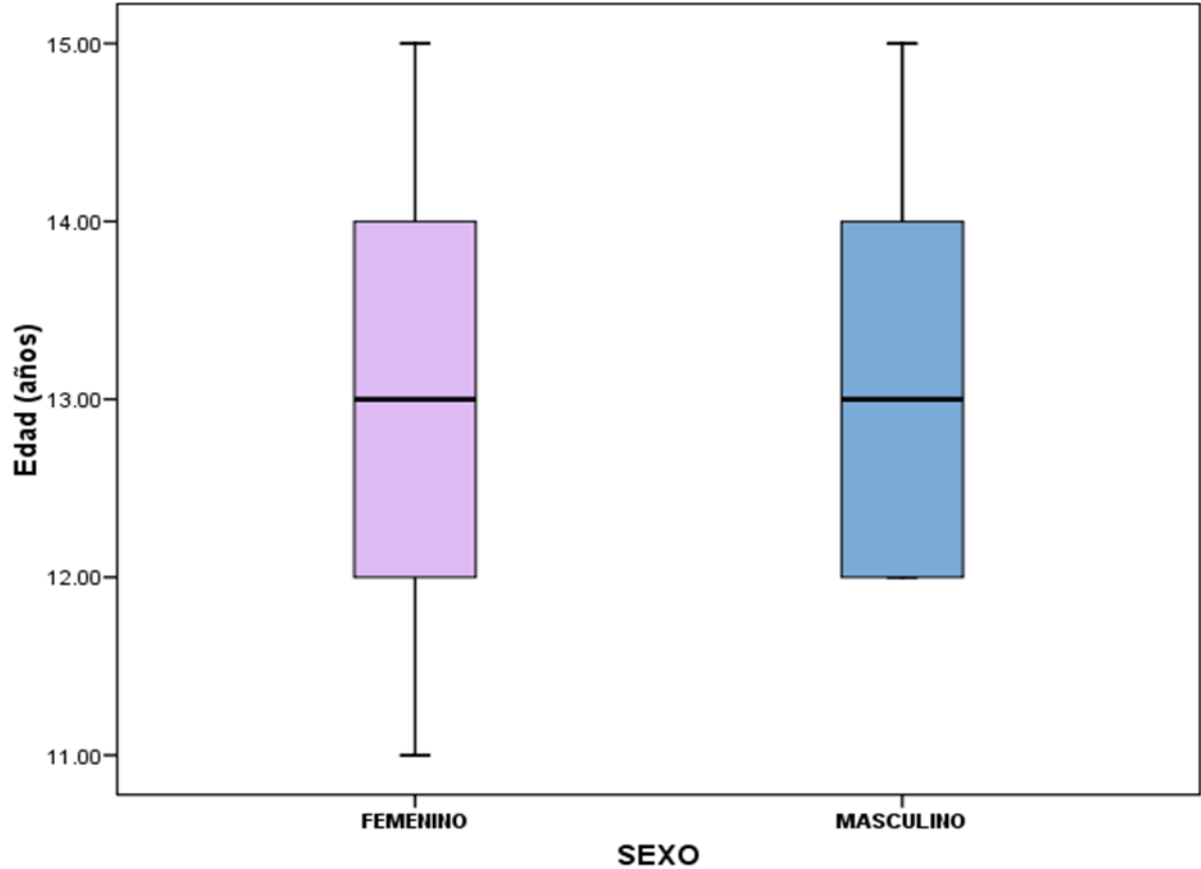


Figura 31. Edad de los sujetos en función del sexo.

K-S $p > 0.05$ Test Mann Whitney, $p = 0.7308$.

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", $n = 102$ alumnos

En la figura 30 se muestra una mediana de edad de los estudiantes de 13 años para ambos géneros. La edad máxima para el género femenino es de 15 años y la edad mínima de 11 años; para el género masculino se observa una edad máxima de 15 años y una edad mínima de 12 años. El percentil 75 corresponde a 14 años y el percentil 25 a 12 años, para ambos géneros. No existen diferencias significativas entre las medianas de ambos grupos.

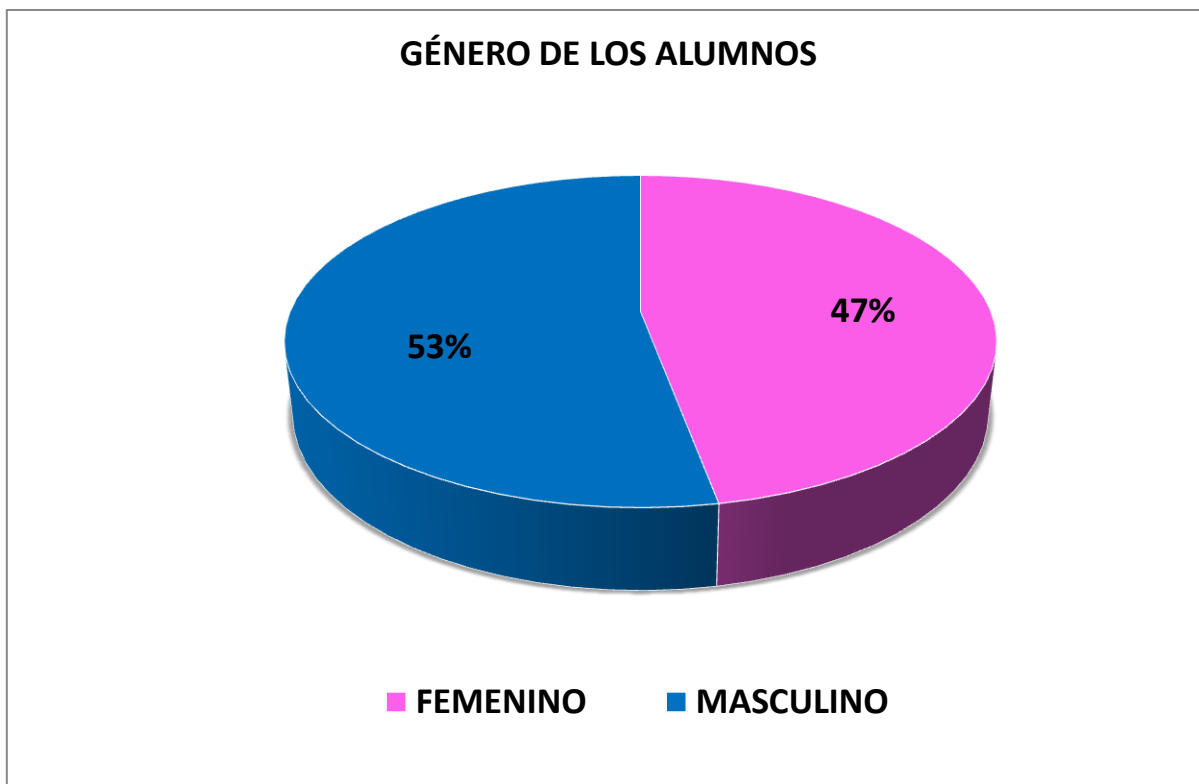


Figura 32. Género de los alumnos participantes.

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", n =102 alumnos

El género femenino corresponde al 47% de la muestra y el género masculino al 53%. Se puede apreciar que la proporción de hombres es casi igual a la de mujeres, esto permite hacer un análisis razonable de los elementos de la composición corporal en función del género.

➤ **Comparación de la prevalencia de sedentarismo entre hombres y mujeres**

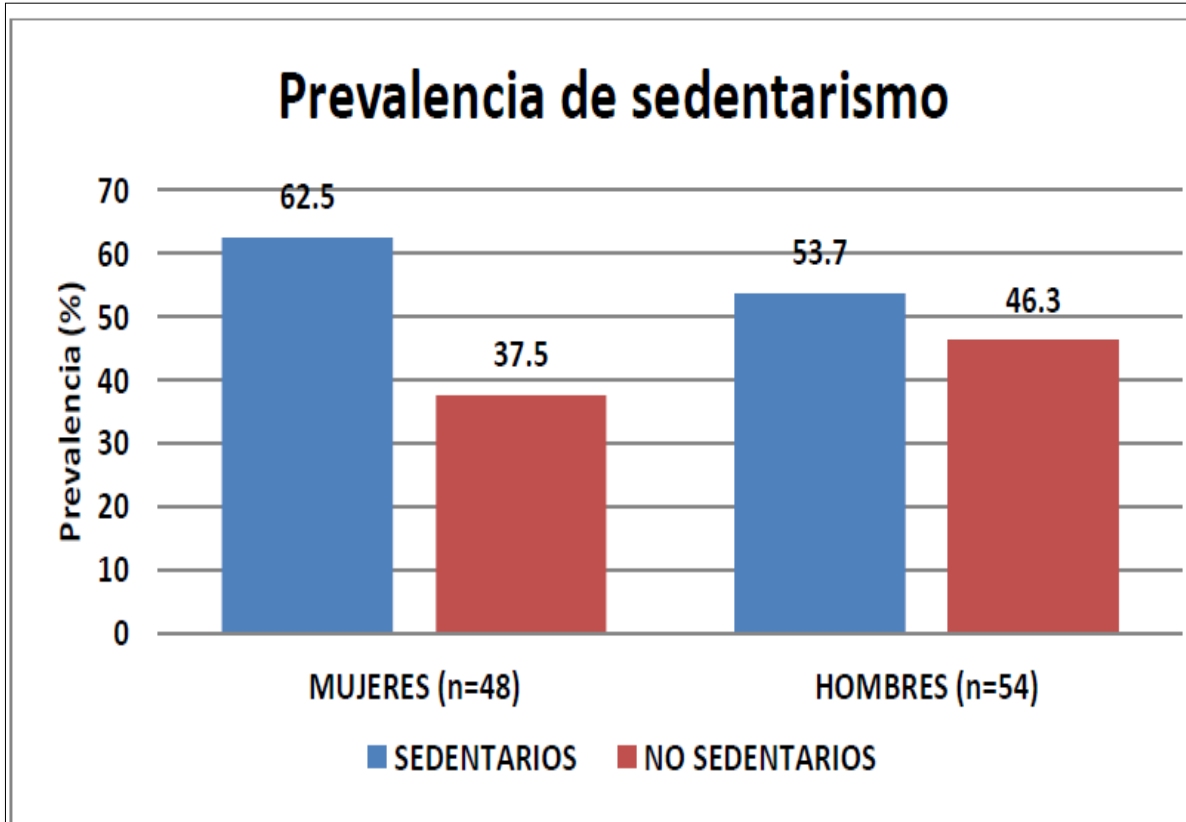


Figura 33. Prevalencia de sedentarismo en mujeres y hombres. Son sedentarios el 62.5% de las mujeres y el 53.7% de los hombres.

Prueba Z para proporciones independientes. $p = 0.3628$

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", $n = 102$ alumnos

La aplicación del test del sedentarismo de Pérez-Rojas-García dio como resultado que el 62.5% de las mujeres son sedentarias mientras que el 53.7% de los hombres también fueron sedentarios. El análisis estadístico que nos permite comparar proporciones nos indica que las prevalencias no presentan diferencia significativa. ($p = 0.3628$)

➤ **Comparaciones entre hombres y mujeres respecto a indicadores de la composición corporal.**

La composición corporal de los sujetos en esta investigación, se fundamentó en la Teoría de los compartimientos a nivel tisular, la cual menciona que el cuerpo humano puede clasificarse en dos compartimientos tisulares:

Tejido adiposo, representado por la masa grasa del cuerpo

Tejido magro, representado por la masa libre de grasa del cuerpo, la cual a su vez esta compuesta por tres subcompartimientos tisulares:

1. Masa esquelética u ósea
2. Masa visceral
3. Masa muscular

Se considera un compartimiento adicional pero que no se suma a los anteriores, se trata del agua corporal, la cual no se suma a los tres subcompartimientos anteriores ya que es un hecho que el agua esta integrada en mayor o menor medida en todos los tejidos (masa grasa y masa libre de grasa). Además se dá por aceptado que el peso del agua corporal en un sujeto de 11 a 15 años probablemente represente el 60% de su peso corporal total y que en la masa libre de grasa, este % sea del 73% aproximadamente.

Recuérdese que los cálculos del peso de cada uno de los indicadores de la CC, se basaron en los datos de la Tabla 17 de esta tesis que a su vez corresponden a los datos estimados en el Coquitlam Growth Study (COGRO), estudio canadiense sobre 919 niños. El 19.4 % se consideró para calcular la masa esquelética y el 24.2 % para calcular la masa visceral. Fue la única referencia científica disponible y se consideró que el tejido óseo y los órganos viscerales no son significativamente diferentes en los niños mexicanos respecto a los canadienses. El % de masa grasa se tomó por observación directa del registro arrojado, por la báscula Tanita. El peso de masa muscular se obtuvo de restar al peso corporal (obtenido directamente con la báscula Tanita), el peso óseo, peso visceral y peso de masa grasa.

A continuación se muestran los resultados obtenidos bajo el criterio antes mencionado.

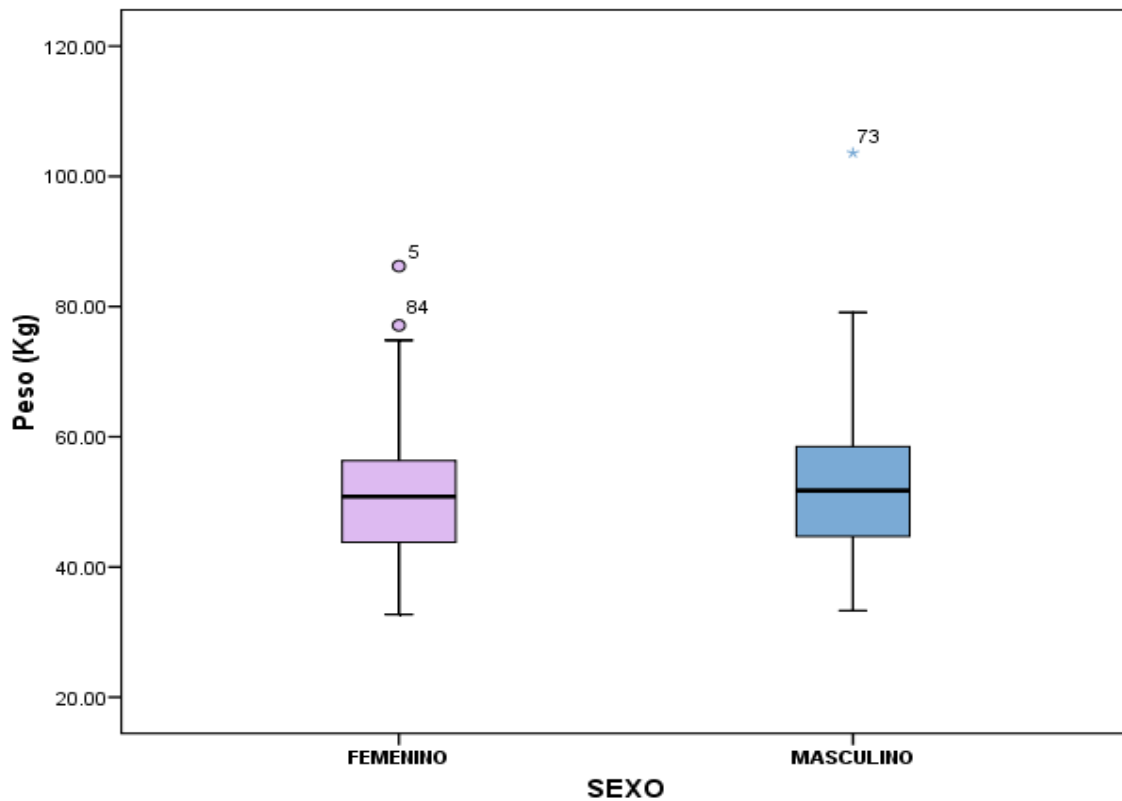


Figura 34. Comparación de la mediana del peso corporal y sujetos que superan dos desviaciones estándar en mujeres y hombres.

K-S: $p = 0.045$ Mann Whitney: $p = 0.730$

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", $n = 102$ alumnos

La mediana del peso corporal de las mujeres fue de 50.8 kg y el de hombres fue de 51.7 Kg. El valor mínimo para mujeres fue de 32.7 y para hombres de 33.3. El peso máximo en mujeres fue de 86.2 Kg mientras que en hombres hubo un caso de 103.6 kg. Se observa que el rango de dispersión fue mayor en hombres ya que alcanzó una cifra de 70.3 mientras que en mujeres fue de 53.5. El caso del sujeto con 103.6 Kg de peso se trata de un adolescente de 14 años con talla de 1.73 m y

una presión arterial de 120/80, su IMC fue de 34.6 por lo que es un caso de obesidad y además es sedentario. Del total de su peso corporal, 20.1 Kg son de tejido óseo, 25.1 Kg de vísceras, 43.5 Kg de grasa y solo 14.9 Kg de músculo.

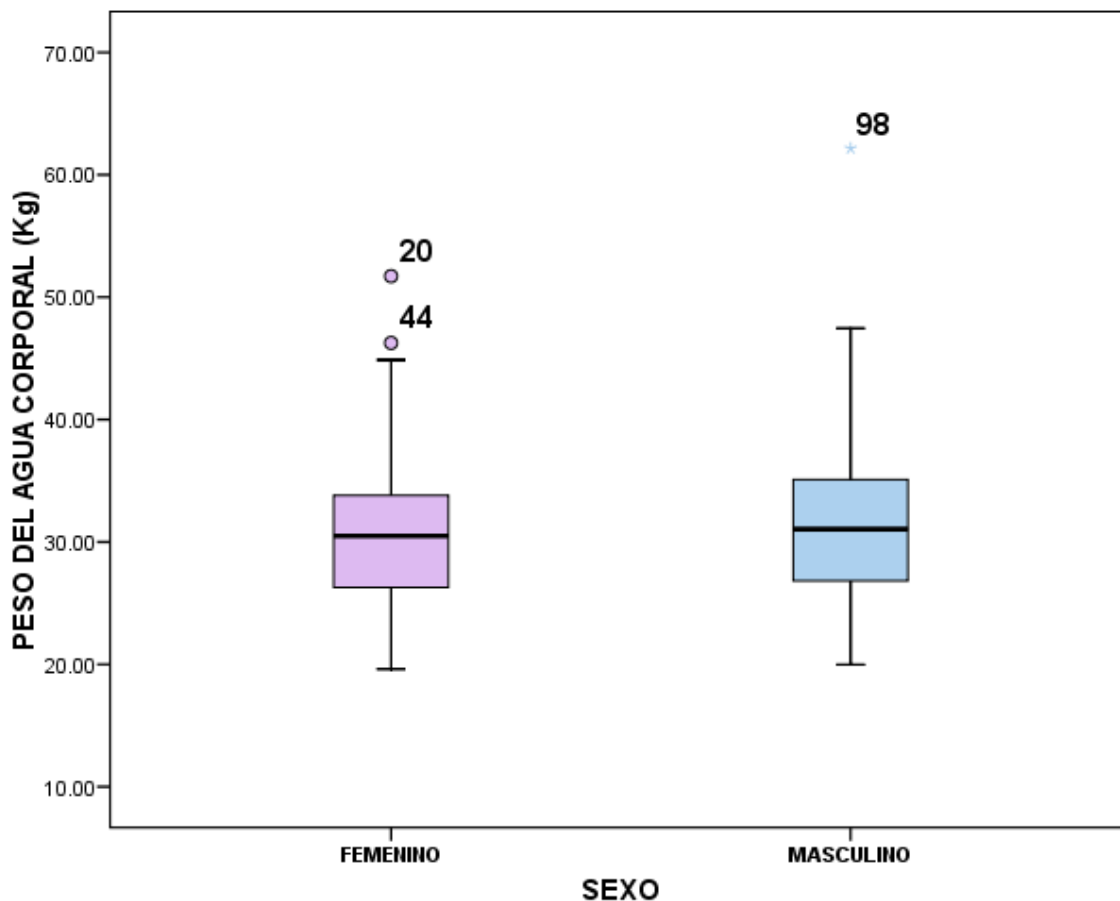


Figura 35. Comparación del peso del agua corporal en función del género. La mediana del peso de agua en el sexo femenino fue de 30.48 Kg y la del masculino fue del 31.05 Kg.

K-S: $p = 0.045$ Mann Whitney: $p = 0.730$

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", $n = 102$ alumnos

Destacan aquí dos casos femeninos, el caso 20 es una mujer sedentaria, con los siguientes riesgos a su salud: IMC, PA, y masa grasa > P75, y una masa muscular \leq al P75.

El caso 44, es una mujer sedentaria con los siguientes riesgos. IMC, PA, ICC, masa grasa, TAS y TAD > al P75 y una masa muscular \leq al P75.

El caso 98 es un varón sedentario con los siguientes riesgos: IMC, PA, ICC y masa grasa > al P75 y una masa muscular \leq al P75.

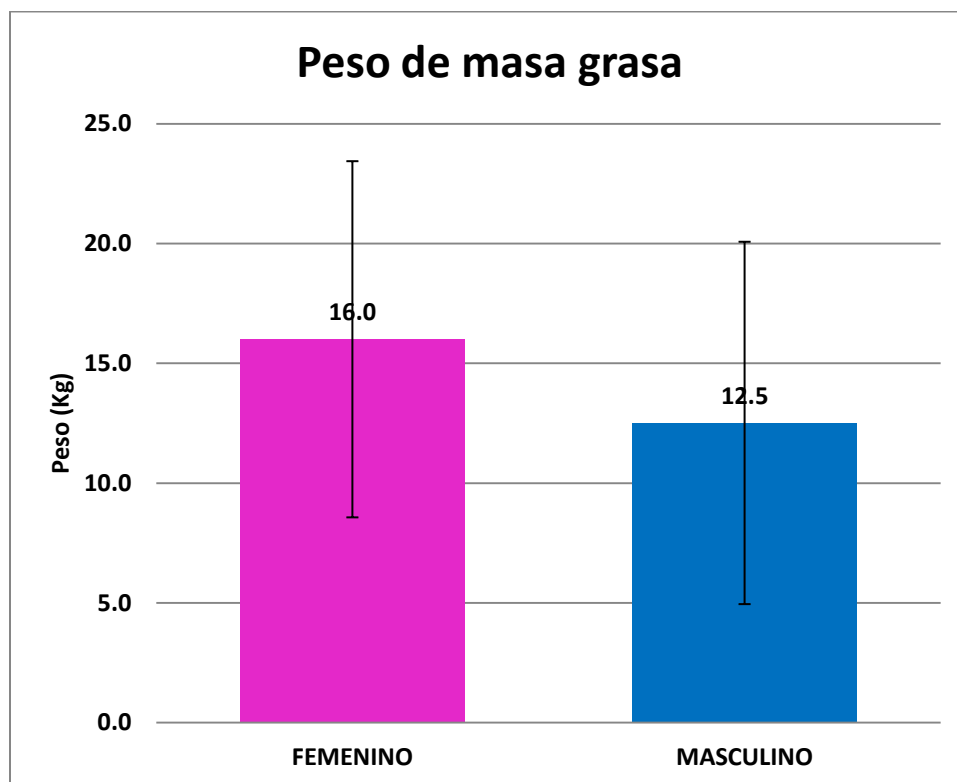


Figura 36. Comparación del peso de la masa grasa corporal en función del género. La media de masa grasa en el sexo femenino fue de 16 Kg y la del masculino fue del 12.5 Kg.

K-S: $p = 0.167$ "t" de Student: $p = 0.021$

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", $n = 102$ alumnos

La masa grasa fue significativamente mayor en las mujeres respecto a los hombres. La media en las mujeres fue de 16 Kg y en los hombres de 12.5 Kg.

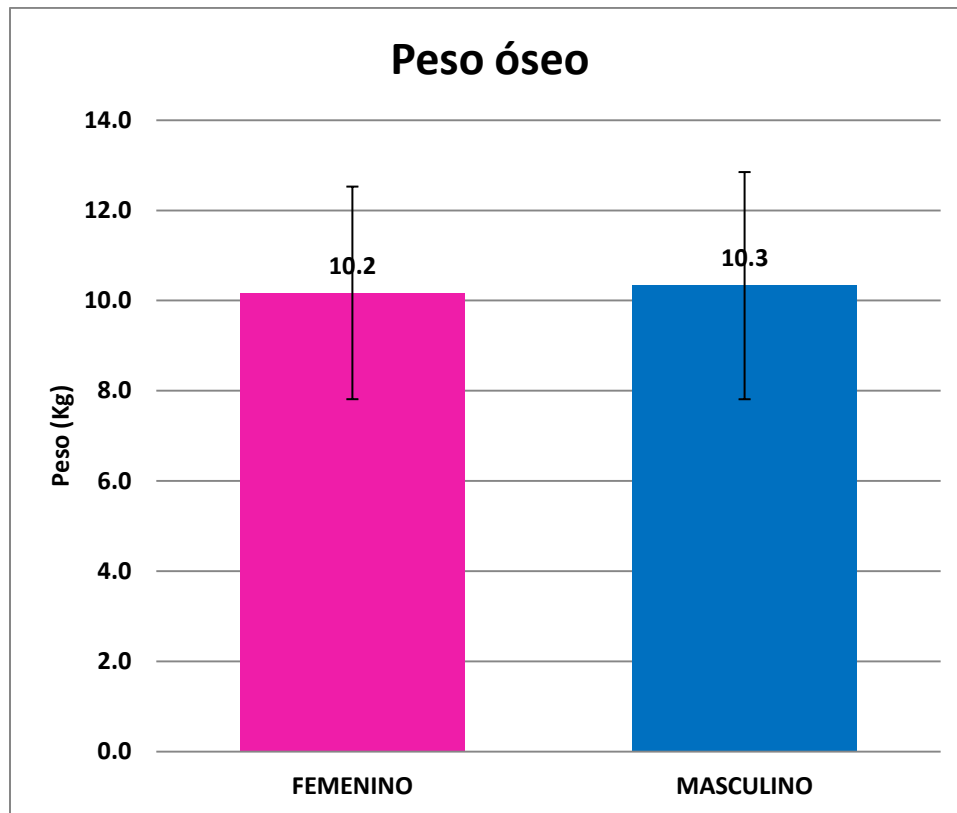


Figura 37. Comparación del peso óseo corporal en función del género. La media del peso óseo en sexo femenino fue de 10.2 Kg y la del masculino fue del 10.3 Kg.

K-S: $p = 0.062$ "t" de Student: $p = 0.741$

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", $n = 102$ alumnos

La comparación entre la masa esquelética de hombres y mujeres, mostró que no hay diferencia significativa ($p = 0.741$) Este compartimiento o indicador de la CC

parece ser constante en los sujetos de edades entre 11 y 15 años de edad. Aquí se incluye el peso de todos los huesos del cuerpo.

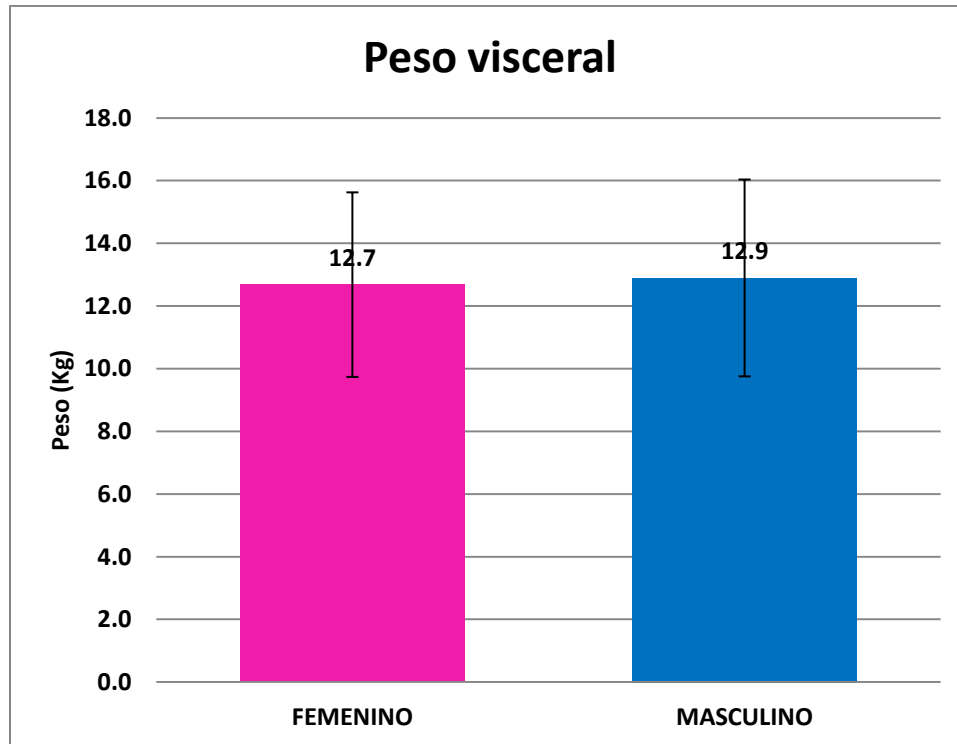


Figura 38. Comparación del peso visceral corporal en función del género. La media del peso visceral en el sexo femenino fue de 12.7 Kg y la del masculino fue del 12.9 Kg.

K-S: $p = 0.059$ "t" de Student: $p = 0.724$

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", $n = 102$ alumnos

La comparación entre la masa visceral de hombres y mujeres, mostró que no hay diferencia significativa ($p = 0.724$) Este compartimiento o indicador de la CC parece ser constante en los sujetos de edades entre 11 y 15 años de edad. Recuérdese que aquí esta incluido el peso del cerebro, corazón, hígado, pulmones riñones y bazo principalmente.

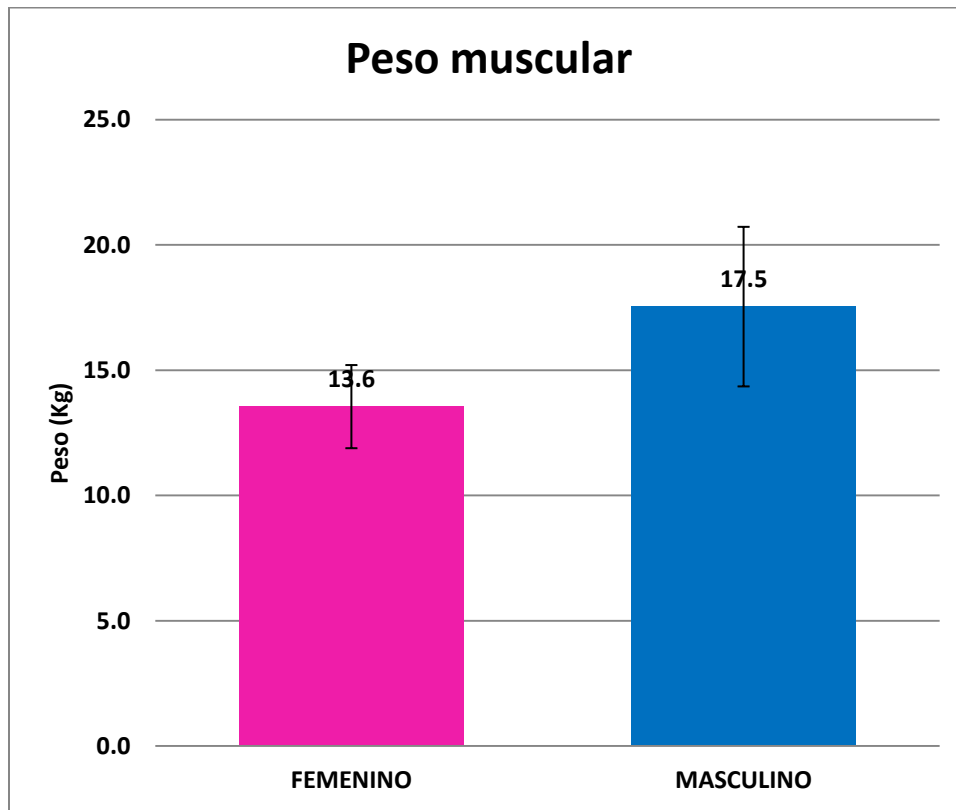


Figura 39. Comparación del peso de la masa muscular corporal en función del género. La media del peso muscular en el sexo femenino fue de 13.6 Kg y la del masculino fue del 17.5 Kg.

K-S: $p = 0.058$ "t" de Student: $p = 0.000$

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", $n = 102$ alumnos

La comparación entre la masa muscular de hombres y mujeres, mostró que sí hay diferencia significativa ($p = 0.000$) Este compartimiento o indicador de la CC parece no ser constante en los sujetos de edades entre 11 y 15 años de edad, sobre todo por la naturaleza misma de hombres con mayor musculatura y mujeres que tienen en general menor masa muscular que los hombres. Recuérdese que aquí están incluidos todos los músculos del cuerpo y que genéticamente los hombres desarrollan mayor musculatura que las mujeres.

➤ **Comparación entre hombres y mujeres respecto a indicadores antropométricos**

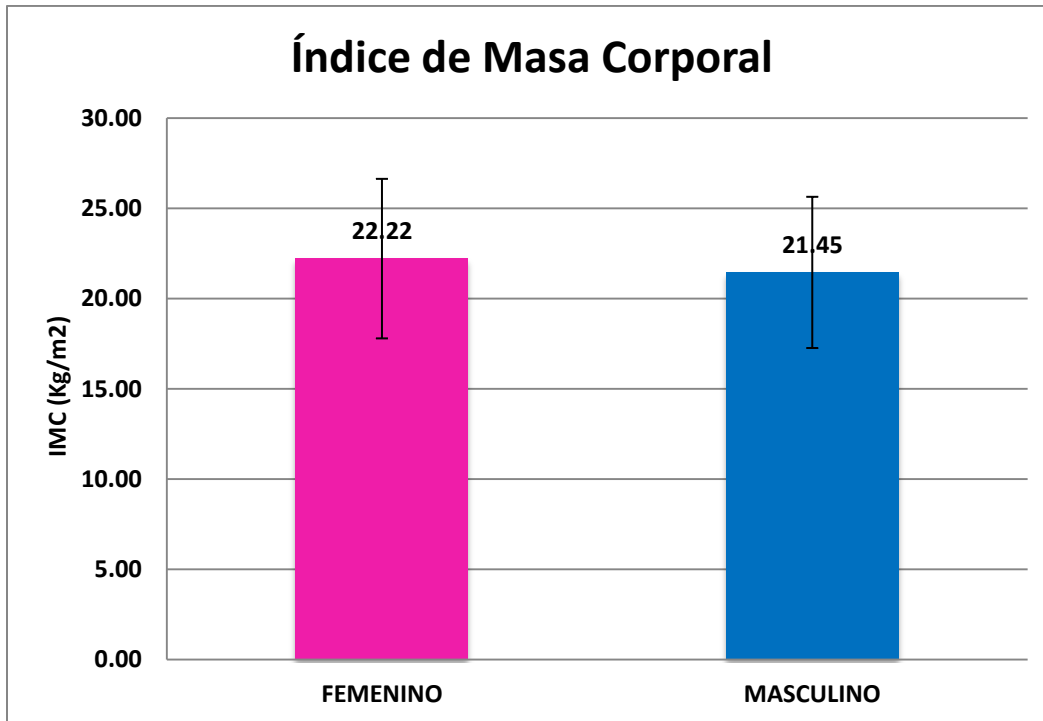


Figura 40. Comparación de IMC medio en hombres y mujeres. Desde el punto de vista estadístico no existe diferencia significativa en esta variable. K-S: $p > 0.05$, "t" de Student: $p = 0.370$

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", $n = 102$ alumnos

EL IMC de hombres respecto de las mujeres no mostró diferencias significativas a la edad de entre 11 y 15 años. ($p = 0.370$) La media del IMC femenino fue de 22.2 y la de hombres fue de 21.4

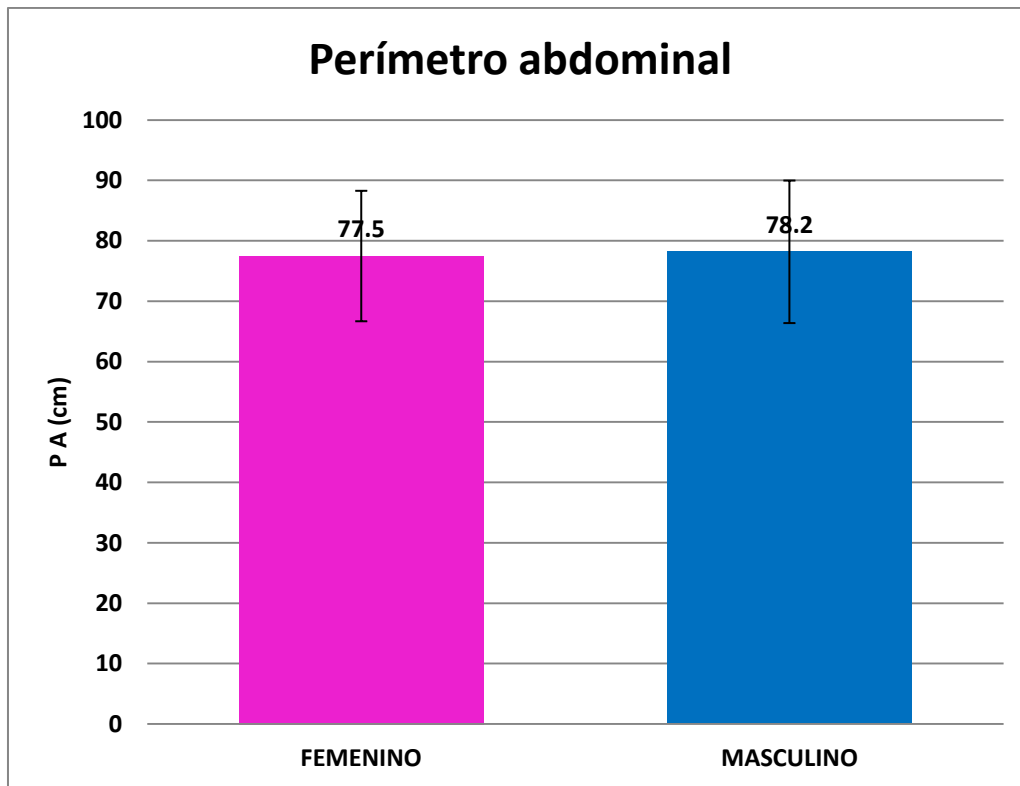


Figura 41. Comparación de Perímetro abdominal medio en hombres y mujeres. Desde el punto de vista estadístico no existe diferencia significativa en esta variable. K-S: $p > 0.05$, "t" de Student: $p = 0.685$

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", $n = 102$ alumnos

Este indicador es muy importante para relacionarlo con el síndrome metabólico, sin embargo vemos que no existen diferencias significativas en el PA de hombres y mujeres ($p = 0.685$)

El PA medio de las mujeres fue de 77.5 y el de los hombres fue de 78.2, podemos además decir que estos valores medios están muy por debajo del percentil 75 el cual con fines prácticos fue considerado como riesgo a la salud.

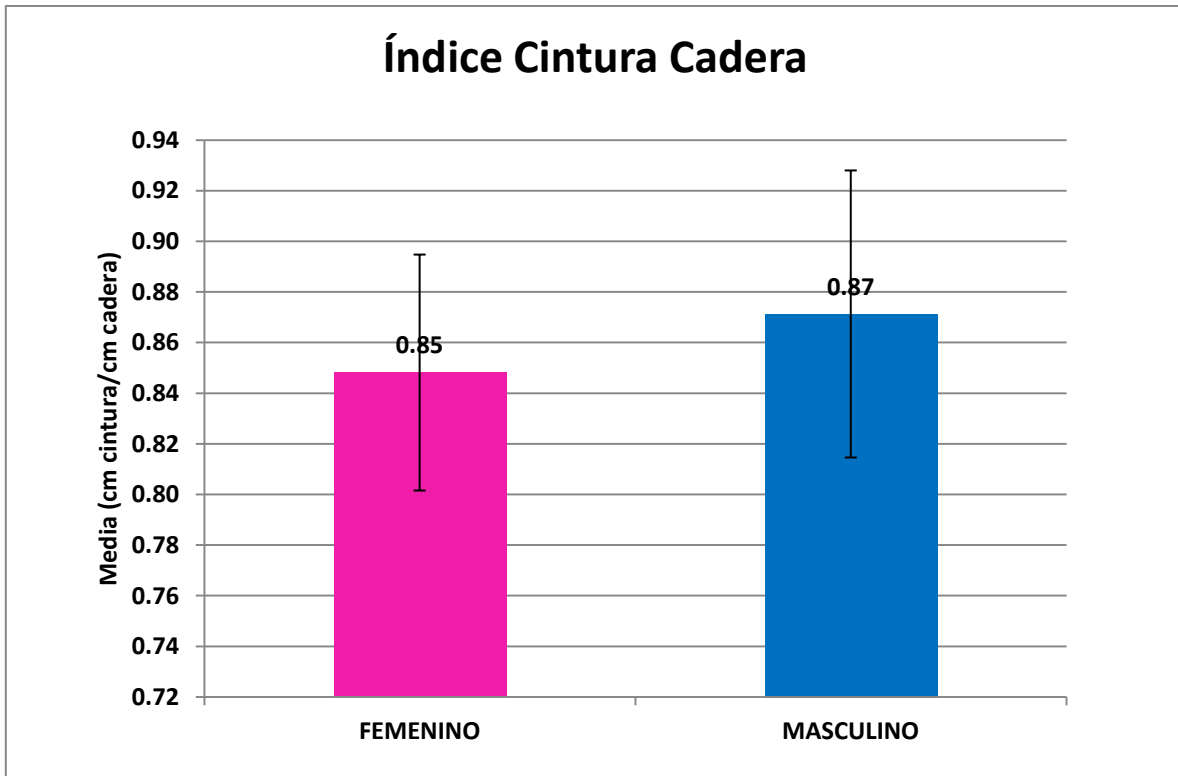


Figura 42. Comparación de ICC medio en hombres y mujeres. Desde el punto de vista estadístico si existe diferencia significativa en esta variable. K-S: $p > 0.05$, "t" de Student: $p = 0.028$

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", $n = 102$ alumnos

Este indicador ICC es también importante para determinar riesgos a la salud. La media del ICC en mujeres fue de 0.85 y en hombres fue de 0.87. Sin embargo, el análisis estadístico mostró que si es significativamente mayor el ICC de los hombres respecto al de las mujeres.

➤ **Comparación entre hombres y mujeres respecto a indicadores clínicos**

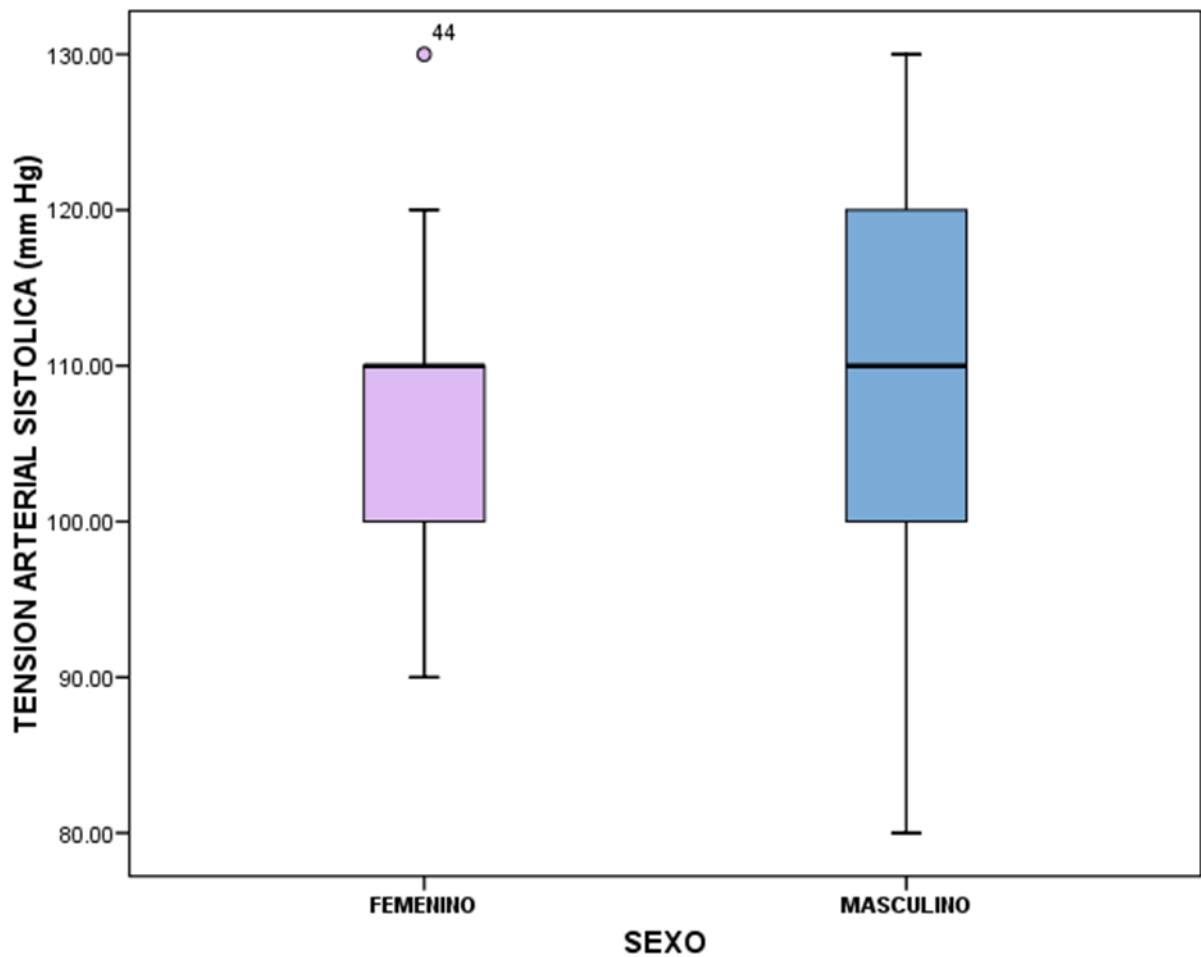


Figura 43. Comparación de la tensión arterial sistólica en hombres y mujeres. K-S: $p < 0.05$, Mann Whitney: $p = 0.205$

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", $n = 102$ alumnos

La TAS en ambos sexos tuvo una mediana de 110 mm de Hg. No se observaron diferencias significativas ($p = .205$) En mujeres la TAS mínima fue de 80 y la máxima de 120 mm Hg. En los hombres la TAS mínima fue de 80 mm de Hg y la máxima fue de 130 mm de Hg.

El caso 44, es una mujer sedentaria con los siguientes riesgos. IMC, PA, ICC, masa grasa, TAS y TAD $>$ al P75 y una masa muscular \leq al P75.

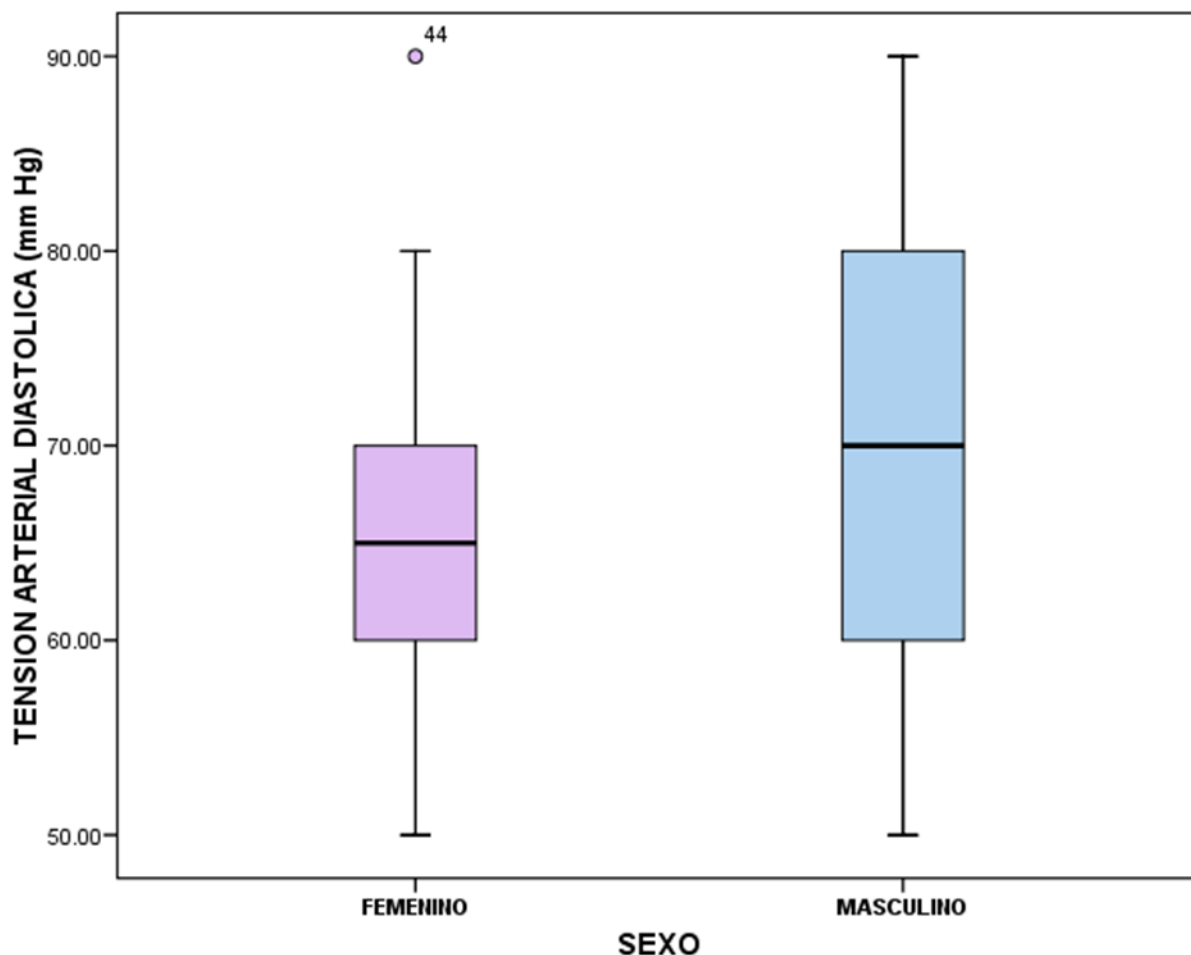


Figura 44. Comparación de la tensión arterial diastólica entre hombres y mujeres.

K-S: $p < 0.05$, Mann Whitney: $p = 0.076$

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", $n = 102$ alumnos

La TAD en mujeres tuvo una mediana de 65 mm de Hg y en hombres fue de 70 mm Hg. En mujeres la TAD mínima fue de 50 y la máxima de 80 mm Hg. En los hombres la TAD mínima fue de 50 mm de Hg y la máxima fue de 90 mm de Hg.

El caso 44, es una mujer sedentaria con los siguientes riesgos. IMC, PA, ICC, masa grasa, TAS y TAD $>$ al P75 y una masa muscular \leq al P75.

➤ **Asociación entre sedentarismo e indicadores de la composición corporal en hombres y mujeres.**

Con base en los criterios establecidos en la tabla 16, se procedió a determinar la asociación entre el sedentarismo y algunos indicadores de la composición corporal, factores clínicos y antropométricos.

Indicador de la CC	Variable dependiente	"t" Student			
		n	Media	DS	p
PESO ÓSEO (Kg)	NO SEDENTARIO	43	10.0	2.1	0.389
	SEDENTARIO	59	10.4	2.7	
PESO VISCERAL (Kg)	NO SEDENTARIO	43	12.5	2.6	0.399
	SEDENTARIO	59	13.0	3.3	
PESO MUSCULAR (Kg)	NO SEDENTARIO	43	16.6	3.6	0.022
	SEDENTARIO	59	15.0	2.8	
PESO DE LA MASA GRASA (Kg)	NO SEDENTARIO	43	12.5	6.8	0.070
	SEDENTARIO	59	15.3	8.1	
PESO DEL AGUA CORPORAL (Kg)	NO SEDENTARIO	43	31.0	6.4	0.393
	SEDENTARIO	59	32.3	8.3	

Tabla 18. Comparación de los indicadores de la CC en sujetos sedentarios y no sedentarios. Test "t" de Student para muestras independientes. Nivel de significancia: $p \leq 0.05$

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", n =102 alumnos

Un análisis comparativo entre los indicadores de la CC en sujetos sedentarios y no sedentarios, mostró lo siguiente: EL peso esquelético fue igual en ambos grupos, lo mismo que el peso visceral y el peso del agua corporal. Véase el valor de p en la tabla 18. El peso de la masa muscular presentó diferencias significativas, siendo mayor en los sujetos no sedentarios respecto a los sedentarios. (P = 0.022)

La comparación del peso de la masa grasa mostró una diferencia importante, ya que en los sujetos sedentarios fue de 15.3 Kg en promedio y en los no sedentarios fue de 12.5 Kg, sin embargo para el rigor establecido en esta tesis no fue significativa la diferencia ($p = 0.070$)

SEXO	INDICADOR	χ^2	Fisher	RM	IC Inf	IC Sup
FEMENINO	MASA LIBRE DE GRASA (Kg)	0.731	0.999	0.7	0.1	3.1
MASCULINO	MASA LIBRE DE GRASA (Kg)	0.991	0.999	0.9	0.2	3.4
FEMENINO	MASA GRASA (Kg)	0.731	0.743	0.7	0.2	3
MASCULINO	MASA GRASA (Kg)	0.093	0.113	3.3	0.7	13.9
FEMENINO	MUSCULO (Kg)	0.731	0.743	1.2	0.3	4.7
MASCULINO	MUSCULO (Kg)	0.057	0.109	3.5	0.9	13.3

Tabla 19. Análisis de asociación entre el sedentarismo e indicadores de la CC en mujeres y hombres. IMC: Índice de masa corporal, PA: Perímetro abdominal, ICC: Índice cintura-cadera

Prueba χ^2 y Test exacto de Fisher. Nivel de significancia: $p \leq 0.05$

Razón de momios con sus intervalos de confianza al 95%

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", $n = 102$ alumnos

La determinación de asociación entre el sedentarismo y los indicadores de CC, dio como resultado que ninguno de ellos se asoció significativamente. Las mediciones epidemiológicas como la razón de momios, coincidieron al informar que no es probable que quien tenga mayor peso de masa grasa (mayor al P 75) necesariamente sea un sujeto sedentario ni en hombres ni en mujeres.

Asimismo, no es probable que quien tenga \leq al P 75 de masa muscular y masa libre de grasa sea una persona sedentaria independientemente del sexo.

SEXO	INDICADOR	X ²	Fisher	RM	IC Inf	IC Sup
FEMENINO	IMC (kg/m ²)	0.731	0.999	1.2	0.3	5
MASCULINO	IMC (kg/m ²)	0.03	0.06	4.4	1	18.5
FEMENINO	PA (cm)	0.929	0.999	1	0.2	4.3
MASCULINO	PA (cm)	0.02	0.024	6	1.1	31
FEMENINO	ICC	0.184	0.288	0.4	0.1	1.5
MASCULINO	ICC	0.054	0.065	3.8	0.9	16

Tabla 20. Análisis de asociación entre el sedentarismo e indicadores antropométricos en mujeres y hombres. IMC: Índice de masa corporal. PA: Perímetro abdominal. ICC: índice cadera cintura.

Prueba X² y Test exacto de Fisher. Nivel de significancia: $p \leq 0.05$

Razón de momios con sus intervalos de confianza al 95%

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", n =102 alumnos

La determinación de asociación entre IMC mayor al P75 y el sedentarismo mostró luego de los análisis estadísticos y epidemiológicos que en mujeres no existe tal asociación, y en hombres sí es probable que quien tenga un IMC > al P 75 pueda ser un sujeto sedentario.

Respecto al PA, en mujeres no hay ninguna asociación con el sedentarismo, sin embargo en hombres definitivamente sí la hay, por lo que es muy probable que un varón de los observados en esta tesis que tenga un PA > al P75 sea sedentario.

EL ICC mostró que no se asocia con el sedentarismo en mujeres, pero en hombres está cercano a ser probable una asociación significativa.

Los tres indicadores antropométricos son de tomarse en cuenta en los hombres, pues se relacionan muy estrechamente con el sedentarismo, lo contrario que en las mujeres en las que ninguno de los tres indicadores se asoció.

SEXO	INDICADOR	χ^2	Fisher	RM	IC Inf	IC Sup
FEMENINO	TAS (mm Hg)	0.824	0.999	0.875	0.2	3.6
MASCULINO	TAS (mm Hg)	0.277	0.463	0.8	0.1	14.5
FEMENINO	TAD (mm Hg)	0.751	0.999	0.7	0.1	3.9
MASCULINO	TAD (mm Hg)	0.121	0.21	0.4	0.1	4.8

Tabla 21 . Análisis de asociación entre el sedentarismo e indicadores clínicos en mujeres y hombres. TAS: tensión arterial sistólica. TAD: Tensión arterial diastólica.

Prueba X2 y Test exacto de Fisher. Nivel de significancia: $p \leq 0.05$

Razón de momios con sus intervalos de confianza al 95%

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 "U.R.S.S.", n =102 alumnos

El análisis de asociación entre los indicadores clínicos (TAS y TAD) con el sedentarismo, mostró que ninguno de ellos se asocia con el sedentarismo ni en mujeres ni en hombres.

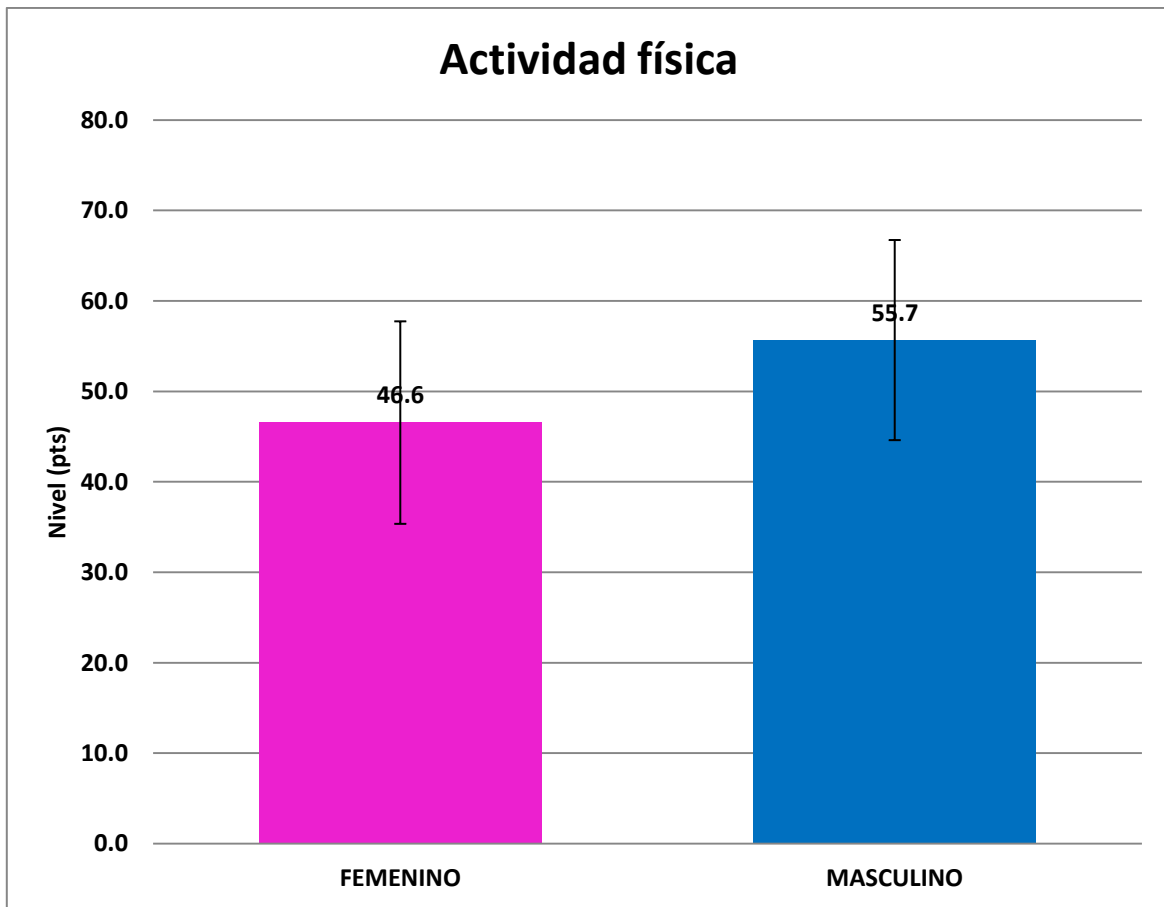


Figura 45. Nivel de actividad física en mujeres y hombres.

Prueba “t” de Student para muestras independientes. $p = 0.000$

Nivel de significancia ≤ 0.05

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 “U.R.S.S.”, N=102 alumnos

La comparación entre mujeres y hombres respecto al nivel de actividad física que dijeron desarrollar, mostró que en los hombres el puntaje medio fue de 55.7 ± 11.1 y en las mujeres fue de 46.6 ± 11.2 . El análisis demostró un mayor nivel de actividad física en hombres respecto a las mujeres ($p = 0.000$)

Esto coincide con la mayor masa muscular que presentaron los hombres durante la evaluación de la CC en esta tesis.

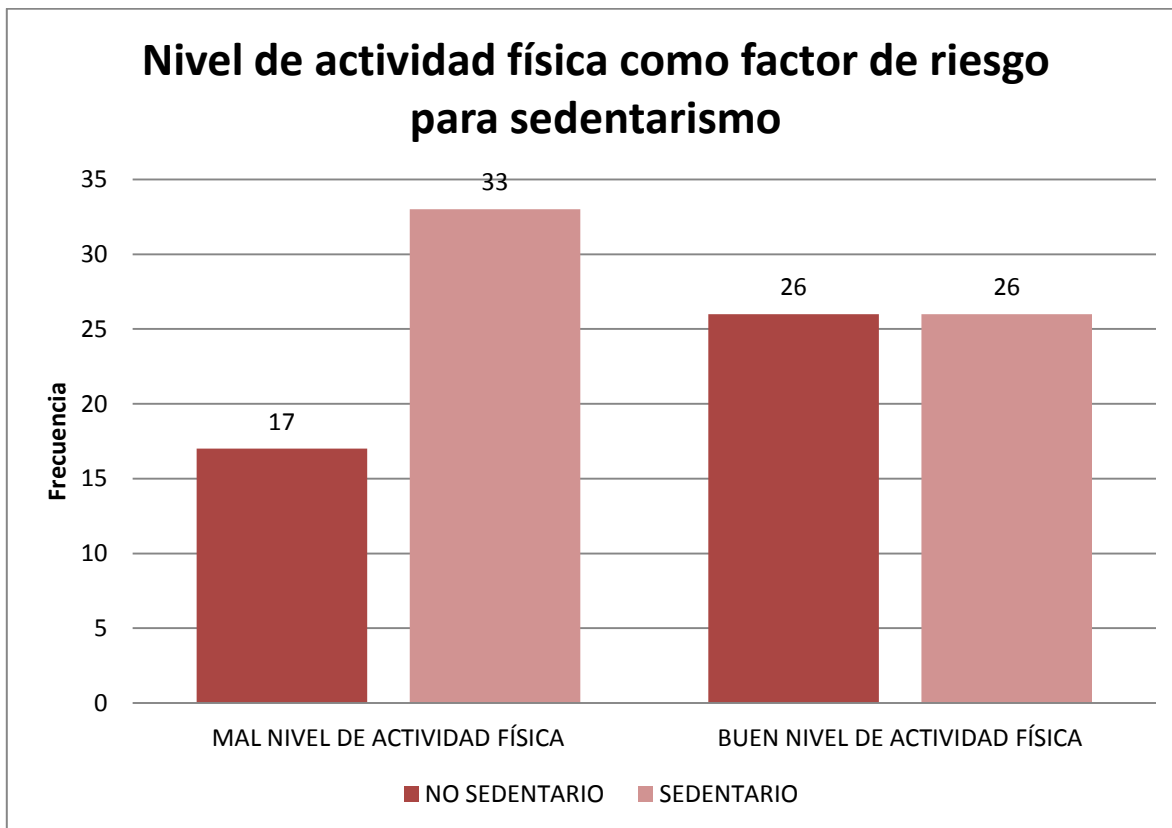


Figura 46. Nivel de actividad física como factor de riesgo para sedentarismo. Estadísticamente no existe asociación entre el nivel de actividad física y el sedentarismo. $X^2= 0.1018$, Test de Fisher= 0.0753.

Fuente: Trabajo de campo realizado de octubre a noviembre del 2011 en la Secundaria Diurna #135 “U.R.S.S.”, N=102 alumnos

Por último, se realizó un análisis de asociación entre la actividad física registrada a través de un instrumento y el sedentarismo. Los resultados mostraron que no se asocia el bajo nivel de actividad física con el sedentarismo, es probable que el instrumento de medición de la actividad física deba de ser rediseñado, aunque 33 de los 59 sujetos (56%) sedentarios, dijeron tener un mal nivel de actividad física.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

Aunque la frecuencia de sobrepeso y obesidad varía en diferentes países, muchos de ellos coinciden en reportar un incremento de este problema en la última década. En México la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006, reportó una prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños de 5 a 11 años, alrededor de 26%, para ambos sexos, aumentando un tercio la prevalencia de sobrepeso y obesidad entre 1999 y 2006, siendo de mayor prevalencia en el sexo masculino. Para la población adolescente de 12 a 19 años, uno de cada tres hombres o mujeres tienen sobrepeso u obesidad, con mayor tendencia a obesidad en las mujeres en el progreso de la edad. Mientras que en la edad adulta la prevalencia de sobrepeso fue de 39.7% y 29.9% obesidad, siendo más alta la prevalencia de obesidad en mujeres. Lo cual indica la prevalencia de obesidad en los últimos siete años en México ha aumentado alarmantemente en todos los grupos de edad, debido a los cambios en los estilos de vida, con más actividades sedentarias y malos hábitos alimenticios.

En los resultados obtenidos en esta investigación, observamos que existe asociación entre el IMC y el sedentarismo en los adolescentes de 11 a 15 años, en el sexo masculino, pero no en el femenino. Datos similares se encontraron en la investigación de Bodas A.R. y cols., en el que los niños y adolescentes con valores más bajos de resistencia, tienen menor capacidad anaeróbica, siendo mayor el IMC y el % de grasa corporal. En otra investigación realizada por de Hoyo Lora M. y cols., en población escolar Sevillana, concluyen que los sujetos estudiados que realizan actividad física monitorizada fuera del horario escolar tienen menos grasa corporal y menor sobrepeso que los que no realizan.

En el presente estudio, dentro del grupo de hombres sedentarios se muestra una prevalencia de 53.7%, respecto a las mujeres, el 62.5% son sedentarias. Como ya fue demostrado en otros estudios, es más frecuente el sedentarismo en el sexo femenino. En otras investigaciones en donde también se utilizan instrumentos que

miden el nivel de actividad física, como es el caso de Romero Rivera y cols. Se encuentra que la mayor prevalencia de sujetos inactivos (93.5%) corresponde a adolescentes del sexo femenino. Bodas A.R. y cols. en su estudio hallaron que los valores porcentuales de grasa son superiores en el sexo femenino, influyendo en la capacidad respiratoria y afectando la resistencia en este grupo.

El mayor tiempo dedicado al deporte por los hombres y no por las mujeres puede explicarse por la distribución de roles, tradicionalmente atribuido a uno y otro sexo. La mayor tendencia a la práctica de deporte por parte del sexo masculino viene facilitada por una adaptación física al mismo, por su constitución y composición corporal, con predominio del sistema musculo-esquelético. Esto hace que practiquen con más frecuencia la mayor parte de los deportes. La morfología femenina parece más adaptable a una vida más sedentaria o con menos aptitud para un ejercicio físico intenso.

Aunque se utilizó un instrumento confiable (α de Cronbach = .719) para evaluar la actividad física, no existió asociación entre la calidad de actividad física y el sedentarismo de los sujetos participantes, probablemente debido a que estos no contestaron el cuestionario con sinceridad.

En los resultados de este estudio se observa que el nivel de actividad física se presenta como un factor asociado a la composición corporal de los adolescentes, si bien se manifiesta de forma distinta en cada sexo.

En este estudio, ni en hombres ni en mujeres el sedentarismo se asoció significativamente a TAS y TAD, probablemente por tratarse de personas muy jóvenes (11 a 15 años de edad).

La comparación entre la masa muscular de hombres y mujeres, mostró que sí hay diferencia significativa ($p = 0.000$) Este compartimiento o indicador de la CC parece no ser constante en los sujetos de edades entre 11 y 15 años de edad,

sobre todo por la naturaleza misma de hombres con mayor musculatura y mujeres que tienen en general menor masa muscular que los hombres. Recuérdese que aquí está incluidos todos los músculos del cuerpo y que genéticamente los hombres desarrollan mayor musculatura que las mujeres. Nuestros resultados coinciden con los datos arrojados en las investigaciones que a continuación se mencionarán.

Morales Larramendi y cols. en su estudio obtuvieron diferencias significativas por sexo, encontrando que la masa libre de grasa y la masa muscular son superiores en el sexo masculino.

Bodas A.R. y cols. quienes concluyeron en su investigación que las capacidades de fuerza y resistencia son superiores en el sexo masculino, aumentando progresivamente con la edad.

Caballero C. et. al. en su investigación encontraron un efecto protector de la actividad física en los adolescentes varones, siendo esta la que disminuye el riesgo de obesidad y sobrepeso en adolescentes del sexo masculino, de la misma forma Cordente Martínez C. et. al. asumieron significancia entre el nivel de actividad física y la Presión Arterial diastólica, pero solo en los hombres.

Una posible explicación de la mayor masa muscular en hombres es que en ellos se desarrolla de manera natural la musculatura ya sea por causa genéticas y por el nivel de actividad física que desarrollan y que es mayor que en las mujeres como se observa en la figura 45. Probablemente casi toda la energía liberada por el metabolismo interno de los nutrientes se convierte por último en calor corporal.

Esto se aplica incluso a la energía que produce la contracción muscular, por los siguientes motivos: en primer lugar, la eficacia máxima para la conversión de la energía de los nutrientes en trabajo muscular, incluso bajo las mejores condiciones, solo es de 20 a 25%; el resto de la energía de los nutrientes se

convierte en calor durante las reacciones químicas intracelulares. En segundo lugar, casi toda la energía que se dedica a la producción de trabajo muscular sigue siendo aún calor corporal, porque toda ella, a salvo de una pequeña parte se emplea para:

- 1) Superar la resistencia viscosa al movimiento de los músculos y las articulaciones
- 2) Superar la fricción de la sangre que circula por los vasos sanguíneos
- 3) Superar otros efectos semejantes, todo lo cual convierte la energía de la contracción muscular en calor

Estos argumentos podrían explicar la menor prevalencia de sedentarismo en los hombres respecto a las mujeres, así como también la menor cantidad de masa grasa.

Las personas físicamente activas disfrutan de una mayor calidad y esperanza de vida, porque padecen menos las limitaciones que normalmente se asocian con las enfermedades crónicas y el envejecimiento. Los beneficios que el ejercicio aporta a la salud pueden notarse si se realizan actividades físicas moderadas, y son más evidentes en las personas sedentarias que cambian sus hábitos.

Existe una relación curvilínea entre la actividad física y el estado de salud del individuo, de modo que los incrementos en la actividad física y la condición física provocan mejoras adicionales en el estado de salud. Dicho de otro modo, las personas más activas físicamente presentan el riesgo más bajo de padecer enfermedades crónicas.

Con los resultados obtenidos en esta tesis, podemos suponer que los adolescentes mexicanos realizan menos actividad física moderada y vigorosa que la deseable. Sólo la tercera parte realiza el tiempo recomendado (35.2% del tiempo libre). A esto debe agregarse que más de la mitad de los adolescentes dedica más de 12 horas a la semana frente a la televisión. Esto explica el incremento de la prevalencia en sobrepeso y obesidad en este grupo de edad en México y la alta prevalencia de sedentarismo observada en esta investigación

CAPITULO VII

CONCLUSIÓN

La prevalencia de sedentarismo fue alta y se presentó sin diferencia significativa en ambos sexos. (62.5% en mujeres y 53.7% en hombres).

La mediana del peso corporal de las mujeres fue de 50.8 kg y el de hombres fue de 51.7 Kg. La mediana del peso de agua en el sexo femenino fue de 30.48 Kg y la del masculino fue del 31.05 Kg. La media de masa grasa en el sexo femenino fue de 16 Kg y la del masculino fue del 12.5 Kg. La media del peso óseo en sexo femenino fue de 10.2 Kg y la del masculino fue del 10.3 Kg. La media del peso visceral en el sexo femenino fue de 12.7 Kg y la del masculino fue del 12.9 Kg. La media del peso muscular en el sexo femenino fue de 13.6 Kg y la del masculino fue del 17.5 Kg.

El IMC de hombres respecto de las mujeres no mostró diferencias significativas a la edad de entre 11 y 15 años. ($p = 0.370$) La media del IMC femenino fue de 22.2 y la de hombres fue de 21.4 El PA medio de las mujeres fue de 77.5 y el de los hombres fue de 78.2, podemos además decir que estos valores medios están muy por debajo del percentil 75 el cual con fines prácticos fue considerado como riesgo a la salud.

La media del ICC en mujeres fue de 0.85 y en hombres fue de 0.87. Sin embargo, el análisis estadístico mostró que si es significativamente mayor el ICC de los hombres respecto al de las mujeres. La TAS en ambos sexos tuvo una mediana de 110 mm de Hg. La TAD en mujeres tuvo una mediana de 65 mm de Hg y en hombres fue de 70 mm Hg. Un análisis comparativo entre los indicadores de la CC en sujetos sedentarios y no sedentarios, mostró lo siguiente: EL peso esquelético fue igual en ambos grupos, lo mismo que el peso visceral y el peso del agua corporal. Véase el valor de p en la tabla 18. El peso de la masa muscular presentó

diferencias significativas, siendo mayor en los sujetos no sedentarios respecto a los sedentarios ($P = 0.022$).

La determinación de asociación entre el sedentarismo y los indicadores de CC, dio como resultado que ninguno de ellos se asoció significativamente. Las mediciones epidemiológicas como la razón de momios, coincidieron al informar que no es probable que quien tenga mayor peso de masa grasa (mayor al P 75) necesariamente sea un sujeto sedentario ni en hombres ni en mujeres. Asimismo, no es probable que quien tenga \leq al P 75 de masa muscular y masa libre de grasa sea una persona sedentaria independientemente del sexo.

La determinación de asociación entre IMC mayor al P75 y el sedentarismo mostró luego de los análisis estadísticos y epidemiológicos que en mujeres no existe tal asociación, y en hombres sí es probable que quien tenga un IMC $>$ al P 75 pueda ser un sujeto sedentario.

Respecto al PA, en mujeres no hay ninguna asociación con el sedentarismo, sin embargo en hombres definitivamente sí la hay, por lo que es muy probable que un varón de los observados en esta tesis que tenga un PA $>$ al P75 sea sedentario.

EL ICC mostró que no se asocia con el sedentarismo en mujeres, pero en hombres está cercano a ser probable una asociación significativa.

El análisis demostró un mayor nivel de actividad física en hombres respecto a las mujeres ($p = 0.000$).

Los resultados mostraron que no se asocia el bajo nivel de actividad física con el sedentarismo, es probable que el instrumento de medición de la actividad física deba de ser rediseñado, aunque 33 de los 59 sujetos (56%) sedentarios, dijeron tener un mal nivel de actividad física.

En vista de los resultados obtenidos, se sugiere realización de campañas de promoción de la actividad física y del fomento de deporte, especialmente en la población femenina, en donde se observa relativamente mayor prevalencia de sedentarismo y mayor peso de masa grasa así como menor peso de masa muscular.

Si bien sabemos que el sobrepeso y la obesidad pueden deberse a causas genéticas o metabólicas, esto ocurre en pocos casos, ya que en la mayoría esta patología puede estar originada principalmente por un incorrecto balance energético producido por una alta ingesta alimenticia que no se ve compensada con el gasto energético, debido a un déficit de actividad física.

Por otra parte, el número de niños y adolescentes obesos determinará el número de adultos obesos y consecuentemente de enfermos crónicos. La actividad física es un factor protector de sobrepeso y obesidad juvenil, sobre todo cuando está se combina con adecuados hábitos alimenticios. Aparte de los efectos sobre el peso del cuerpo y sobre el peso de grasa corporal, se puede preservar la masa del tejido magro, que es algo muy importante de considerar en la población en crecimiento. El metabolismo de los carbohidratos se ve normalizado, y puede haber una mejoría en el perfil de las lipoproteínas. En este sentido, como profesionales de la salud es preciso fomentar todos aquellos hábitos saludables que pueden ayudar a controlar este gran problema en materia de salud pública, a nivel familiar, escolar y social.

Es fundamental seguir trabajando con los valores de referencia de los componentes de composición corporal en la edad pediátrica y adolescente. El hecho de contar con estos valores de referencia, nos permitirá emplear en un futuro a la impedancia bioeléctrica como una herramienta de fácil aplicación para evaluar el estado nutricional.

La adolescencia constituye una población de riesgo, ya que ésta representa un período crítico en el ser humano, pues se caracteriza por el crecimiento físico y psicosocial, cambios de hábitos y estilos de vida que condicionen el bienestar y la calidad de vida del futuro adulto. Es por eso que representan un grupo vulnerable que requiere atención específica integral, sobre todo en el fortalecimiento de hábitos saludables de alimentación y actividad física, pero a la vez representa también un grupo prioritario de cuidado con el cual se debe llevar a cabo actividades de promoción a la salud, tendientes a modificar estilos de vida poco saludables, como una mala alimentación y el sedentarismo, los cuales son factores de riesgo de enfermedades crónico degenerativas, principalmente diabetes, enfermedades cardiovasculares, dislipidemias, tanto en la niñez como en la edad adulta. Por lo anterior la identificación de factores y poblaciones en riesgo debe iniciar en edades tempranas, con el fin de facilitar el diseño y focalización de intervenciones destinadas a la prevención integral y resolutiva de este grave problema de salud pública

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Marcos DJ, Núñez RGM, Salinas MA, Santos AM y Decanini AH. Obesidad como Factor de Riesgo para Trastornos Metabólicos en Adolescentes Mexicanos, 2005. Revista de Salud Pública. 2007 Junio 49;(2):181-182.
2. Organización Mundial de la Salud (OMS). Sobrepeso y obesidad. México 2005. URL disponible en <http://www.mex.ops-oms.org>. (recuperado 13-01-12)
3. Tavera HM, Michaus GG, Valanci AS. Prevalencia de Obesidad en Niños en una Población de la Ciudad de México. An. Med. (Mex). 2008; 53(2):65-68
4. Pajuelo SJ, Nolberto V, Peña A y Zevillanos L. Síndrome metabólico en adolescentes con sobrepeso y obesidad. Anuales de la Facultad de Medicina, 2007;68(2):144
5. Rodríguez PL, Treviño GC, Cantú LR, Sandoval GA. Epidemiología de la Obesidad en un área Rural de Nuevo León. Medicina Universitaria, 2006;8(32):139-142
6. Briz HFJ, Cós BAI, Amate GAM. Prevalencia de Obesidad Infantil en Ceuta. Estudio PONCE 2005. Nutr. Hosp. 2007;22(4):471-477
7. Olaiz FG, Rivera-DJ, Shamah-LT, Rojas R, Villalpando HS, Hernandez AM, Sepulveda AJ. Encuesta Nacional de Salud y Nutricion 2006. Cuernavaca, Mexico: Instituto Nacional de Salud Publica, 2006.
8. Boileau RA, Horswirr CA. Body composition in sports: Measurement and applications for weight loss and again. Exercise and sport science. Philadelphia.2000,319-338
9. Wang ZM, Heshka S, Pierson RN Jr, Heymsfield SB. Systematic organization of body-composition methodology: an overview with emphasis on componentbased methods. Am J Clin Nutr. 1995;61:457-465
10. Casanova Román I., Rodríguez Ruiz I., Rico de Cos S., Casanova Bellido M., Análisis de la composición corporal por parámetros antropométricos y bioeléctricos. An Pediatr (Barc) 2004;61(1):23-31

11. Santana PS, Espinosa BA. Composición corporal. Acta Médica 2003; 11: 26-37
12. Guyton A.C. and Hall J.E. Tratado de Fisiología Médica. Madrid, España. Ed. Elsevier. 2006.
13. Lehninger A.L. Bioquímica- Las bases moleculares de la estructura y función celular. Barcelona, España Ed. Omega. 2006
14. Resumen del informe de la comisión de expertos de la FAO/OMS. URL disponible en <http://www.iedar.es/profesionales/Los%20carbohidatos%20en%20nutricion.pdf> (Recuperado 24/09/2011)
15. De Hirolami H.D. Fundamentos de Valoración Nutricional y composición corporal. Buenos Aires, Argentina, Ed. El Ateneo. 2004.
16. Wang Z, Pierson R, Heymsfield S. The five level model: a new approach to organizing body-composition research. The American Journal of Clinical Nutrition, 1992; 56:19-28
17. Bloom Fawcett. Tratado de Histología. Madrid, España. Ed. Interamericana. 2002
18. Despopoulos A., Silbernagl S. Atlas de Fisiología. Madrid, España, Ed. Harcourt, 2001.
19. Lean M.E.J., Han T.S., Deurenberg P. Predictin body composition by densitometry from simple anthropometric measurements. Am J Clin Nutr 1996;63: 4-14
20. Basaluzzo J.M. Basaluzzo G. Método de Fraccionamiento Antropométrico. Modificaciones en el cálculo de las masas corporales. Prensa Médica Argentina 1997; 84: 836-840.
21. Romero T. Hacia una definición del sedentarismo. Revista Chilena de Cardiología. 2009;28:409-413
22. Soca, PE. El síndrome metabólico: un alto riesgo para individuos sedentarios ACIMED 2009; 20,2

23. Amarilla G, Gómez MA, Kisen BO. Guías FAC III, Comité de Epidemiología y FAC III. 4to Congreso Virtual de Cardiología, 2005; 1-4. URL disponible en <http://www.fac.org.ar/ccvc/llave/c145/c145.pdf>. (Recuperado 02-10-2011)
24. World Health Organization. World Health Report 2002. Geneva. URL disponible en <http://www.who.int/whr/2002/en/Chapter4S.pdf> (Recuperado 14-10-2011)
25. Ávila Ca., Shamah, LT., Chávez, VA., Galindo, GC. "Encuesta Urbana de Alimentación y Nutrición en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México 2002 (estrato socioeconómico bajo)". ENURBAL 2002. Nutrición Clínica, 7(2), (2004):141-2.
26. Toussaint M. Patrones de dieta y actividad física en la patogénesis de la obesidad en el escolar urbano, Bol Med Hospital Infantil de México. 2000; 11(57): 650,661
27. Pérez Fuentes A., et. al. "Propuesta de variante del test de clasificación de sedentarismo y su validación estadística". Propuesta de variante del test de clasificación de sedentarismo y su validación estadística. <http://www.fac.org.ar/fec/foros/cardtran/colab/Sedentarismo%20Cuba.htm>. (Recuperado: 15-01-2012)
28. Acosta Felquer L., De la Rosa M. "Fisiología del ejercicio". Fisiología del ejercicio. www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/...ejer/fisiologiadelejercicio.pdf. (Recuperado: 15-01-2012)
29. Mc Ardle W., Katch F., Katch V., Fundamentos de Fisiología del ejercicio. Madrid, España. Ed. Mc Graw Hill.
30. Guyton C. A. Tratado de fisiología médica. Madrid España. Ed. Mc Graw-Hill. 2001
31. López Chicharro J., Fernández Vaquero A. Fisiología del ejercicio. Madrid España. Ed. Médica Panamericana 2006.
32. Goran MI, Treuth MS, Energy expenditure, physical activity, and obesity in children. Pediatric Clinic North America 2001; 48: 931-953

33. Sibley BA, Etnier JL. The relationship between physical activity and cognition in children: a meta-analysis. *Pediatric Exercise Science* 2003, 15:243-256.
34. Wedderkopp N, Froberg K, Hansen HS, Riddoch CJ, Andersen L-B. Cardiovascular risk factors cluster in children and adolescents with low physical fitness: The European Youth Heart Study (EYHS). *Pediatric Exercise Science* 2003, 15:419-427.
35. Bass SL. The prepubertal years: a uniquely opportune stage of growth when the skeletons most responsive to exercise? *Sports Med* 2000, 30:73-78.
36. Romero Rivera I. et. al, Actividad física, horas de presencia frente a la TV y composición corporal en niños y adolescentes. *Arq Bras Cardiol* 2010; 95(2): 159-165.
37. Morales Larramendi R. et. al, Composición corporal: intervalos de lo normal en el estudio mediante bioimpedancia eléctrica de una población de referencia. *MEDISAN* 2004; 8(4):22-34.
38. Cornejo Barrera J. et. al, Composición corporal por impedancia bioeléctrica y prevalencia de sobrepeso y obesidad en escolares de Ciudad Victoria, Tamaulipas. *Revista de Endocrinología y Nutrición* 2008; 16(3): 108-113.
39. Caballero C. et. al, Obesidad, actividad e inactividad física en adolescentes de Morelos, México: Un estudio longitudinal. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición* 2007; 57(3):231-237.
40. Martínez López E., Lozano Fernández L., Zagalaz Sánchez M., Valoración y autoconcepto del alumnado con sobrepeso. Influencia de la escuela, actitudes sedentarias y de actividad física. *Revista Internacional de ciencias de deporte* 2009; 5(17): 44-59.
41. Restrepo Calle M., Monroy de Peña A., Pérez Giraldo J., Velásquez Echeverri M., Efecto de la actividad física controlada sobre la composición corporal de mujeres sedentarias posmenopáusicas. *Revista Panamericana de Salud Publica* 2003; 14(4): 229-234.

42. Cordente Martínez C., García Soidán P., Sillero Quintana M., Domínguez Romero J., Relación del nivel de actividad física, presión arterial y adiposidad corporal en adolescentes madrileños. Rev. Esp. Salud Pública 2007; 81(3): 307-217.
43. Casajús J.A., et. al, Relación entre la condición física cardiovascular y la distribución de grasa en niños y adolescentes. Apunts medicina de l'Esport 2006;41(149) : 7-14
44. Bodas A.R; Leite T.M.; Carneiro A.L.G.; Goncalves P.O.; Silva A.J.; Reis V.M. Influencia de la edad y la composición corporal de fuerza, flexibilidad y fuerza en los niños y los jóvenes. Fitness y Performance Journal 2006; 5(3); 155-160
45. Espinosa Cuevas MA, et. al. Vectores de impedancia bioeléctrica para la composición corporal en población mexicana. Revista de investigación clínica 2007;59 (1):15-24.
46. De Hoyo Lora M, Sañudo Corrales B. Composición corporal y actividad física como parámetros de salud en niños de una población rural de Sevilla. Revista Internacional de Ciencias del Deporte 2007: 3 (6); 52-62.
47. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Moreno LA, González-Gross M, Warnberg J, et al. Bajo nivel de forma física en los adolescentes españoles. Importancia para la salud cardiovascular futura (Estudio AVENA) Rev Esp Cardiol. 2005;58: 898- 909.
48. Horowitz JF, Klein S. Whole body and abdominal lipolytic sensitivity to epinephrine is suppressed in upper body obese women. Am J Physiol Endocrinol Metab 2000; 278: 1144-1152.
49. Garrow JS. Composition of the body. En Human Nutrition and Dietetics. JS Garrow-W James. 9ª Ed. Churchill Livingstone. 1993.

ANEXOS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
LICENCIATURA EN ENFERMERIA



INVESTIGACIÓN DE TESIS: ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL RELACIONADA
CON EL SEDENTARISMO

CONSENTIMIENTO INFORMADO A PADRES O TUTORES

Estimados padres:

Por medio de este consentimiento me permito informarle que con fines de estudio de investigación para mi tesis, me encuentro en la secundaria de su hijo (a), al cual de forma voluntaria se le realizará una valoración de los indicadores de la composición corporal y una prueba de sedentarismo. Con la finalidad de conocer la asociación entre la inactividad física y los riesgos de presentar sobrepeso y obesidad, ya que en la actualidad los adolescentes adoptan estilos de vida incorrectos para su salud como una alimentación rica en carbohidratos y grasas y no realizar habitualmente un deporte o actividad física, lo cual contribuye a desencadenar enfermedades como diabetes, hipertensión e infartos a temprana edad.

Ninguna de estas pruebas causa riesgo a la salud e integridad física de los adolescentes, así mismo no tienen ningún costo, serán realizadas de manera gratuita y la información sobre la valoración de su hijo (a) será mantenida en forma confidencial, protegiendo el anonimato, los derechos y bienestar de los participantes de una manera ética. La evaluación de los resultados serán presentados en la tesis titulada "Estudio de la Composición Corporal relacionada con el sedentarismo" y en ningún caso se revelará la identidad de los participantes.

Se me ha explicado con claridad y he comprendido lo que implica la participación de mi hijo (a) en esta investigación. Entiendo que la participación es voluntaria y de forma confidencial, sin ningún riesgo y costo.

Yo _____ (nombre y apellido del tutor), doy mi autorización para que mi hijo (a) _____ participe en esta investigación.

FIRMA DEL PADRE O TUTOR

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!



N° FOLIO: _____

FECHA: _____

“ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL Y SU RELACIÓN CON EL SEDENTARISMO”

MEDICIÓN DEL NIVEL DE SEDENTARISMO E INDICADORES DE COMPOSICIÓN CORPORAL

Nombre _____

Edad: _____ Género: _____ Grupo: _____ Presión arterial _____

ANTROPOMETRÍA	MEDICIÓN	TEST DE SEDENTARISMO			
		CARGA	MEDICIÓN DE FC EN 15 seg.	CATEGORÍA	RESULTADO
PESO					
TALLA		1° carga, 17 pasos/ 3´		Sedentario severo	
I.M.C.		2° carga, 26 pasos/ 3´		Sedentario moderado	
CADERA		3° carga, 34 pasos en 3´		No sedentario	
CINTURA					
ICC					

COMPOSICIÓN CORPORAL	MEDICIÓN
% DE GRASA CORPORAL	
% DE AGUA CORPORAL	
MASA ÓSEA	
MASA MÚSCULAR	

ELABORO: P.L.E. Paola A. Pérez Cruz



N° FOLIO: _____

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN LOS ADOLESCENTES

OBJETIVO: Conocer en nivel de actividad física que desarrollan los adolescentes de la secundaria

La participación en el llenado de este cuestionario es de forma voluntaria y anónima, los resultados obtenidos serán tratados de forma confidencial, solo con fines de investigación.

Aceptas participar en el estudio: (SI) (NO)

Instrucciones: Lee detenidamente cada pregunta, cada una tiene cinco posibles respuestas, marca solo un inciso o casilla con una X.

Recuerda: Contesta las preguntas de la manera más honesta y sincera. Esto es importante para conocer tus niveles de actividad física.

GRUPO: _____

EDAD: _____

SEXO: (F) (M)

I) GASTO DE ENERGÍA

1.- ¿Prácticas alguna de estas actividades en tu tiempo libre? Si tu respuesta es sí: ¿cuántas veces las realizas a la semana? (**Marca una sola casilla por actividad**)

ACTIVIDAD FÍSICA	NO PRÁCTICO	1-2 VECES	3-4 VECES	5-6 VECES	DIARIO
Patinar					
Atletismo					
Andar en bicicleta					
Aerobic/spinning					
Natación					
Jazz/danza/zumba					
Futbol					
Voleibol					
Basquetbol					
Tenis/Squash					
Pesas					
Box					
Artes marciales (judo, karate, etc.)					
Futbol americano					
Otros					

2.- ¿Cuál de las siguientes frases describen mejor tu última semana?

- a) Todo o la mayoría de mi tiempo libre lo dediqué a actividades que suponen poco esfuerzo físico
- b) Algunas veces (1 o 2 veces) hice actividades físicas en mi tiempo libre (por ejemplo, hacer deportes, correr, nadar, andar en bicicleta)
- c) A menudo (3-4 veces a la semana) hice actividad física en mi tiempo libre
- d) Bastante a menudo (5-6 veces en la última semana) hice actividad física en mi tiempo libre
- e) Muy a menudo (diario) hice actividad física en mi tiempo libre

3.- ¿Cuánto tiempo al día dedicas a realizar algún deporte o actividad física?

a) No dedico tiempo b) Menos de 30 min c) Media hora d) 30 min-1 hora e) Más de 1 hora

II) CONDICIÓN FÍSICA (CARDIOVASCULAR Y RESPIRATORIA)					
	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	ALGUNAS VECES	MUY POCAS VECES	NUNCA
4.- Al realizar ejercicio sientes que el corazón late rápidamente					
5.- Sientes que te falta aire o dificultad para respirar al realizar alguna actividad física (Por ejemplo: subir escaleras, correr, andar en bicicleta)					
6.- Te ha dolido el pecho cuando haces ejercicio					
7.- Has sufrido un desmayo al estar haciendo ejercicio o después de realizarlo					
8.- Sientes algunos de estos síntomas: dolor de cabeza, debilidad, vista nublada y mareo cuando realizas ejercicio					
9) Te cansas fácilmente y sientes que los músculos te duelen cuando ejecutas algún ejercicio.					
III) CONDICIÓN FÍSICO-MOTORA					
10) Puedes realizar ejercicios de fuerza como: levantamiento de pesas, lagartijas y ejercicios de suspensión en barra.					
11) Puedes realizar ejercicios de flexibilidad: agacharte de pie con las piernas estiradas y juntas hasta tocar el suelo con la punta de los dedos					
12) Puedes realizar ejercicios de agilidad como: saltar en cuclillas, saltos con giros y cambios de posición en el aire y marometas.					
13) Puedes realizar ejercicios de equilibrio como: ejercicios sobre un solo pie y equilibrio sobre las manos en cuclillas.					
14) En una carrera de 60 mts. quedarías dentro de los 3 primeros lugares					
IV) SATISFACCIÓN DEL EJERCICIO					
15) Al efectuar ejercicio te sientes entretenido y lleno de energía					
16) Al efectuar ejercicio te sientes aburrido y fatigado					
17) Piensas que el ejercitarte te ayuda a liberar estrés, proyecta una mejor imagen de tu persona y te ayuda a sentirte más saludable					
18) Piensas que el realizar algún deporte o actividad física te quita tiempo para tus amigos, familia, tarea, novio (a) y diversión.					
19) Al mirarte al espejo te sientes satisfecha (o) con tu imagen corporal					

¡GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!