



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Enfermería y Obstetricia

Doctorado en Ciencias de la Salud

“Valores de consumo de oxígeno y gasto energético de las actividades físicas que habitualmente desarrolla una muestra de adolescentes mexicanos habitantes del valle de Toluca”.

TESIS

Para Obtener el Grado de
Doctora en Ciencias de la Salud

Presenta:

M. en C.D. Ana Lilia Pérez Huitimea

Comité Tutorial:

Dra. Roxana Valdés Ramos

Tutor Académico

Dr. Jorge Alanís Tavera

Tutor Interno

Dr. José de Jesús Muñiz Murguía

Tutor Externo



Toluca, Estado de México

Abril 2018

DICTAMEN DE VOTOS APROBATORIOS



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Enfermería y Obstetricia
Doctorado en Ciencias de la Salud

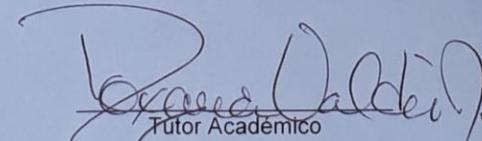
Fecha: 20 de Marzo del 2018

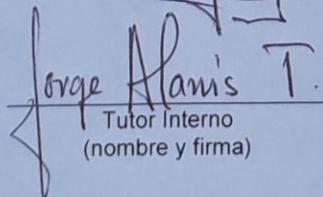
DICTAMEN DE VOTOS APROBATORIOS TESIS

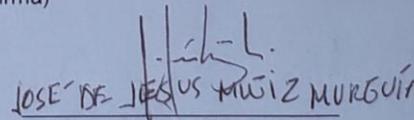
Los docentes que integran el **COMITÉ DE TUTORES** de la maestro (a): Ana Lilia Pérez Huitimea, egresado(a) del programa del Doctorado en Ciencias de la Salud de la generación 2011-2014, quien realizó el trabajo de tesis titulado: "**Valores de consumo de oxígeno y gasto energético de las actividades físicas que habitualmente desarrolla una muestra de adolescentes mexicanos habitantes del valle de Toluca**" bajo la Tutoría Académica del (la) Dr(a). Roxana Valdés Ramos, ha sido dirigido, revisado y discutido, por lo que se ha considerado **DICTAMINARLO COMO APROBADO**, ya que reúne los requisitos que exige el Artículo 75 del Reglamento de Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México.

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

"2018, Año del 190 Aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México"


Tutor Académico
(nombre y firma)


Tutor Interno
(nombre y firma)


Tutor Externo
(nombre y firma)

Paseo Tollocan s/n esq. Jesús Carranza
cal. Moderna de la Cruz, C.P. 50180
Toluca, Estado de México
Tel. (722) 2706270 / 2702357
feyo@uaemex.mx



AGRADECIMIENTOS

A la vida por permitirme llegar hasta donde voy.

A mi esposo Eduardo que ha sido el principal apoyo en esta aventura.

A mis hijas Ana Elena, Karen Julieta y Karla Paulina por ser el impulso
en esta travesía.

A mis padres, amigos y familia.

ÍNDICE

Resumen Summary

1.	ANTECEDENTES	8
1.1	Las enfermedades crónicas degenerativas asociadas al sedentarismo han aumentado su prevalencia en la población mexicana	8
1.2	El sobrepeso y la obesidad están asociados al sedentarismo.....	8
1.3	El sedentarismo como factor de génesis de obesidad.....	9
1.4	Los estudios epidemiológicos usualmente no consideran la valoración de la actividad física que realiza la población estudiada.	10
1.5	En México se han desarrollado algunos estudios exploratorios para valorar los niveles de sedentarismo de la población.....	11
1.6	Determinación del gasto energético.	13
	El agua doblemente marcada.	13
	Calorimetría Directa.	14
	Acelerómetros	14
	Fórmulas predictivas.	14
	Calorimetría indirecta.	14
1.7	Mecanismos funcionales de obtención de energía para la actividad física..	16
1.8	Cuantificación del gasto energético a partir del consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono.	17
	Mecanismos ventilatorios y captación de O ₂ en los pulmones.....	17
	Elementos sanguíneos de transporte de O ₂ y CO ₂	18
	Las concentraciones de hemoglobina y hematocrito son factores determinantes en el transporte de oxígeno a los tejidos.	19
	Captación de oxígeno en el tejido muscular.....	19
	Metabolismo energético celular (Vías aerobias de producción de energía)...	20
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
3.	JUSTIFICACIÓN	24
4.	HIPÓTESIS	25
5.	OBJETIVOS	26
6.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	26
6.1	Diseño del estudio	26
6.2	Población	26
6.3	Método de muestreo.....	26
6.4	Criterios de inclusión, exclusión y eliminación	28
6.5	Instrumentos	29
	Recolección de datos.	33
	Análisis de datos.....	35
6.8	Implicaciones Bioéticas.....	35
7.	RESULTADOS.....	37
7.1	Artículo Aceptado	37
	Carta de aceptación:	38
	Artículo enviado	54

Carta de envío del artículo	54
RESUMEN	56
ABSTRACT	56
INTRODUCCION	57
METODOLOGIA	58
RESULTADOS.....	62
DISCUSIÓN	67
CONCLUSIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
8. DISCUSIÓN GENERAL	72
9. CONCLUSIONES GENERALES.....	74
10. BIBLIOGRAFÍA	75
11. ANEXOS	80
Anexo 1: Total de actividades registradas por los adolescentes.	80
Instrumento para el Registro de actividades físicas cotidianas realizadas por adolescentes.....	82
Anexo 2. Instrumento para el registro de actividades físicas cotidianas realizadas por adolescentes.....	82

Resumen

En diversos estudios epidemiológicos se menciona el incremento en la prevalencia de obesidad y sobrepeso en niños y adolescentes, el sedentarismo es un factor importante en este problema, por lo tanto el objetivo de este estudio ha sido obtener los valores del gasto energético en kilocalorías (EEbsa Kcal/m²/min) de las Actividades Físicas Habituales Comunes (AFHC) de una muestra de adolescentes mexicanos habitantes de la ciudad de Toluca y, diseñar un instrumento que permita estimar el gasto energético por actividad física. Se determinaron las AFHC realizadas por adolescentes entre 12 y 15 años mediante una encuesta y se obtuvo el valor del gasto energético ajustado por peso corporal mediante la utilización de calorimetría indirecta (CI). Se diseñó y aplicó un instrumento para estimar el consumo de energía en esta población y finalmente, se compararon los valores obtenidos mediante CI y mediante la encuesta diseñada. El valor del gasto energético ajustado a la superficie corporal medido fue de 2.188 Kcal/día y el estimado con el instrumento de 2.125,5 Kcal/día, obteniendo una muy alta correlación de R=0,917. También se realizó una valoración cardiológica de 54 adolescentes de entre 12 y 16 años por un especialista, mediante eco cardiografía transtorácica y electrocardiografía encontrando padecimientos como: insuficiencia tricuspídea, comunicación interauricular, hipertensión arterial, insuficiencia pulmonar y taquicardia.

Abstract

In several epidemiological studies is mentioned the increase in the prevalence of obesity and overweight in children and adolescents, sedentary lifestyle is an important factor in this problem, therefore the objective of this study has been to obtain the values of energy expenditure in kilocalories (EEbsa Kcal / m² / min) of the Common Habitual Physical Activities (AFHC) of Mexican adolescents living in the city of Toluca and, to design an instrument to estimate the energy expenditure by physical activity. The AFHC were determined by adolescents between 12 and 15 years old through a survey and the value of energy expenditure adjusted for

body weight was obtained by using indirect calorimetry (IC). An instrument was designed and applied to estimate the energy consumption in this population and finally, the values obtained by means of IC were compared and through the designed survey. The value of the energy expenditure adjusted to the measured body surface area was 2,188 Kcal / day and the estimated with the instrument of 2,125.5 Kcal / day, obtaining a very high correlation of $R = 0.917$. A cardiological assessment of 54 adolescents between 12 and 16 years old was also performed by a specialist, using transthoracic echocardiography and electrocardiography, finding conditions such as: tricuspid insufficiency, atrial septal defect, hypertension, pulmonary insufficiency and tachycardia.

1. ANTECEDENTES

1.1 Las enfermedades crónicas degenerativas asociadas al sedentarismo han aumentado su prevalencia en la población mexicana

Se han realizado pocas investigaciones e intervenciones enfocadas en el riesgo de factores de enfermedades crónicas en gente joven en Latinoamérica incluido México; aunque las enfermedades crónicas constituyen la primera causa de muerte en este país. En un estudio realizado en el estado de Morelos México se investigó la prevalencia de factores de riesgo para enfermedades crónicas entre adolescentes mexicanos y encontraron prevalencia de obesidad de 21.2%. En promedio los jóvenes realizan 0.5 horas por día de ejercicio vigoroso y 3.7 horas al día miran televisión. Los resultados indican una sustancial exposición a factores de riesgo de enfermedades crónicas y sugieren una intervención y estudios capaces de explorar las causas asociadas a los riesgos de enfermedades en esta población (1).

La ENSANUT 2006 encontró que entre el 30.8% y 39.8% de la población mexicana presenta incrementos en la prevalencia de las enfermedades crónico degenerativas (sobrepeso, obesidad, hipertensión arterial) (2).

Existen investigaciones donde se reporta que la población de México-americanos presentan un elevado riesgo de salud debido a su inactividad física, además presentan mayores tasas de morbilidad y mortalidad por enfermedades crónicas como la diabetes tipo II que cualquier otro grupo étnico (3).

1.2 El sobrepeso y la obesidad están asociados al sedentarismo.

La obesidad es una enfermedad crónica de etiología multifactorial que se desarrolla a partir de la interacción de la influencia de factores sociales, conductuales, psicológicos, metabólicos, celulares y moleculares. En términos generales, se define como el exceso de grasa (tejido adiposo) en relación con el peso. Dado que el grado de adiposidad es un continuo, la definición de obesidad es un tanto arbitraria y está asociada a un estándar de normalidad. Por ello, la definición de “exceso” no es fácil e involucra el punto en el cual los riesgos para

la salud son mayores. El sobrepeso y la obesidad son el resultado de una compleja interacción entre los genes y el ambiente, que se caracterizan por un desequilibrio de energía debido a un estilo de vida sedentario, un consumo excesivo de energía o ambos. En un intento por definir la obesidad es posible partir de la determinación de los puntos en los cuales la morbilidad o mortalidad aumentan significativamente en relación directa con el volumen de la grasa corporal. Por ello los valores del índice de masa corporal (IMC) de 30 o superiores definen a la obesidad en función de este indicador (4,2).

1.3 El sedentarismo como factor de génesis de obesidad.

La prevalencia de la obesidad se ha ido incrementando en los últimos años en México. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha considerado a la obesidad como una verdadera enfermedad epidémica, “El nuevo azote de la Humanidad” (5). La “International Obesity Task Force” (IOTF) estima que habrá aproximadamente 400,000 nuevos niños obesos cada año en Europa (6). Este incremento en la prevalencia de la obesidad en niños se debe a una compleja interacción entre factores genéticos y ambientales (7). La obesidad infantil es cada día más frecuente tanto en los países desarrollados como en los económicamente emergentes, una de las causas que se presentan como de gran peso; es el modo de vida sedentario (sin descartar un condicionamiento genético) ya que éste, no es exclusivo de las clases media y alta. Los efectos de la obesidad abarcan un amplio espectro de alteraciones funcionales como lo es el aumento de resistencia a la insulina, la aterosclerosis, la hipertensión arterial, dislipidemias, e infartos al miocardio. Se ha observado una relación positiva de la obesidad infantil con la morbilidad del adulto (8). Por ello la importancia de su prevención a través de un oportuno diagnóstico.

Las altas tasas de inactividad y el consumo de dietas altamente energéticas son las principales causas de la alta prevalencia de obesidad en la niñez (9). Algunos de los efectos de la obesidad incluyen una pubertad temprana, menarquia precoz en niñas, diabetes tipo 2, incremento en la incidencia de síndrome metabólico en jóvenes y adultos, así como también obesidad en la vida adulta.

Estos cambios se asocian con enfermedades cardiovasculares, resistencia a la insulina y varios tipos de cáncer (7). También, representa la causa principal evitable de muerte prematura después del tabaquismo. Actualmente los factores más importantes subyacentes a la epidemia de la obesidad son debidos al desproporcionado consumo energético aunado a un pobre gasto (7). La inactividad física, el sobrepeso y la obesidad son más prevalentes en niños y adultos hispanos que en otros grupos étnicos. La revista Healthy People 2010 y las guías escolares de promoción de la salud, indican que las escuelas pueden proveer una oportunidad para prevenir y tratar la obesidad por medio de la promoción de actividad física y hábitos sanos de alimentación (9,10).

Existen estudios que proveen evidencia del éxito y la importancia que tienen los programas de intervención de actividad física en comunidades hispanas de bajos ingresos para retrasar exitosamente el creciente riesgo de obesidad y sobrepeso que presenta la niñez actual (9).

1.4 Los estudios epidemiológicos usualmente no consideran la valoración de la actividad física que realiza la población estudiada.

Existen indicadores para medir la ingesta energética y sus cualidades, sin embargo los indicadores para medir el gasto energético producto de la actividad física en estudios poblacionales son poco representativos de las cualidades del ejercicio físico.

En la actualidad la promoción de la práctica regular de actividad física y deportiva se ha convertido en uno de los objetivos esenciales en la política educativa en diferentes países. Numerosas investigaciones destacan que una adecuada práctica físico-deportiva contribuye al bienestar y calidad de vida en la sociedad. El ejercicio aerobio es el tipo de esfuerzo físico que ha resultado ser el más eficaz para reducir algunos marcadores de riesgo cardiovascular (11). Realizar éste tipo de ejercicio bajo determinados parámetros de frecuencia, intensidad y duración está considerado dentro de los modelos de vida saludable. Existen relaciones significativas entre la práctica de la actividad físico-deportiva y el descenso de hábitos negativos para la salud de los adolescentes, como el uso

de tabaco y alcohol. Así mismo y desde una consideración holística de la salud, hay que destacar los beneficios psicológicos y sociales de la misma que la convierten en un factor primordial para el desarrollo personal y social armónico de niños y adolescentes, además tiene una marcada influencia en el desarrollo de hábitos de práctica en la edad adulta (12).

1.5 En México se han desarrollado algunos estudios exploratorios para valorar los niveles de sedentarismo de la población.

Hernández Prado y colaboradores, desarrollaron una adecuación del *Youth Activity Questionnaire* (YAQ), para poder valorar el grado de actividad e inactividad en la población joven habitante del Distrito Federal en México (13). Esta adecuación fue aplicada en una muestra poblacional (ENSANUT 2006) para averiguar cuánto del tiempo de actividad física y el tiempo de permanencia viendo la televisión se asociaba a la prevalencia de sobrepeso y obesidad entre los adolescentes de 10 a 19 años. Este cuestionario semi cuantitativo clasifica las actividades realizadas en tres categorías de acuerdo a intervalos de gasto energético en METs; ligera: < 3 METs / hora, moderada > 3 y < 6 METs / hora, y vigorosa > 6 METs / hora. Esta encuesta no calculó el gasto energético en cada uno de los participantes, sino que fueron clasificados como inactivos, moderadamente activos y activos conforme al tiempo que destinaban para la realización de actividades que se clasificaban en las tres categorías. Esta clasificación resulta muy general y puede fácilmente caer en imprecisiones, ya que no considera aspectos individuales como la relación entre el gasto energético que la actividad física exige y el gasto energético basal o en reposo del propio individuo; o más aún, no percibe pequeñas diferencias entre quienes realizan actividades cercanas al límite superior de un intervalo con los que realizan actividades cercanas al límite inferior del mismo intervalo, finalmente ambos casos aunque con valores diferentes, caen en la misma categoría.

En otra investigación realizada también por Hernández Prado y colaboradores se diseñó un cuestionario de actividad e inactividad física basado en el formato del Youth Activity Questionnaire (YAQ) adaptado de un cuestionario

de actividad validado en adultos, a esta adecuación le nombraron: Cuestionario de actividad e inactividad de los estudiantes Mexicanos (CAINM) (14). El propósito de esta investigación fue evaluar la validez y reproducibilidad en un cuestionario auto administrado sobre actividad e inactividad física desarrollado para estudiantes de 10 a 14 años de la ciudad de México. Aunque el CAINM resultó una encuesta reproducible, se reconoció que presenta una validez pobre para medir actividad física moderada. Los investigadores concluyen que este cuestionario es adecuado para estudios que pretenden categorizar a los individuos de acuerdo con el tiempo que ven televisión (14).

El Cuestionario de Actividad Física (CAF), elaborado por la universidad de Laval, Canadá (15) fue aplicado en México para determinar si es reproducible y sensible para detectar diferencias en grupos de población mexicana con pesos normales y obesos. En este estudio, el criterio utilizado para aceptar la sensibilidad del cuestionario fue que este debía ser capaz de encontrar diferencias entre grupos, de los cuales se supiera *a priori* que tenían niveles de actividad física diferentes, comparando un grupo de jóvenes cadetes y otro de jóvenes civiles. Aunque el CAF se basa en un recordatorio de 24 horas en intervalos de 15 minutos, permite estimar el gasto energético; sin embargo solo contempla el registro de 3 días de actividad física, lo cual podría generar imprecisión en la variabilidad de actividades y por consiguiente imprecisión en el gasto energético; por otra parte las actividades que el usuario puede escoger se encuentran clasificadas en 9 categorías, perdiendo sensibilidad a las exigencias específicas de las actividades. Los investigadores mencionan que una limitante de su estudio es que los coeficientes de gasto energético por actividad que los canadienses calcularon, fueron aceptados como válidos en México; también fue necesario traducir y adaptar la redacción de las preguntas para la población mexicana; además se realizaron modificaciones en los tipos de ejercicio que se mencionan en el cuestionario de tal forma que se describen los que la población acostumbra hacer en México

1.6 Determinación del gasto energético.

El cuerpo humano requiere energía para mantener sus funciones vitales y orgánicas, y la obtiene a partir de la oxidación de macro nutrientes de los alimentos. El gasto energético puede ser considerado un proceso de consumo de energía a partir de la degradación de los sustratos de almacenamiento energético (glucógeno y ácidos grasos principalmente), en la cual el oxígeno obtenido desde los pulmones interviene en puntos cruciales del metabolismo para producir moléculas de alta energía (ATP) que serán utilizadas en la contracción muscular, dejando como residuos la producción de dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Parte de la energía producida en este proceso químico se pierde en forma de calor.

El gasto energético total que requiere el ser humano diariamente para desarrollar todas sus actividades y cubrir sus necesidades, está determinado por la suma de 3 componentes: el gasto energético basal, la termogénesis de los alimentos y la actividad física (16).

Determinar el gasto energético (GE) considerando la actividad física y el estado de salud es muy importante para ajustar el cálculo de la necesidad nutricional de cada individuo. Existen varios métodos para establecer el gasto energético los cuales dependiendo de las necesidades y propósitos, son utilizados en la práctica clínica o en estudios científicos (16).

El agua doblemente marcada.

Usa dos isótopos deuterio (^2H) y ^{18}O , que midiendo el intercambio de agua, entre $^2\text{H}_2\text{O}$ y $\text{H}_2\ ^{18}\text{O}$ y la VCO_2 , permite calcular el gasto energético, medir el agua corporal y a través de ella, la composición corporal (17,18). Mide el gasto energético a medio plazo (alrededor de 2 semanas), y al medir solo VCO_2 , incrementa la posibilidad de error en los cálculos, estos inconvenientes unidos a su costo limitan su uso.

Calorimetría Directa.

Es la medición directa de la energía en forma de calor, medida por un individuo dentro de una cámara de aislamiento, integrando el calor disipado por varios métodos; radiación, convección, conducción a través de la superficie corporal, evaporación de la piel y pulmones, excreción por la orina y heces. Es el método más preciso y costoso, actualmente limitado al campo de la investigación, ya que exige un aparataje costoso, un largo tiempo de estabilización y estudio y no permite identificar el tipo de nutrimento oxidado preferentemente (17).

Acelerómetros

Medidores portátiles (acelerómetros) colocados con una banda sobre el tríceps o el tobillo monitorizan parámetros fisiológicos: flujo de calor, temperatura de la piel y movimientos, deduciendo el gasto energético (6,19) pero comparados con la calorimetría indirecta, en sujetos sanos y obesos, han mostrado una pobre concordancia (17).

Fórmulas predictivas.

Las fórmulas o ecuaciones predictivas para el cálculo del gasto energético se empezaron a desarrollar incluso antes de que los sistemas de Calorimetría Indirecta entraran en práctica. Las múltiples fórmulas existentes se calculan en más de 200; los parámetros usados, los grupos a quien se aplican y su validación, merecen una específica y extensa revisión. En su contra, tienen que al tratarse de unas formulaciones muy estáticas, no pueden captar todas las circunstancias que influyen cuando se efectúa la medición por Calorimetría Indirecta y los otros cambios en el gasto energético de los pacientes (17).

Calorimetría indirecta.

Es el método más viable y referido para determinar el gasto energético durante la actividad física; puede dar cuenta con alto nivel de precisión de los

nutrimentos que preferentemente oxida el sujeto, ayudando a introducir modificaciones más asertivas en el soporte nutricional. Su medición exige además de un equipo específico, un completo conocimiento de las estrictas normas que han de realizarse para que sus resultados sean fiables (16,17).

Es muy conocida entre la mayoría de los autores, es una técnica no invasiva y un método muy exacto y su error es menos del 1%, tiene alta reproducibilidad y ha sido considerada como el método del estándar de oro pero a la vez exige una metodología estricta. Este método permite estimar gasto energético basal (GEB) y gasto energético en reposo (GER) y también permite identificar qué sustratos energéticos están siendo predominantemente metabolizados por el cuerpo en un momento específico (16). Es un método de determinación de las necesidades energéticas de un individuo mediante el cálculo del GER como mayor componente del gasto energético total (GET). Éste método permite estimar el gasto metabólico de forma indirecta mediante el estudio del intercambio gaseoso midiendo el consumo de O_2 (VO_2) y la producción de CO_2 (VCO_2). Se asume, por lo tanto que la oxidación de los sustratos consume O_2 y produce CO_2 y H_2O , y que las pérdidas urinarias de nitrógeno reflejan la oxidación de las proteínas en el cuerpo humano, el cual en condiciones habituales no supera el 5%. Este método asume 3 principios: (17,16)

- Todo el O_2 consumido es usado en el metabolismo oxidativo.
- Todo el CO_2 expirado deriva de la completa oxidación de sustratos.
- Todo el nitrógeno que resulta de la oxidación proteica se elimina por la orina en forma de urea pudiendo ser medido.

La completa oxidación de cada uno de los nutrimentos requiere una cantidad diferente de consumo de oxígeno para ser comparado con la producción de dióxido de carbono. La proporción de CO_2 producido y oxígeno consumido dan el (RQ) Cociente Respiratorio, este provee información cuantitativa a cerca de los macro nutrimentos metabolizados para obtener energía, El RQ igual a 1.00 para hidratos de carbono, 0.70 para lípidos y 0.82 para proteínas. Para cada RQ corresponde un valor energético por litro de oxígeno consumido. La relación RQ-

kcal provee una forma precisa de determinar gasto energético durante el ejercicio. (20).

1.7 Mecanismos funcionales de obtención de energía para la actividad física

Todas las respuestas fisiológicas registradas durante el ejercicio físico dependen de la duración y la intensidad de este.

Los músculos no pueden extraer directamente la energía útil para su contracción a partir de los alimentos, el organismo dispone de un intermediario entre la energía liberada por los alimentos y la energía necesaria para la contracción muscular. Este intermediario es un compuesto fosforado: el ATP o adenosíntrifosfato, cuya ruptura libera la energía que la célula muscular puede utilizar directamente para contraerse. Por lo tanto el ATP es un verdadero “intermediario energético” entre los músculos y los nutrimentos, es indispensable para el organismo puesto que una célula sin ATP muere rápidamente. La estructura del ATP consta de 3 partes una molécula de adenosina, una molécula de azúcar ribosa, y tres grupos fosfato enlazados. El ATP se forma a partir de la combinación de (ADP) con un fosfato inorgánico (Pi), es decir, aportado por la alimentación. Esta asociación requiere una gran energía (7 kcal por cada molécula de ATP sintetizada a partir del ADP y del Pi). Una parte de esta energía se almacena en los enlaces químicos entre el ADP y el Pi. Por eso estos últimos se consideran enlaces de “alta energía”. Cuando la enzima ATPasa rompe este enlace, la energía (las 7 kcal que habían permitido formar el ATP) se libera. La síntesis de ATP permite disponer inmediatamente de energía para la contracción muscular; dichos depósitos raramente disminuyen gracias a la movilización de otros compuestos fosforados, moléculas que permiten volver a sintetizar rápidamente ATP y aportar la energía necesaria para la contracción muscular (20,21).

1.8 Cuantificación del gasto energético a partir del consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono.

Mecanismos ventilatorios y captación de O₂ en los pulmones

La respiración tiene dos definiciones fisiológicas: La respiración pulmonar y la respiración celular. La primera hace referencia a la ventilación que comprende los movimientos de inspiración y espiración y a los intercambios gaseosos de O₂ y CO₂; por otra parte la respiración celular se refiere a la utilización del oxígeno y a la producción de dióxido de carbono de los tejidos (21). Una vez que se ha difundido de los alveolos a la sangre pulmonar, el oxígeno se transporta, principalmente combinado con la hemoglobina a los capilares tisulares donde se libera para ser utilizado por las células. La presencia de hemoglobina en los eritrocitos permite a la sangre transportar entre 30 y 100 veces más oxígeno del que podría transportarse simplemente en forma de oxígeno disuelto en el agua de la sangre (22).

La primera función del sistema respiratorio es suministrar un medio de intercambio gaseoso entre el organismo y el ambiente. De esta manera, el sistema respiratorio provee a la sangre del oxígeno que utiliza el organismo, y elimina el dióxido de carbono (CO₂) producido por el metabolismo. Los intercambios de O₂ y CO₂ entre el pulmón y la sangre aparecen como resultado de la “ventilación” y de la “difusión”. La palabra ventilación hace referencia al proceso mecánico de los desplazamientos del aire en el interior y exterior del pulmón y la difusión es el movimiento aleatorio de las moléculas de una zona de elevada concentración hacia una zona de baja concentración. Puesto que la presión de oxígeno es mayor en los pulmones que en la sangre, el oxígeno se desplaza de los pulmones a la sangre. Según el mismo principio, el intercambio de CO₂ entre la sangre y el pulmón se realiza en sentido inverso. La presión de CO₂ es superior en la sangre, lo que desplaza este gas hacia los pulmones, la difusión es extremadamente rápida debido a las grandes superficies de intercambio pulmonar con la sangre, que reduce la distancia de difusión entre ella y los pulmones. El resultado es que las presiones de O₂ y CO₂ de la sangre que sale del corazón están en equilibrio con las presiones de O₂ y CO₂ del pulmón. Esto explica la eficacia de la función

pulmonar, incluso a débitos ventilatorios elevados (21). En las células de los tejidos, el oxígeno es utilizado a nivel de la cadena respiratoria formando grandes cantidades de CO₂ que entra a los capilares tisulares y es transportado de nuevo hacia los pulmones. El CO₂, como el O₂, también se combina con sustancias químicas en la sangre que aumentan entre 15 y 20 veces su transporte (22). En condiciones normales de reposo, se transporta un promedio de 4 mililitros de CO₂ desde los tejidos a los pulmones por cada 10 ml de sangre.

Elementos sanguíneos de transporte de O₂ y CO₂.

El volumen total de sangre en un adulto normal es alrededor de 6 litros, esto equivale al 7 u 8% del peso corporal total. La sangre es impulsada a través del aparato cardiovascular por la acción de bomba de corazón para llegar a todos los tejidos del organismo. Entre sus funciones está la de transportar sustancias nutritivas y oxígeno hacia las células. Las células sanguíneas incluyen los eritrocitos o glóbulos rojos, los leucocitos también llamados glóbulos blancos y los trombocitos o plaquetas. El volumen de los eritrocitos compactados en una muestra de sangre recibe el nombre de hematocrito, éste se obtiene mediante la centrifugación de una muestra de sangre en un tubo capilar, el valor porcentual que ocupa el compactado representa el valor de hematocrito en sangre. Los valores normales oscilan entre 39 y 50% en varones y entre 35 y 40% en mujeres.

Los eritrocitos o hematíes, fijan oxígeno dentro del torrente circulatorio a la altura de los pulmones para entregarlo a los tejidos, este transporte lo hacen mediante la proteína hemoglobina (22,23), la cual se encuentra en grandes concentraciones dentro de estas células. La hemoglobina se compone de 4 cadenas polipéptidas, cada una de las cuales forma un complejo con un grupo hem que contiene hierro. Por otra parte los eritrocitos también fijan dióxido de carbono a la altura de los tejidos para entregarlo a los pulmones. A la disminución de la concentración de la hemoglobina en la sangre para la edad y el sexo del sujeto se le denomina anemia, la mayoría de las anemias son causadas por una reducción en la cantidad de eritrocitos. Entre las causas de las anemias se encuentran las hemorragias, la producción eritrocítica insuficiente, o la destrucción

acelerada de los eritrocitos en la circulación. La ingesta con insuficiencia de hierro o las deficiencias vitamínicas como B₁₂ o de ácido fólico, pueden disminuir la producción eritrocítica (23).

Las concentraciones de hemoglobina y hematocrito son factores determinantes en el transporte de oxígeno a los tejidos.

Un gramo de hemoglobina (Hb) puede fijar 1.34 ml de O₂, de manera que la cantidad de oxígeno que se transporta por unidad de volumen sanguíneo depende de la concentración de hemoglobina. La concentración normal de Hb de un hombre y una mujer sanos es, respectivamente alrededor de 150 y 130 g por litro de sangre. Puesto que 1 gramo de Hb puede fijar 1,34 ml de O₂, la capacidad de transporte de oxígeno sería para el hombre y la mujer de 200 y 174 ml por litro de sangre aproximadamente (21).

Existen estudios que han detectado una disminución significativa del consumo máximo de oxígeno (VO₂max) entre personas con anemia (24,25) lo que evidencia que deben ser considerados las concentraciones de hematocrito y hemoglobina en sangre cuando se realizan estudios sobre el consumo de oxígeno (VO₂).

Captación de oxígeno en el tejido muscular.

La mioglobina es el transportador de oxígeno en el músculo esquelético y cardíaco, actúa como una lanzadera intracelular para el oxígeno, transportándolo desde la membrana celular muscular hasta las mitocondrias, que lo utilizan en la cadena respiratoria (en las crestas mitocondriales). Las fibras oxidativas que poseen un elevado metabolismo aeróbico contienen más mioglobina que las fibras glucolíticas. La diferencia de estructura entre la mioglobina (cuatro veces más ligera) y la hemoglobina tiene por efecto una mayor afinidad de la mioglobina por el oxígeno, Por tal motivo la pendiente de la curva de disociación de oxígeno es más marcada para las presiones de oxígeno sanguíneas inferiores a 20 mmHg, por eso la mioglobina se descarga a valores menores de presión de oxígeno (PO₂) que la hemoglobina, lo que favorece el suministro de oxígeno a la mitocondria. La diferencia de afinidad para el oxígeno de la hemoglobina y mioglobina contribuye a

asegurar el transporte de oxígeno en la sangre para cederlo después a las células mediante la mioglobina; por eso el oxígeno se libera fácilmente para ir a las mitocondrias, que lo utilizarán como aceptor final de electrones (21).

Metabolismo energético celular (Vías aerobias de producción de energía).

El sistema aerobio consiste en la oxidación de los sustratos alimenticios en las mitocondrias para obtener energía. Es decir la glucosa, los ácidos grasos y las proteínas de los alimentos, después de alguna preparación intermedia, se combinan con el oxígeno y liberan enormes cantidades de energía que se utilizan para convertir el AMP y el ADP en ATP (22). El ejercicio de mayor duración (superior a 10 minutos) necesita la oxidación completa de las reservas de glúcidos y/o ácidos grasos en la mitocondria. La completa oxidación de las reservas de glúcidos y de glucógeno deberá dar 70 moles de ATP y permitir realizar un ejercicio de 93 minutos al 70% del VO_2 máximo. Los depósitos de ácidos grasos permiten suministrar ATP durante varios días y no constituyen un factor limitante para un ejercicio de una potencia inferior al 30-50% del máximo consumo de oxígeno (VO_2 máx.).

Debido al alto índice de sobrepeso, obesidad, sedentarismo y enfermedades crónicas degenerativas que se presentan en México, es importante el diseño y utilización de instrumentos que nos ayuden a cuantificar la actividad física que se realiza y a estimar el gasto energético producido por la misma, para así, poder realizar estudios epidemiológicos y el mejoramiento de la salud

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A partir de la última década del siglo XX, los estudios epidemiológicos poblacionales llevados a cabo en varias regiones del mundo revelaron un incremento sustancial en la prevalencia de alteraciones en la salud asociadas a la vida sedentaria (obesidad, hipertensión, infartos al miocardio, intolerancia a la glucosa) entre los adultos; aunque los estudios poblacionales más recientes como la ENSANUT 2006 han detectado que esos problemas comienzan a presentarse con más frecuencia entre los niños y los adolescentes.

Es muy probable que la población infantil y juvenil de México esté siendo severamente afectada en su salud debido al pobre gasto energético que la vida actual le exige, lo anterior se apoya no solo en la prevalencia de obesidad sino también en investigaciones de corte psicológico llevadas a cabo en Norteamérica, Europa y Asia (26), que han constatado un descenso progresivo en la práctica físico-deportiva desde la etapa escolar inicial, acentuándose de gran manera en la adolescencia, siendo las mujeres las más afectadas (12,10).

En México se han desarrollado pocas investigaciones orientadas a conocer el fenómeno de la falta de actividad física y los problemas de salud entre adultos y jóvenes. Investigadores del Instituto Nacional de Salud Pública en México han desarrollado algunos estudios relacionados con el nivel de actividad física entre los jóvenes (13-15), que permitieron estructurar un instrumento que formó parte de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) en 2006 para valorar el nivel de actividad física o sedentarismo de la población. Sin embargo, esta encuesta solo permite obtener datos muy generales, ya que se enfoca principalmente a determinar el tiempo de inactividad (ver televisión), sobre el cual se clasifica al encuestado en un nivel preestablecido de sedentarismo, por consiguiente no considera las cualidades y el costo energético que exigen muchas otras

actividades, además de que éstas deben ajustarse al gasto energético basal; pudiendo verse afectada la apreciación del nivel de sedentarismo de una población. Por lo anterior resulta de gran importancia el contar con un instrumento o herramienta que permita valorar el nivel de actividad o sedentarismo de la población infantil y juvenil, a partir de la estimación de parámetros funcionales como el gasto energético en Kilocalorías que exigen las actividades físicas cotidianas; permitiendo poder comparar con más precisión la misma población en diferentes puntos del tiempo y con ello proponer y evaluar acciones encaminadas al incremento de la actividad física y evitar los efectos nocivos del sedentarismo.

Para tener elementos de apoyo en la estructuración de un instrumento de campo como una encuesta o recordatorio que pueda ser utilizado en estudios poblacionales de gran escala y estimar con alta precisión el gasto energético producto de la actividad física, primeramente se debe partir de los valores medidos de gasto energético de las actividades que habitualmente realiza la población para la que se quiere realizar la encuesta; en este caso los adolescentes de la zona urbana de la Ciudad de Toluca con edades entre 12 y 15 años de edad; éstos valores medidos en términos absolutos (Kcal) requieren de ajustarse a variables que eliminen lo más posible las diferencias entre los sujetos y algunas condiciones del medio ambiente; el peso corporal (PC) y el tiempo(t) son dos variables que eliminan los efectos de diferencias entre sujetos y el medio ambiente, por lo que los valores de gasto energético tendrán más homogeneidad para caracterizar una población si se ajustan al peso corporal y al tiempo, es decir obtener unidades de Kcal/kg/min. Es necesario que los valores de gasto energético en medida de Kcal/kg/min mantengan homogeneidad, esto es que las variaciones ente los sujetos sean mínimas para que puedan ser considerados como sólidos referentes para la estructuración de un instrumento de campo; pero a pesar de las consideraciones que se han mencionado no se puede garantizar que se

obtendrá una variación mínima entre los valores de los adolescentes en los que se mida el gasto energético, de los valores medidos en cada actividad habitual (su ejecución debe haber sido constante cuando menos las últimas 8 semanas, con una frecuencia mínima de una vez a la semana y una duración mínima de 15 minutos) en unidades de Kcal/kg/min, los cuales muestran un nivel de variación aceptable (<5% del coeficiente de variación (CV)) y se estructure el instrumento de campo el cual debe estimar un valor final de gasto energético muy cercano al valor medido.

3. JUSTIFICACIÓN

La vida sedentaria se ha hecho común entre los adolescentes (27). Se ha demostrado que la actividad física disminuye el riesgo de desarrollar obesidad, hipertensión, diabetes y dislipidemias que generalmente son diagnosticadas en la adultez (12) En México se han desarrollado estudios epidemiológicos escasos que dan cuenta del nivel y tipo de actividad física que la población realiza en sus diferentes segmentos incluida la población en edad escolar que va de los 6 a los 15 años; en consecuencia es necesario que las investigaciones de salud pública, consideren como un factor relevante la evaluación de las actividades físicas que la población realiza apoyándose para ello de la utilización de instrumentos específicos para los grupos de población a los que va dirigido el estudio.

La valoración minuciosa del costo energético que implica la actividad física así como las cualidades: duración e intensidad son fundamentales para poder evaluar su efecto en la prevalencia de enfermedades asociadas al sedentarismo; además también permitiría evaluar el impacto de los programas gubernamentales que buscan desarrollar hábitos de ejercitación.

Existen varios métodos para estimar los niveles de gasto energético como el método del agua doblemente marcada pero su utilización en estudios poblacionales resulta inviable debido a los altos costos que representa y la dificultad de manejo del proceso experimental con grandes grupos de personas. Por otra parte existen encuestas que valoran el nivel de actividad física, sin embargo pueden caer fácilmente en imprecisiones y es difícil establecer el costo energético que representa la actividad física además de no poder determinar el tipo o características de las actividades que se realizan, sus resultados se reducen a una clasificación de 3 ó 4 categorías (18).

Los patrones diarios de actividad no son constantes pero es posible comparar o evaluar los distintos tipos de movimiento en cada actividad física expresándolo como intensidad en términos de gasto energético por unidad de tiempo. Es importante hacer notar que el gasto energético llega a

ser mayor con el incremento de la masa corporal, aún si la actividad se realiza con la misma intensidad (28).

El sedentarismo es un factor de peso para la génesis y prevalencia de afecciones como la obesidad y el sobrepeso entre los adolescentes, que no está siendo considerada con la suficiente profundidad en los estudios poblacionales de salud desarrollados en México, probablemente a consecuencia de la carencia de un instrumento preciso y viable de ser aplicado a gran escala el cual refleje el gasto energético (Kcal), el volumen, la intensidad y la frecuencia de las actividades. Esta investigación puede dar pie para estructurar un instrumento válido y aplicarse en estudios epidemiológicos poblacionales de manera confiable para estimar el gasto energético por actividad física.

4. HIPÓTESIS

Hipótesis alterna:

H₁: Los valores medidos de gasto energético (Kcal/kg/min) presentan una variación baja (CV <5%) entre los adolescentes en cada una de las actividades habituales

H₂: La correlación entre el valor de gasto energético medido y el valor de gasto energético estimado será alta y significativa.

Hipótesis nula:

H₀: Los valores medidos de gasto energético (Kcal/kg/min) presentan una variación alta (CV >5%) entre los adolescentes en cada una de las actividades habituales.

H₀: La correlación entre el valor de gasto energético medido y el valor de gasto energético estimado será baja y no significativa.

5. OBJETIVOS

Objetivo general

Obtener en un grupo representativo de adolescentes los valores promedio de gasto energético al desempeñar las Actividades Físicas Habituales Comunes (AFHC).

Objetivos específicos

1 Identificar las actividades físicas que habitualmente realizan los adolescentes de 12 a 15 años que viven en la zona urbana de Toluca, quedando clasificadas como las actividades físicas comunes habituales (AFHC).

2 Establecer la homogeneidad del gasto energético del valor ajustado al peso corporal y al tiempo (Kcal/kg/min).

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 Diseño del estudio

Es un estudio de tipo Transversal descriptivo

6.2 Población

Adolescentes entre 12 y 15 años estudiantes de educación media básica habitantes de la zona urbana de Toluca.

6.3 Método de muestreo

Por conveniencia, ya que los adolescentes fueron invitados a participar en el estudio y los que aceptaron participar requirieron el consentimiento de sus padres.

Tamaño de muestra

La primera parte del estudio correspondió al tipo de estudio descriptivo que buscaba establecer una proporción, en este caso se buscaba estimar la proporción de la población que debía ser estudiada para obtener las actividades físicas más comunes, se puede partir de los resultados de la ENSANUT 2006; la cual obtuvo que el 15.4% de los adolescentes entre 10 y

19 años de edad ven más de 4 horas semanales la TV, actividad muy relacionada a una vida sedentaria.

Tomando como referencia esta proporción de 15.4% de alumnos con varias horas de ver TV, a un nivel de magnitud del error del 5%, tomando un valor de significación del 95% (1.96 DS) y utilizando la ecuación para un tamaño de muestra para establecer una proporción, presentada por Velasco R y colaboradores (29), la cual corresponde a:

$N = [(Z\alpha)^2 (p) (q)] / \delta^2$; Donde: N = Tamaño de muestra que se requiere; p = Proporción de sujetos portadores del fenómeno; q = 1-p (Complementario, sujetos que no tienen la variable de estudio); δ = Precisión o magnitud del error que puede ser aceptado; y $Z\alpha$ = distancia de la media del valor de significación propuesto.

Se obtuvo una muestra de $N = [(1.96)^2 * (0.154)*(0.846)] / (0.05)^2 = 200$. Se reclutaron un total de 200 alumnos de educación secundaria entre los 12 y 15 años.

En las etapas II y III que corresponden a estimar el valor promedio de energía utilizada para la realización de cada AFHC, y valorar el nivel de precisión de un instrumento de campo, respectivamente; se obtuvieron dos sub-muestras de la muestra estudiada anteriormente. Para determinar su tamaño se utilizó la ecuación correspondiente presentada por Velasco R., y colaboradores:

$N = [(Z\alpha)^2 * (\sigma)^2] / \delta^2$; Donde: N = Tamaño de muestra que se requiere; σ = Desviación estándar de la población; δ = precisión o magnitud del error que puede ser aceptado; y $Z\alpha$ = distancia de la media del valor de significación propuesto.

Tomando como referencia lo reportado por López-Alvarenga y colaboradores, quienes en su estudio sobre la reproducibilidad de un cuestionario de actividad física en población adulta joven mexicana, determinaron que la cantidad de energía gastada por kilogramo de peso presentó una desviación estándar de 5.945 Kcal (15). Se deseó una precisión de 2 Kcal.

Sustituyendo los valores se tiene: $N = [(1.96)^2 * (5.945)^2] / (2)^2$; $N = [(3.842) * (35.343)] / 4$; $N = 135.788 / 4$; $N = 34$.

Siendo entonces 34 el número de participantes que conformaron esta muestra.

Del grupo general se seleccionó un grupo de 42 participantes, 21 hombres y 21 mujeres.

6.4 Criterios de inclusión, exclusión y eliminación

Criterios de inclusión

- Hombres y mujeres adolescentes entre 12 y 15 años de edad.
- Estudiantes del nivel educativo secundaria.
- Clínicamente sanos en el momento del estudio y que la valoración cardiaca les haya permitido la realización de ejercicio físico.
- Que hayan aceptado participar de forma libre tanto los padres como los adolescentes.
- Adolescentes que realizaron todas sus valoraciones.

Criterios de exclusión

- Adolescentes que no obtuvieron la autorización de sus padres o tutores.
- Adolescentes y padres de familia que decidieron no firmar las cartas de participación voluntaria.
- Adolescentes que no aceptaron participar en el proyecto

Criterios de eliminación

- Adolescentes que no se realizaron las valoraciones completas
- Adolescentes que la valoración cardíaca no les haya permitido continuar en el estudio
- Adolescentes que hayan decidido abandonar el estudio.

6.5 Instrumentos

Selección de la muestra

Para determinar las escuelas secundarias donde se obtuvieron los participantes se utilizó un método por conveniencia es decir a partir de los datos obtenidos del portal de la Secretaría de Educación del Estado de México (30) se seleccionaron 2 escuelas secundarias de la Ciudad de Toluca con un nivel socioeconómico medio-alto y medio– bajo. La Secretaría de Educación autorizó este proyecto. Ambas escuelas tienen maestro de educación física asignado. Posteriormente, en reunión con padres de familia se explicaron los propósitos del estudio, los procedimientos y acciones que se realizaron con los alumnos; en la misma reunión se les hizo la invitación de participación y se entregaron las cartas de aceptación de participación misma que especifica con detalle lo expuesto en el proyecto (Anexo1). Los padres y alumnos interesados quedaron incorporados como parte del estudio cuando entregaron la carta firmada; se entregó copia de la misma a las autoridades escolares.

Medidas antropométricas.

A todos los alumnos incorporados en el estudio se les tomaron las medidas antropométricas: peso, estatura y circunferencia mínima de la cintura (CMC) apegándose a la técnica descrita por la ISAK (International Society for the Advancement of Kinanthropometry) (31), se obtuvo el índice de masa corporal y su correspondiente diagnóstico de obesidad, sobrepeso o peso normal en cada participante.

Definición de las actividades físicas habituales comunes (AFHC):

Para que una actividad física de un participante pueda considerarse como una actividad física habitual, esta debe tener una intención o significado utilitario para el que la realiza, su ejecución debe haber sido constante cuando menos las últimas 8 semanas, con una frecuencia mínima de una vez a la semana y una

duración mínima de 15 minutos. Las actividades físicas habituales comunes (AFHC) se establecieron como aquellas actividades físicas habituales que sean realizadas al menos por el 10% de la población encuestada.

Registro de actividades para determinar las AFHC.

Un encuestador capacitado explicó al participante el concepto de la actividad física habitual y lo guió para responder sobre las actividades físicas que habitualmente realiza, detallando las cualidades de su ejecución (velocidad, distancia, implementos) y las características particulares del medio ambiente en que se desarrolla (en el campo, ciudad, zona inclinada, terracería, carretera, bajo techo, al aire libre. Se encontraron una gran cantidad de actividades y se clasificaron (Anexo1)).

El formato de registro estuvo dividido en lapsos de 15 minutos, en un horario de las 00 a las 23:45 horas. El participante registró las actividades que habitualmente realiza en los 7 días de la semana. Los datos de las actividades registradas de cada participante, fueron revisados por los encuestadores considerando las características especificadas para agruparlas según sus semejanzas y asignar una clave para cada conjunto. Enseguida se estimó el costo energético de cada tipo de AFHC.

Valoración de hematocrito y hemoglobina.

Se les tomó a los adolescentes una muestra de sangre para determinar valores como hemoglobina y hematocrito para verificar su estado de salud, ya que existen estudios en los cuales se demuestra que las personas anémicas con deficiencias en el consumo de hierro tienen problemas en el transporte de oxígeno (24, 25). El punto de corte para definir anemia es de 12 g/dl en niños con edades ≥ 12 y < 15 años, y de 13 g/dl con edad ≥ 15 años. A una altitud de 2638 msnm, como es el caso de la Ciudad de Toluca, el punto de corte aumenta 1.3 g/dl (32).

El hematocrito (PCV) se determinó por centrifugación de sangre en un tubo capilar a 10,000 rpm durante 5 minutos. Con el volumen de concentrado de glóbulos rojos dividido por el volumen total de la muestra de sangre se obtiene el

PCV (33). El lugar donde se tomaron las muestras de sangre fue en el laboratorio de las escuelas secundarias y se guardaron las más estrictas normas de higiene. El material fue estéril y desechable.

Valoración cardiológica

A los adolescentes se les realizó una valoración cardiovascular por un especialista en cardiología pediátrica que consistió en: auscultación, medición de la presión arterial con esfigmomanómetro de mercurio, en los casos que hubo hallazgos importantes (taquicardia) se les realizó electrocardiografía de superficie de 12 derivaciones y eco cardiografía transtorácica. (ACUSON Sequoia 512 manual, transductor 4V1 con frecuencia de 1-4 MHz) en las posiciones paraesternal apical, subcostal y supra esternal, conforme a estándares internacionales, con el propósito de asegurar que los adolescentes participantes estuvieran libre de alteraciones funcionales cardiovasculares que representen algún riesgo para la realización de actividad física. Aquellos adolescentes a quienes se les diagnosticó alguna alteración fueron eliminados del estudio y canalizados para su atención médica en el Hospital para el Niño, perteneciente al DIF estatal.

Tasa metabólica en reposo

Para obtener el gasto energético de la actividad física excluyendo el gasto energético de las funciones vitales, se obtuvo el valor del gasto energético basal de cada participante; ya que el valor de gasto energético por actividad física puede ser interpretado mejor en unidades de gasto energético basal, para lo cual se presentaron del siguiente modo a la medición de la tasa metabólica en reposo.

Para medir el gasto energético basal mediante calorimetría indirecta (Quar^{b2}), se instruyó a los participantes para que se abstuvieran de realizar cualquier tipo de actividad física de moderada a vigorosa 24 horas antes del estudio, ayuno de al menos 12 horas y que hubieran dormido lo suficiente antes de la medición. Se presentaron en la sala de valoraciones entre las 6 y 7 horas, descansaron en silencio en posición supina sobre una cama exploratoria durante

30 min cubiertos con un cobertor. Posteriormente se procedió a hacer las conexiones propias del equipo calorimétrico. Se inició con las mediciones de consumo de oxígeno (VO_2) y producción de bióxido de carbono (VCO_2), se registraron aquellas que mantuvieron estabilidad y duración continua de 15 minutos. Durante todo el proceso de medición de tasa metabólica en reposo la habitación se mantuvo a una temperatura de $24^{\circ} C$; el participante permaneció cómodamente recostado y despierto pero relajado y familiarizado con el uso del aparato (18). Para calcular el gasto energético en reposo se utilizó la Formula de Weir: $GE (kcal/min) = 3.94 \times VO_2 (mL/min) + 1.106 \times VCO_2 (mL/min)$ (17,20).

Valoración de la mejor ecuación para estimar el gasto energético basal (GEB).

Con los resultados medidos en la muestra de 42 adolescentes se hizo un análisis de regresión estadística para estimar la curva con respecto al peso corporal si se detectara un modelo, con una relación fuerte ($R > 0.75$) y estadísticamente significativa se tomaría como referencia la ecuación del modelo para estimar el GEB; si esto no sucedería, se consultarían las ecuaciones existentes para estimar el gasto energético basal y se tomaría como referencia aquella que guarde una correlación significativa y fuerte con los valores medidos. El GEB, se tomó como valor de referencia para establecer el gasto energético por actividad física al restar el GET del GEB.

Medición del gasto energético de las AFHC mediante calorimetría.

Utilizando el equipo de oximetría Quarb² se midieron los volúmenes de oxígeno (VO_2) y dióxido de carbono (VCO_2) de cada participante, durante la ejecución de las actividades registradas en el recordatorio, es decir, las actividades que habitualmente realiza. A partir de los valores de VO_2 y VCO_2 se calculó el gasto energético.

Las actividades que los adolescentes reprodujeron fueron: Ver televisión; que consistió en ver una película, usar computadora; transcribir un texto escolar,

estudiar o hacer tarea; contestar un cuestionario a cerca de temas geográficos, atender a clases; observar un video académico en la televisión y hacer un resumen o anotaciones de lo que estaba observando, vestirse y desvestirse; los adolescentes se quitaban la ropa y se la volvían a colocar, peinarse, lavarse los dientes, las manos y cara; los adolescentes se peinaban, se lavaban las manos, la cara con agua y jabón y simulaban lavarse los dientes, esto debido a que la máscara que se utiliza con el aparato se los impedía, bañarse y ponerse crema en el cuerpo; los adolescentes simulaban estar lavándose la cabeza y el cuerpo utilizando todos los accesorios necesarios posteriormente se ponían crema en todo el cuerpo, tender una cama de tamaño individual; tendían y arreglaban una cama colocando sábanas, cobertores, almohada y colcha, barrer y trapear; los adolescentes utilizaban escoba, recogedor, trapeador y cubeta con agua clorada para asear el piso del lugar, lavar trastes; utilizando loza real, agua, jabón y estropajos lavaban los trastes y los colocaban en un escurridor, caminar a 75, 95, 115 ó 140-160 pasos por minuto con y sin mochila; utilizando una caminadora, un metrónomo para contar pasos y una mochila escolar con un peso aproximado de 6.5 kg, los adolescentes caminaban o corrían siguiendo el sonido del metrónomo y las indicaciones del evaluador. Todas estas actividades se realizaron en un lugar adecuado y equipado para que pareciera que estaban en la escuela o en la casa en las condiciones más cercanas a lo real y el tiempo de permanencia realizando cada una de estas actividades fue de 5 a 10 minutos aproximadamente.

Recolección de datos.

Los datos se obtuvieron en tres etapas a lo largo del estudio.

Etapa I: “Determinación de las AFHC”

Propósito: Reclutar la muestra de adolescentes y establecer cuáles son las actividades físicas habituales comunes (AFHC) que desarrollan los adolescentes de entre 12 y 15 años habitantes de la zona urbana de Toluca.

Con la autorización de los directivos de cada plantel educativo, se procedió a dar una plática explicando el desarrollo del proyecto, proporcionando una copia

del proyecto de investigación a las autoridades de la institución (directores, orientadores y maestros). Posteriormente se convocó a los alumnos y padres de familia para una plática informativa del propósito y procedimientos requeridos en el estudio; en ese momento también se les proporcionó las cartas de consentimiento de participación, con el fin de obtener la autorización de los padres y los alumnos que decidan incorporarse al estudio.

Los alumnos participantes fueron organizados dentro del horario de clases para ser encuestados en grupos de 5 a 8 participantes dentro de un aula reservada y fuera del contacto con otros alumnos, el encuestador procedió conforme a lo explicado en el apartado de procedimientos.

Las mediciones antropométricas se realizaron en el momento en que se aplicó la encuesta.

Etapa II: “Obtención del Gasto energético de cada AFHC y valoración cardiológica y de salud de cada participante”

Propósito: Obtener el valor del gasto energético basal de cada participante para excluirlo del gasto energético por actividad física.

Estas mediciones fueron realizadas en un consultorio de la Facultad de Medicina de la UAEMex los días sábados, domingos y días festivos entre las 6:00 y 7:00 hr acompañados de un adulto.

Propósito: Obtener el valor promedio de gasto energético en unidades de Kcal/Kg/min de cada AFHC.

Las AFHC fueron reproducidas por la submuestra de alumnos; los valores medidos fueron ajustados al peso corporal (kg) por unidad de tiempo (min). Los adolescentes se presentaron por las tardes al consultorio de la Facultad de Medicina acompañados de un adulto para la medición de las mismas. Los valores fueron registrados en una base de datos para evaluar la consistencia y homogeneidad de estos valores en cada una de las AFHC.

Propósito: Realizar una valoración cardiológica para determinar si los adolescentes participantes presentan alteraciones funcionales cardiovasculares que representen algún riesgo para la realización de actividad física.

Los adolescentes fueron citados en el Hospital para el Niño perteneciente al DIF Estatal a las 19:00 hr para su valoración cardiológica

Propósito: Determinar valores como hemoglobina, hematocrito para verificar que no padezcan anemia, ya que existen estudios en los cuales se demuestra que las personas anémicas con deficiencias en el consumo de hierro tienen problemas en el transporte de oxígeno.

Las muestras de sangre se recolectaron en el laboratorio de las escuelas secundarias a las 7:00 hr en ayuno nocturno de 8 horas por personal capacitado, en presencia de los padres de familia de los adolescentes.

Análisis de datos

Los datos se han presentado en media y desviación estándar y una análisis de varianza para ver si hay diferencia significativa entre hombres y mujeres, Se utilizó como herramienta de análisis y cálculos estadísticos el paquete computacional SPSS v 19.0 para Windows.

6.8 Implicaciones Bioéticas

Antes del inicio del proyecto, se explicó detalladamente el estudio que se pretendía realizar y se solicitaron los permisos pertinentes a las autoridades de cada institución. Posteriormente se dio una plática informativa a los adolescentes y a sus padres para invitarlos a participar y se solicitó la firma de una carta de consentimiento informando a padres de familia e hijos; de tal manera que las 2 partes estén de acuerdo. Por último se realizó un informe general para dar a conocer los resultados del estudio a nivel institucional. El manejo de los datos para publicaciones e informes fue de forma totalmente confidencial y en códigos.

Este proyecto fue aprobado por el comité de Ética e Investigación de la Facultad de Medicina de la UAEM. Se llevó a cabo siguiendo las normas reconocidas por la Declaración de Helsinki y según Ley General de Salud (Titulo Quinto, Capítulo único, Artículo 100).

7. RESULTADOS

7.1 Artículo Aceptado

“Importancia de la valoración cardiológica del adolescente, previa a la práctica deportiva”

Carta de aceptación:



UAEM Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Enfermería y Obstetricia
Coordinación de Estudios Avanzados
Coordinación del Doctorado en Ciencias de la Salud

Toluca, México, a 28 de Septiembre de 2015

**M. EN C.D. ANA LILIA PÉREZ HUITIMEA
DRA. EN C. ROXANA VALDÉS RAMOS
P R E S E N T E:**

Anticipándoles un cordial saludo, me permito informarles que su capítulo del libro **"Importancia de la valoración cardiológica del adolescente previa a la práctica deportiva"** del cual son autores, ha sido revisado por pares académicos integrantes del Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; y con beneplácito la Comisión Académica del Doctorado en Ciencias de la Salud, ha tonido a bien integrarlo en la edición del libro: **"Temas selectos de Biomedicina en Ciencias de la Salud"**, el cual será publicado al concluir el proceso administrativo, con la editorial.

Agradecemos su participación y confianza por la edición de dicha publicación, y sin más por el momento aprovecho la ocasión para expresares una felicitación no sin antes reiterarle mi más sincera y distinguida consideración.

**ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO**

"2015, Año del Bicentenario Luctuoso de José Martí Morelos y Pavón"

**DRA. EN C.S. MARÍA DE LOURDES GARCÍA HERNÁNDEZ
COORDINADORA DEL DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD**

C. de P. Minusario
MAGTE/M.G.-7, and# Paseo Tolteco en Dos

Jesús Carreras, Ctr. Moderno de la Cruz, Toluca, México C.P. 50180
Tel. 270-62-70, 270-23-37 Fax 270-60-06
e mail: ldyg@uazemex.mx



IMPORTANCIA DE LA VALORACIÓN CARDIOLÓGICA DEL ADOLESCENTE PREVIA A LA PRÁCTICA DEPORTIVA

M. en C.D. Ana Lilia Pérez Huitimea¹, Dra. Roxana Valdés Ramos^{1*}, Dr. en C.S. Gustavo Gabriel Mendieta Alcántara², Dr. Jesús Muñiz Murguía³, Dr. Jorge Alanís Tavira⁴

¹Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Ciencias de la Salud. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma del Estado de México. ²Hospital para el niño. Instituto Materno Infantil del Estado de México. ³Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas. Universidad de Colima. ⁴Centro de Investigación y Estudios Avanzados Odontológicos. Facultad de Odontología. Universidad Autónoma del Estado de México.

dcsaludfacmed@gmail.com

RESUMEN

La obesidad infantil es cada día más frecuente tanto en los países desarrollados como en los económicamente emergentes, una de las causas que se presentan como de gran peso, es el modo de vida sedentario (sin descartar un condicionamiento genético) ya que éste, no es exclusivo de las clases media y alta. Este incremento en la prevalencia de la obesidad en niños se debe a una compleja interacción entre factores genéticos y ambientales. Las altas tasas de inactividad física y el consumo de dietas altamente energéticas son las principales causas de la alta prevalencia de obesidad en la niñez, por tal motivo la recomendación es, la práctica del ejercicio físico, sin embargo el buen funcionamiento cardíaco debe ser verificado y con ello garantizar que la realización de actividad física no represente riesgo a la salud, ya que en los centros escolares y deportivos no se exige la valoración previa del funcionamiento del sistema cardiovascular por parte de estas instituciones partiendo del supuesto de que por ser jóvenes, los alumnos gozan de buena salud.

PALABRAS CLAVE. Cardiopatías, adolescentes actividad física.

INTRODUCCION.

Como consecuencia del incremento sustancial en la prevalencia de sobrepeso y obesidad en la población escolar de México en las últimas dos décadas, se ha comenzado a observar a edades más tempranas padecimientos crónicos (diabetes e hipertensión), lo que implica la necesidad de monitorear estas condiciones (1). Se han implementado programas nacionales estatales y locales (2, 3) que promueven en los niños y adolescentes la realización de rutinas de ejercicios físicos o su participación en torneos deportivos para incrementar el gasto energético por actividad física y con ello contribuir a disminuir los indicadores de sobrepeso y obesidad. Sin embargo el buen funcionamiento cardíaco debe ser verificado y con ello garantizar que la realización de actividad física no represente riesgo a la salud (4). En los centros escolares de educación básica no se exige la valoración previa del funcionamiento de los sistemas cardiovascular y respiratorio de los alumnos por parte de instituciones de salud, como requisito para la realización de actividades físicas, se parte del supuesto que todos los estudiantes, por ser jóvenes gozan de buena salud. Los resultados obtenidos en este estudio indican que los jóvenes con alteraciones morfológicas y funcionales cardiovasculares en conjunto, superan a la proporción de alumnos con funcionamiento cardiovascular normal.

Pocas investigaciones orientadas a determinar la prevalencia de alteraciones funcionales cardíacas entre los jóvenes en América Latina incluyendo a México (5) han sido reportadas, a pesar de que el ejercicio puede representar un factor de riesgo importante en personas con disfunciones cardíacas de tipo congénito o hereditario (6-9).

Una limitante en México para la realización de estudios cardíacos de tipo epidemiológico en alteraciones cardíacas morfo funcionales asintomáticas, lo representa la poca disponibilidad de equipo y la relativa escases de personal médico especializado para llevar a cabo el diagnóstico clínico (9).

Las anomalías morfológicas del corazón representan el defecto más común en los humanos al nacer; afectan al 1% de los nacidos vivos, y su frecuencia en abortos espontáneos se eleva 10 veces más (10).

El objetivo de esta investigación es presentar los resultados obtenidos sobre las alteraciones cardiológicas detectadas y los riesgos que estas representan para la realización de actividad física; en una muestra de adolescentes aparentemente sanos, y aportar evidencias que refuercen la necesidad de aplicar valoraciones cardiológicas obligatorias a los jóvenes antes de su incorporación a la práctica deportiva.

MATERIAL Y METODOS

Como parte de un estudio para determinar el gasto energético que los adolescentes realizan al llevar a cabo sus actividades cotidianas, se incluyó aleatoriamente a 54 adolescentes de entre 12 y 16 años de edad, aparentemente sanos y estudiantes de secundaria de la ciudad de Toluca, México.

Fueron valorados por un especialista en cardiología pediátrica; se tomaron las medidas de estatura y peso para obtener el Índice de Masa Corporal, circunferencia de cintura, presión arterial sistólica y diastólica, se les realizó un eco cardiograma y se les tomó una muestra de sangre para determinar valores de hemoglobina y hematocrito, con el fin de determinar si los adolescentes están aptos físicamente para la realización del ejercicio físico. Todo esto, con el propósito de diseñar un instrumento que cuantifique el gasto energético por actividad física ya que los valores de gasto energético relacionado con el ejercicio físico utilizado en los cuestionarios para adolescentes suelen ser extrapolados a partir de datos para adultos

Reclutamiento.

A partir de los resultados de una encuesta aplicada a 282 estudiantes de secundaria de la ciudad de Toluca, Méx., de entre 11 y 16 años de edad, donde se determinaron las actividades físicas cotidianas más frecuentes entre los adolescentes; se seleccionó una submuestra a quienes se mediría mediante oximetría el gasto energético durante la realización de las actividades cotidianas más frecuentes detectadas en el estudio previo. Como medida de seguridad para descartar afecciones que impidieran la realización de actividad física vigorosa, a los integrantes de esta submuestra se les aplicó una valoración especial de su funcionamiento cardíaco y vascular. Todos los participantes de esta submuestra

aceptaron voluntariamente ser incluidos en el estudio y se obtuvo la carta de consentimiento por parte de los padres de familia, previo conocimiento de las valoraciones a las que estarían sometidos sus hijos.

Tamaño de la sub muestra.

La submuestra se estableció en 34 participantes utilizando la ecuación presentada por Velasco R., y Col. $N = [(Z\alpha)^2 * (\sigma)^2] / \delta^2$ (11).

Donde: N = Tamaño de muestra que se requiere; σ = Desviación estándar de la población; δ = precisión o magnitud del error que puede ser aceptado; y $Z\alpha$ = distancia de la media del valor de significación propuesto. Para establecer el valor de δ , se tomó como referencia lo reportado por López-Alvarenga y Col., quienes en su estudio sobre la reproducibilidad de un cuestionario de actividad física en población adulta joven mexicana, determinaron que la cantidad de energía gastada por kilogramo de peso presentó una desviación estándar de 5.945 Kcal (12). Se determinó una precisión de 2 kcal.

Sustituyendo los valores se tiene: $N = [(1.96)^2 * (5.945)^2] / (2)^2$; $N = [(3.842) * (35.343)] / 4$; $N = 135.788 / 4$; $N = 34$.

Medidas Antropométricas

El peso (W) se midió posterior a un ayuno nocturno, sin zapatos y en ropa interior, utilizando una báscula médica (Torino) y se registró en kilos y gramos. La estatura (H) se midió con un estadímetro (SECA), con el sujeto en posición de pie y la cabeza orientada hacia el plano de Frankfort, la medición se tomó a nivel del vértex durante la inspiración; el valor se registró en centímetros y milímetros. La circunferencia mínima de la cintura (WC) se midió conforme al protocolo descrito por la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) (13).

El índice de masa corporal (BMI) se obtuvo mediante la fórmula: peso (kg)/talla (m)². El diagnóstico de obesidad de cada participante se determinó conforme a la clasificación del BMI presentada por Cole et al (14).

Valoración de hematocrito y hemoglobina.

Las concentraciones de hemoglobina y el porcentaje de hematocrito se midieron a partir de una muestra de sangre venosa. El punto de corte para diagnosticar

anemia a la edad de 12 a 15 años es de 12 g/dl, pero se ajustó a 1.3 g/dl debido a que la ciudad de Toluca se encuentra a 2638 m de altitud (15).

Existen estudios en los cuales se demuestra que las personas anémicas con deficiencias en el consumo de hierro tienen problemas en el transporte de oxígeno (16, 17).

El hematocrito (PCV) se determinó por centrifugación de sangre en un tubo capilar a 10,000 rpm durante 5 minutos (Método de Wintrove). Con el volumen de concentrado de glóbulos rojos dividido por el volumen total de la muestra de sangre se obtuvo el PCV (18).

Valoración cardiológica.

Mediante eco cardiografía transtorácica (ACUSON Sequoia 512 manual, transductor 4V1 con frecuencia de 1-4 MHz) en las posiciones paraesternal, apical, subcostal y supra esternal conforme a estándares internacionales; en los casos que el especialista consideró necesarios se realizó electro cardiograma, exploración de los pulsos periféricos radiales y femorales, auscultación y medición de la presión arterial con esfigmomanómetro de mercurio en ambos brazos, un médico especialista en cardiología pediátrica, llevó a cabo la valoración cardiológica.

Estadística.

Los datos obtenidos se almacenaron en una base de datos creada en el paquete computacional estadístico SPSSv15 (IBM SPSS Software, USA). Los valores antropométricos y hemáticos medidos, se presentan en tablas como valores de media \pm desviación estándar. La frecuencia y la prevalencia de las alteraciones cardíacas se presentan en forma gráfica.

RESULTADOS

Fueron valorados 54 adolescentes, 20 participantes más que lo establecido inicialmente, de los cuales fueron 27 hombres y 27 mujeres, con una edad de 13.2 ± 0.8 años. Todos ellos aparentemente sanos, con índice de masa corporal

promedio de 20.5 ± 4.1 ; presión arterial sistólica de 111 ± 10.3 mmHg y presión arterial diastólica de 69 ± 8.9 mmHg (Tabla 1).

La valoración cardiológica reveló que solo 21 adolescentes presentaron diagnóstico morfo funcional cardiovascular normal; los 33 adolescentes restantes presentaron un o dos de los siguientes hallazgos: Insuficiencia tricuspídea, comunicación interauricular, probable hipertensión arterial, insuficiencia pulmonar, taquicardia y arritmia sinusal con extrasístole ventricular. Un adolescente presentó insuficiencia tricuspídea y taquicardia, dos más presentaron insuficiencia tricuspídea y comunicación interauricular. (Tabla 2), También se detectó a un paciente con síncope vaso-vagal y otro con hipoglucemia; ambos del sexo femenino.

La figura 1 presenta las frecuencias de padecimientos y prevalencias de 59 adolescentes, 28 hombres y 31 mujeres, agrupados por género. Los adolescentes que presentan 2 padecimientos se analizaron por separado, por tal motivo la muestra aumenta de 54 a 59.

La concentración de hemoglobina y porcentaje de hematocrito se midió en 54 adolescentes, el valor promedio general fue de 15.9 mg/dl \pm 0.8 mg/dl y el porcentaje de hematocrito $45.5 \pm 2.5\%$. El valor que se obtuvo de hemoglobina en mujeres fue de 15.4 mg/dl y el porcentaje de hematocrito 44.2% , y en hombres 16.2 mg/dl y 46.8% de hematocrito. El punto de corte para definir anemia es de 12 mg/dl en niños con edades ≥ 12 y < 15 años y 13 mg/dl con edades ≥ 15 años (15). Y de 40% a 45% de hematocrito se consideran valores normales (19). Ninguno de los participantes fue clasificado dentro de los parámetros de anemia.

CUADROS Y GRAFICAS.

Tabla 1. Características generales de los participantes. M (\pm SD)

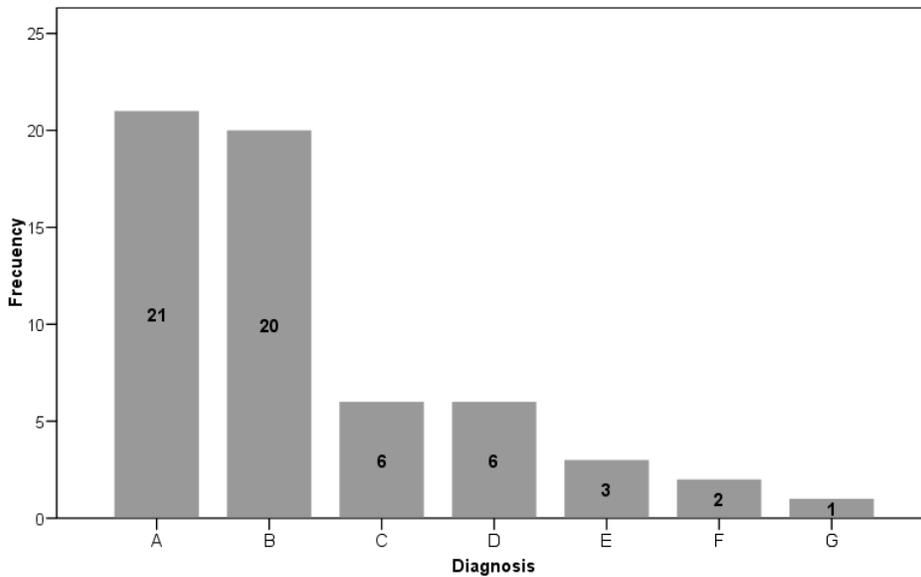
	General	Mujeres.	Hombres.
Edad (años)	13.8 (\pm 0.9)		
Peso (kg)	52.0 (\pm 12.7)	52.7 (\pm 15.0)	50.7 (\pm 10.8)
Estatura (cm)	158.0 (\pm 8.2)	155.2 (\pm 6.6)	159.6 (\pm 9.3)
BMI (Kg·m ²)	20.5 (\pm 4.1)	19.3 (\pm 3.0)	21.3 (\pm 5.6)
Circunferencia Cintura(cm)	68.7 (\pm 8.6)	69.5 (\pm 11.5)	53.7 (\pm 7.1)
BP _{sist} (mm/Hg)	110.7 (\pm 10.6)	109.3 (\pm 11.4)	112.2 (\pm 9.7)
BP _{dias} (mm/Hg)	68.2 (\pm 8.8)	66.9 (\pm 9.7)	69.6 (\pm 7.6)
Hematocrito (%)	45.5 (\pm 2.5)	46.5 (\pm 2.3)	44.4 (\pm 2.3)
Hemoglobina (mg/dL)	15.9 (\pm 0.8)	16.3 (\pm 0.8)	15.5 (\pm 0.8)
N	54	27	27

Media : **M**, Deviación estándar: **SD**, Presión arterial: **BP**, sistólica: **sist**, diastólica: **dias**.

Tabla 2. Frecuencia y prevalencia de padecimientos cardíacos en una muestra de adolescentes (12 - 16 años) habitantes de la ciudad de Toluca.

	Frecuencia	Prevalencia
- Normal	21	,388
- Insuficiencia tricuspidea	20	,370
- Comunicacion interauricular	6	,110
- Hipertension arterial	6	,110
- Insuficiencia pulmonar	3	,050
- Taquicardia	2	,030
- Arritmia sinusal y extrasistole ventricular	1	,018
<i>Total:</i>	<i>59</i>	<i>1,00</i>

Diagnósticos.



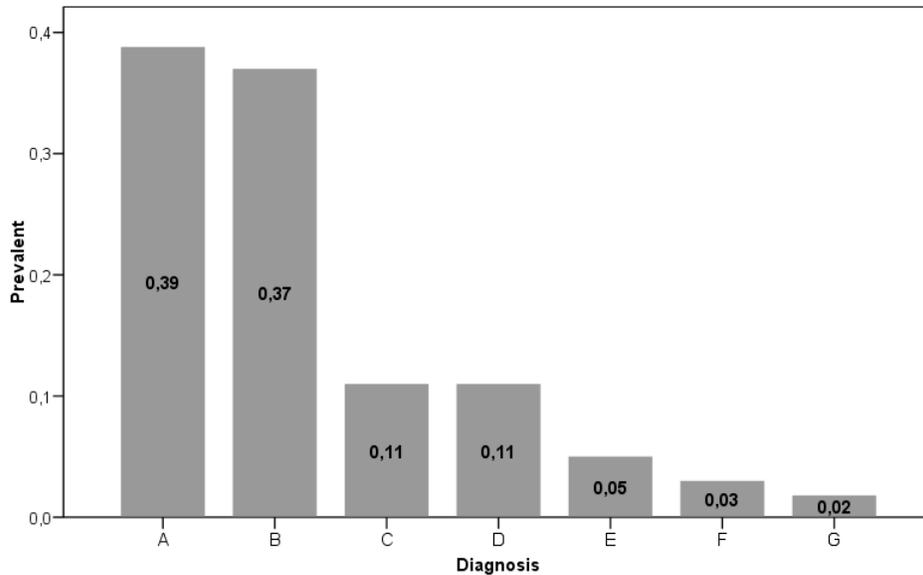


Figura 1. Frecuencia y prevalencia de alteraciones cardiovasculares encontradas en 54 adolescentes evaluados de la ciudad de Toluca. **A:** Normal, **B:** Insuficiencia tricuspídea, **C:** Comunicación interauricular, **D:** hipertensión, **E:** Insuficiencia pulmonar, **F:** Taquicardia, **G:** Arritmia sinusal y extrasístole ventricular.

Fuente: Directa.

DISCUSIONES.

Aunque la muestra de adolescentes evaluados es pequeña, se destaca la relativamente alta proporción de alteraciones cardíacas anatómicas. Aunque solo los que presentaron taquicardia, hipoglucemia y síncope vaso – vagal se consideraron no aptos para realizar actividad física, las otras alteraciones representan bajo riesgo a la salud pues podrían evolucionar a padecimientos a lo largo de la vida.

La anemia es un importante problema de salud pública que afecta negativamente la salud de los individuos. En países no industrializados la prevalencia de anemia se estima en 52% en mujeres embarazadas y 39% en niños menores de 5 años, mientras que en países industrializados se estima en 23% y 20% respectivamente (UNICEF). La hemoglobina se ve afectada por algunos factores que necesitan ser

tomados en cuenta para determinar si un individuo es o no anémico, tales como: edad, sexo, embarazo, período menstrual, altitud, consumo de tabaco o etnicidad (15).

El 37% de los adolescentes valorados presentaron Insuficiencia tricuspídea, siendo la alteración más frecuente entre los evaluados, es una condición funcional en la cual la válvula tricúspide es incapaz de cerrarse completamente durante la sístole ventricular y así, en cada latido un poco de sangre regresa del ventrículo derecho a la aurícula derecha (6). Los 20 adolescentes que presentaron insuficiencia tricuspídea fueron clasificados en un grado leve. Este grado de insuficiencia tricuspídea no contraindica la realización de ejercicio físico, existen atletas de alto rendimiento que presentan insuficiencia tricuspídea o mitral con esos grados sin afectación detectable en su rendimiento o su salud (20).

La comunicación interauricular (CIA) es un defecto cardíaco congénito cuya incidencia es de 3,78/10.000 nacidos vivos y ocupa el cuarto lugar en frecuencia entre los defectos cardíacos en la población pediátrica (21).

La CIA representa del 6 al 10% de las anomalías cardíacas aisladas, es más frecuente en el sexo femenino que en masculino, es una cardiopatía que puede pasar inadvertida por muchos años debido a la ausencia de síntomas y datos clínicos (6).

Es un defecto que se establece desde la gestación al no completarse el septum entre las aurículas (22). En el presente estudio encontramos que 4 de los 6 adolescentes que la padecen son del sexo femenino, en estos seis casos el tamaño de la comunicación interauricular con una media de 0.52 cm, no impide la ejecución del ejercicio físico. Se ha reportado que comunicaciones interauriculares mayores o iguales a 0.6 cm requieren de intervención quirúrgica para el cierre percutáneo de la misma (21).

La hipertensión arterial sistémica se considera un problema de salud pública y su prevalencia en México en niños con edad escolar se ha estimado en el 12% y en adolescentes del sexo masculino en 5.5% y del sexo femenino 6.4%(6), estos datos guardan cierta correspondencia con lo observado en nuestra muestra. La

asociación entre obesidad e hipertensión arterial sistémica en niños y adolescentes ha sido bien documentada en diversos estudios.

Se ha reportado que, actualmente existe una prevalencia mayor de hipertensión arterial en niños escolares y adolescentes. El 1.8% de los adolescentes presentó diagnóstico de hipertensión arterial que alcanzó hasta el 4% de las mujeres de 16 a 19 años en los resultados de la Encuesta Nacional de salud y Nutrición 2012 (1) y es precisamente en la adolescencia cuando la hipertensión primaria incrementa su incidencia. Entre los 13 y los 18 años de edad existe un notable incremento en los valores de la presión arterial, más evidente en los niños que en las niñas, debido a que tienen un desarrollo puberal más tardío y una mayor masa corporal (23).

En la presente investigación se detectaron 6 adolescentes con este problema; uno de ellos ubicándose en el percentil 95-99, en el cual se puede diagnosticar como hipertenso y cinco más ubicados en el percentil 90-95, diagnosticándose como pre-hipertensos (6). En estos últimos la modificación del estilo de vida puede prevenir la progresión de la enfermedad a algún grado de hipertensión o enfermedad cardiovascular.

La hipertensión arterial en niños y adolescentes requiere de un amplio estudio acerca de las alteraciones y padecimientos que pueden ser la causa principal de la elevación de ésta y cuyo tratamiento adecuado permitirá su control, sabemos también que la obesidad infantil es un problema que afecta a la población mexicana, por lo que las medidas preventivas como, el control adecuado de peso, la modificación en los hábitos alimenticios y la integración a un programa de actividad física son algunas acciones que se deben realizar para evitar el padecimiento de esta enfermedad.

Las arritmias cardíacas son complicaciones frecuentes de enfermedad cardíaca pediátrica y pueden ser la principal causa de muerte súbita (10).

En el pasado el diagnóstico y tratamiento de las arritmias en edad pediátrica, eran inferidas a partir de la información obtenida de la experiencia con pacientes adultos. Actualmente, el conocimiento proviene en forma directa de la experiencia con niños. La taquicardia es un conjunto de arritmias con frecuencia

anormalmente rápida. En presencia de taquicardia incesante con frecuencia cardiaca mayor a 250 pulsaciones por minuto es factible la evolución a muerte súbita en pocos días, los síntomas más frecuentes son en ocasiones inespecíficos, aunque destacan irritabilidad, hiporexia, taquipnea, diaforesis y palidez. Otros síntomas comunes asociados son fatiga, mareo, cefalea y disnea. Las arritmias más frecuentes son las extrasístoles, pero la arritmia sintomática más frecuente es la taquicardia paroxística supraventricular, cuya prevalencia es de 1 por cada 500 niños (6). En niños preescolares, escolares y adolescentes es importante determinar la frecuencia de los episodios de arritmia, su duración y los síntomas asociados. Dentro del presente estudio, 2 adolescentes del sexo femenino reportaron padecer taquicardia. En algunos casos el estrés y el esfuerzo físico son factores desencadenantes de taquicardia dependiente de catecolaminas. Por tal motivo se considera que este padecimiento tiene contraindicada la práctica del ejercicio físico.

Entre las enfermedades cardiacas adquiridas por neonatos y niños se encuentra la enfermedad de Kawasaki, enfermedad cardiaca reumática aguda y crónica, endocarditis infecciosa y miocarditis. La reconstrucción tridimensional de los defectos cardiacos con la ayuda de ultrasonido, los rayos X y la resonancia magnética nuclear, han impactado positivamente en el diagnostico y las estrategias terapéuticas de las enfermedades cardíacas. Actualmente la mayoría de enfermedades congénitas cardiacas pueden detectarse *in utero* con estas metodologías, de tal manera que se recomienda hacer evaluaciones subsiguientes de anomalías extra cardíacas en los pacientes pediátricos debido a que este tipo de anomalías se presentan en un 62% y 38% de los casos respectivamente (10).

Aunque no todas las anomalías cardiológicas encontradas, son potencialmente mortales, algunas si lo pueden llegar a ser, sobre todo cuando se inicia un programa de activación física (6).

En los resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 se observó una prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños de 11 a 5 años del 26% y, de

31% en adolescentes, lo que sustenta la necesidad de llevar a cabo medidas enérgicas que disminuyan este grave problema (1, 24).

Para poder lograrlo, llevando a cabo programas de ejercicio físico es necesario tener la certeza de que estas personas no padezcan ninguna alteración cardíaca que pueda poner en riesgo su integridad física, ya que existen evidencias de individuos que desconocen el padecimiento de alguna afección cardíaca y se somete a programas de actividad física intensa sin un examen médico previo que los lleva a la muerte (25).

CONCLUSIÓN.

Es necesaria la valoración cardiológica en todos los adolescentes aparentemente sanos, antes de iniciar cualquier programa de activación física o entrenamiento deportivo, que asegure la detección de alteraciones cardiovasculares. También son necesarios estudios cardiológicos más amplios en adolescentes con alteraciones y asintomáticos, para lograr mayor precisión en la atención de dichos padecimientos.

BIBLIOGRAFIA

1. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENS-ANUT) secretaría de Salud de México 2012
2. La Guía de activación física. SEP, CONADE, Dirección de Activación física y recreación. México 2008.
3. Programa de Cultura Física, Calidad en el deporte y Deporte. CONADE. México 2013.
4. Mc.Ardle and Katch. Exercise Physiology. Ed. LWW. 2001. 5ta edición.
5. Juárez Herrera U. Risk factors, therapeutic approaches and in-hospital outcomes in Mexicans with ST-elevations acute myocardial infraction: the RENASICA II multicenter registry. Clinical Cardiology. 2013 May; 35(5):241-18
6. Attie A Carmen. Cardiología Pediátrica. Editorial Médica Panamericana. Segunda Edición. 2013.
7. Ibarra-Lomelí. Prueba de ejercicio con análisis de gases espirados. Arch. Cardiol. Méx. 2012, vol.82, n.2, pp. 160-169. ISSN 1405-9940.
8. Ehrman J. Clinical exercise physiology. Ed Human Kinetics. 2nd ed. USA. 2009.
9. Dishman R. Physical Activity Epidemiology. 2nd ed. USA. 2013
10. Cruz-Robles D. Genética y biología molecular de las cardiopatías congénitas y adquiridas. Archivos Cardiológicos de México, 2005 Vol. 75 número 4: 467-482.
11. Velasco Rodríguez V.M. Muestreo y tamaño de muestra, una guía práctica para personal de salud que realiza investigación. Ed. e-libro.net. Primera edición, 2003.
12. López-Alvarenga J.C.. Reproducibilidad y sensibilidad de un cuestionario de actividad física en población mexicana. Salud pública de México julio-agosto 2001. Vol. 43, no. 4,
13. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). International Standards for Anthropometric Assessment. 1ra edición. 2001.

14. Cole T.J. Establishing a standar definition of child overweight and obesity worldwide: international survey. BMJ 2000; 320:1-6
15. Sullivan M. Kevin. Hemoglobin adjustments to define anaemia. Tropical Medicine and International Health. 2008. Volume 13 No. 10 pp 1276-1271,
16. Radjen S. Effect of iron supplementation on maximal oxygen uptake in female athletes. Vojnosanit Pregl. 2011 Feb; 68(2):130-5. Serbian.
17. Yonezawa K. Effect of blood hemoglobin concentration on anaerobic threshold. Hokkaido Igako. 1991 Jul;66(4):458-67. Sapporo, Japan.
18. Aloros Correderas R. Determinación de la hemoglobina en el laboratorio. ISSN 1988-6047 2008.Dep.Legal:GR 2922/2007 No. 3
19. Guyton. Hall. Tratado de fisiología médica. Editorial McGraw Hill/Interamericana de España. Déciam edición 2001.
- 20.. Duglas PS. Cardiac considerations in the triathlete. Med Sci Sports exerc. 1989 Oct;21(5 Suppl):S214-8.
21. Fernández Ruiz A. Cierre percutáneo de la comunicación interauricular mediante dispositivo de Amplatz: resultado inicial y seguimiento a mediano plazo. Rev. Esp. Cardiol. 2001; 54:1190.1196.
22. Marrelli AJ. Congenital Heart Disease. Editorial Cecil Medicine. 24th edition. Philadelphia 2011.
23. Lomelí C. Hipertensión arterial sistémica en el niño y en el adolescente. Arch. Cardiol. Méx. 2008. vol. 78 supl.2 México
24. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENS-ANUT) secretaría de Salud de México 2006.
25. Troyo BP. Muerte súbita en el paciente adulto sin antecedentes conocidos de cardiopatía. Med. Sur. 2003 Vol 10 Número 4,: 154-156

ARTÍCULO ENVIADO

7.2.1 Título del artículo enviado

Valores del vo_2 y gasto energético de actividades físicas en adolescentes mexicanos.

Carta de envío del artículo

Dr. Vicente Martínez de Haro
Director
Revista Internacional de Medicina y
Ciencias de la Actividad Física y Deporte
P R E S E N T E

Sr. Director:

Adjunto le remito el manuscrito titulado: “**VALORES DEL VO_2 Y GASTO ENERGÉTICO DE ACTIVIDADES FÍSICAS EN ADOLESCENTES MEXICANOS**” para que considere su Publicación en la Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

Tanto mis coautores: Ana Lilia Pérez-Huitimea; José de Jesús Muñiz-Murguía; Eduardo Gómez-Gómez, Gustavo Gabriel Mendieta-Alcántara, Jorge Alanís-Tavira, como yo, Roxana Valdés-Ramos, constatamos que en este manuscrito se presentan los resultados de un trabajo. Asimismo le informamos que los datos de la investigación no han sido publicados previamente, ni sometidos a su consideración en ninguna otra revista científica y han sido recogidos por nosotros.

Declaramos que hemos respetado todos los principios éticos exigidos por su revista, así como pedidos todos los permisos oportunos.

Declaramos que conocemos y acatamos las normas de la Revista.

Todos los autores estamos de acuerdo en remitir este manuscrito a la consideración de la Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, lo que acredito enviando también este correo a todos mis coautores, y asumo personalmente la responsabilidad de la recepción de los comentarios y revisiones que pudieran derivarse, sirviendo de nexo entre la revista y mis coautores.”

A continuación exponemos las **aportaciones novedosas relevantes** que aparecen en el artículo y por las cuales merece ser publicado:

El sedentarismo es un factor de peso para la acumulación de tejido adiposo que conduce a estados de sobrepeso y obesidad. Debido al aumento permanente en la prevalencia de esta condición en la población adolescente es necesario que las investigaciones de salud pública consideren como factor relevante la determinación del tipo de actividades físicas que habitualmente realizan los jóvenes y el gasto energético que inducen.

Para ello es necesario desarrollar instrumentos viables de aplicación en estudios poblacionales que arrojen datos consistentes y válidos. En este estudio, se han determinado los valores de gasto energético de las 18 actividades que con mayor frecuencia y de forma cotidiana realiza una muestra representativa de adolescentes habitantes de la ciudad de Toluca, en México. Estos datos abren la posibilidad de comenzar a diseñar instrumentos para valorar los tipos de actividad física y el requerimiento energético que implican entre los adolescentes.

Atentamente,

Dra. Roxana Valdes-Ramos
Lider del Cuerpo Academico de Nutricion y Salud
Facultad de Medicina, Universidad Autonoma del Estado de Mexico
Paseo Tollocan, esq. Jesus Carranza, Col. Moderna de la Cruz
Toluca, Edo. Mex. 50180
Tel. +52-722-2174831 ext. 122
Fax. +52-722-2174831
Correo E: rvaldesr@uaemex.mx

Vicente Martinez <vicente.martinez@uam.es>

Responder a todos

jue 08/03, 12:33 p.m.

Roxana Valdes Ramos;
+5 destinatarios

[Recibido. Pasa a evaluación \(Ref: artvalores1104\).](#)

Atentamente,

Vicente Martínez de Haro
Director
Rev.int.med.cienc.act.fis.deporte

VALORES DEL VO₂ Y GASTO ENERGÉTICO DE ACTIVIDADES FÍSICAS EN ADOLESCENTES MEXICANOS

VALUES OF VO₂ AND ENERGY EXPENDITURE OF PHYSICAL ACTIVITIES IN MEXICAN ADOLESCENTS

Pérez-Huitimea, AL¹; Muñiz-Murguía, JJ²; Gómez-Gómez. E³; Mendieta-Alcántara. GG⁴; Alanís-Tavira. J⁵; Valdés-Ramos. R¹.

¹ Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Ciencias de la Salud. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma del Estado de México (México) anahuitimea@hotmail.com
rvaldesr@uaemex.mx

² Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas. Universidad de Colima (México)
jesus.muniz@saludcolima.com

³ Facultad de Ciencias de la conducta. Universidad Autónoma del Estado de México (México)
egomezgo@uaemex.mx

⁴ Hospital para el niño. Instituto Materno Infantil del Estado de México (México)
gustavogabrielmen@yahoo.com

⁵ Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología. Facultad de Odontología. Universidad Autónoma del Estado de México (México).
jat_52@hotmail.com

Código UNESCO / UNESCO Code: 2411 Fisiología de ejercicio/ Exercise Physiology

Clasificación Consejo de Europa / Council of Europe Classification: 6. Fisiología del Ejercicio / Exercise Physiology

RESUMEN

Diversos estudios epidemiológicos mencionan el incremento en la prevalencia de obesidad y sobrepeso en niños y adolescentes, el sedentarismo es un factor importante, por lo tanto el objetivo de este estudio ha sido obtener los valores del gasto energético en kilocalorías (EEbsa Kcal/m²/min) de las Actividades Físicas Habituales Comunes (AFHC) de los adolescentes y, diseñar un instrumento que permita estimar el gasto energético. Se determinaron las AFHC realizadas por adolescentes entre 12 y 15 años mediante una encuesta, se obtuvo el valor del gasto energético ajustado por peso corporal mediante calorimetría indirecta (CI). Se diseñó y aplicó un instrumento para estimar el consumo de energía en esta población. Se compararon los valores obtenidos mediante CI y mediante la encuesta diseñada. El valor del gasto energético ajustado a la superficie corporal medido fue de 2.188 Kcal/día y el estimado con el instrumento de 2.125,5 Kcal/día, obteniendo una muy alta correlación de R=0,917.

PALABRAS CLAVE Gasto energético, actividad física, adolescencia.

ABSTRACT

Several epidemiological studies mention the increase in the prevalence of obesity and overweight in children and adolescents. Sedentary lifestyle is an important factor; therefore the objective of this study has been to obtain the values of energy expenditure in kilocalories (EEbsa Kcal / m² / min) of Common Habitual Physical Activities (AFHC) of the adolescents, and to design an instrument that allows to estimate the energy expenditure. The AFHC were determined for adolescents

between 12 and 15 years old through a survey, the value of energy expenditure adjusted by body weight was obtained by indirect calorimetry (IC). An instrument was designed and applied, to estimate the energy consumption in this population. The values obtained by IC and by means of the designed survey were compared. The value of the energy expenditure adjusted to the measured body surface was 2.188 Kcal / day and the estimated with the instrument of 2.125,5 Kcal / day, obtaining a very high correlation of $R = 0,917$.

KEYWORDS Energy expenditure, physical activity, adolescence

INTRODUCCION

De acuerdo con los resultados de la ENSANUT 2016 (1), 4 de cada 10 adolescentes de 12 a 19 años presentan sobrepeso u obesidad, prevalencia combinada de 36,3%, un aumento en comparación con los resultados de la ENSANUT 2012 (2) donde la cifra era de 34,9%. La prevalencia nacional de sobrepeso y obesidad en estas edades fue de 35,8% en mujeres en el año 2012 y de 39,2% en 2016, en los hombres se redujo de 34,1 del 2012 a 33,5 en 2016. El 58,6% de adolescentes encuestados de 10 a 14 años afirmó no haber realizado ningún tipo de actividad física a nivel competitivo en el año previo a esta encuesta, mientras que el 2,5% menciona haber realizado 3 o más actividades físicas. Únicamente 33% refirió haber cumplido con la recomendación de no pasar más de dos horas diarias frente a una pantalla (de televisión, computadora, tableta o celular), mientras que el 39,3% dedicó entre 2 y 4 horas diarias y 27,7% de los adolescentes encuestados dedicaron hasta cuatro o más horas diarias en esta actividad sedentaria. La prevalencia de dos horas diarias o menos frente a una pantalla fue significativamente mayor en localidades rurales (49,2%) que en localidades urbanas (26%). Se encontró también que la prevalencia de diabetes mellitus en el país pasó de un 9,2% en 2012 a un 9,4% en 2016 en población mexicana mayor a 20 años de edad. Finalmente 66,4% de los adolescentes encuestados camina de ida o regreso de la escuela. La ENSANUT 2006 (3) encontró que entre el 30,8% y 39,8% de la población mexicana presenta incrementos en la prevalencia de las enfermedades crónico-degenerativas (sobrepeso, obesidad, hipertensión arterial) (4). Desde la aplicación de la ENSANUT hace 11 años, la prevalencia de peso excesivo en los adolescentes ha aumentado en casi 3 veces. Este incremento se debe a una compleja interacción de factores genéticos y ambientales (5).

En otro estudio en México (6), encontró prevalencia de obesidad de 21,2%. Los jóvenes en promedio realizan 0,5 horas por día de ejercicio vigoroso y 3,7 horas al día miran televisión.

Para atender el notable aumento de sobrepeso y obesidad en adolescentes y niños en México, se requiere desarrollar programas de ejercitación, diseñar instrumentos para monitorearlos y dar seguimiento al impacto de los programas de actividad física. En México se han desarrollado pocos estudios para valorar los niveles de sedentarismo. Morales y colaboradores, desarrollaron una adecuación del *Youth Activity Questionnaire* (YAQ), para poder estimar el grado de actividad e inactividad de los adolescentes de 10 a 19 años del Distrito Federal (7).

Los métodos aceptados para cuantificar o estimar el gasto energético son: Agua doblemente marcada, calorimetría directa y calorimetría indirecta (CI); esta última, es el método más viable y referido para determinar el gasto energético durante la actividad física; muestra los nutrimentos que oxida el sujeto, es una técnica no invasiva y un método muy exacto, su error es menor del 1%, tiene alta reproducibilidad y ha sido considerada como el método del estándar de oro. También estima el gasto metabólico de forma indirecta mediante el estudio del intercambio gaseoso midiendo el consumo de O₂ (VO₂) y la producción de CO₂ (VCO₂) (8,9).

El objetivo de este trabajo es determinar el gasto energético de las actividades físicas habituales comunes (AFHC) que realizan los adolescentes, utilizando CI. Posteriormente, usar esos datos para diseñar un cuestionario recordatorio de actividad física que permita estimar el gasto energético de manera sencilla y confiable. Este instrumento será útil para poder prescribir actividad física sistematizada y asesoría nutrimental y también para facilitar el monitoreo y el impacto de estos programas.

METODOLOGIA

Sujetos

Se incluyeron adolescentes entre 12 y 15 años de edad estudiantes de educación media básica habitantes de la zona urbana de la ciudad de Toluca, México.

Tamaño de la muestra

La primera etapa correspondió a un estudio descriptivo para estimar la proporción de la población que debe ser estudiada para obtener las actividades físicas habituales. Para determinar el tamaño de la muestra se decidió un nivel de magnitud del error del 5%, tomando un valor de significación del 95% (1,96 DS) y utilizando la ecuación para un tamaño de muestra para establecer una proporción, presentada por Velasco R y colaboradores (10) la cual corresponde a: $N = [(Z\alpha)^2 (p)(q)] / \delta^2$; Donde: N = Tamaño de muestra que se requiere; p = Proporción de sujetos portadores del fenómeno; q = 1-p (Complementario, sujetos que no tienen la variable de estudio); δ = Precisión o magnitud del error que puede ser aceptado; y $Z\alpha$ = distancia de la media del valor de significación propuesto a partir de los resultados de la ENSANUT 2006; la cual reporta que el 15,4% de los adolescentes entre 10 y 19 años de edad ven TV más de 4 horas semanales, actividad muy relacionada a una vida sedentaria. Tomando como referencia esta proporción de 15,4% de alumnos con varias horas de ver televisión. Se obtiene una muestra de $N = [(1,96)^2 * (0,154)*(0,846)] / (0,05)^2 = 200$. Se reclutaron 249 alumnos, los 49 adolescentes adicionales fueron, debido al interés en participar.

En la primera etapa que corresponde a medir el valor promedio de energía utilizada para la realización de cada AFHC; se obtuvo una sub-muestra de la muestra estudiada anteriormente. Para determinar su tamaño se utilizó la ecuación correspondiente presentada por Velasco R., y colaboradores: $N = [(Z\alpha)^2 * (\sigma)^2] / \delta^2$; Donde: N = Tamaño de muestra que se requiere; σ = Desviación estándar de la población; δ = precisión o magnitud del error que puede ser aceptado; y $Z\alpha$ = distancia de la media del valor de significación propuesto.

Tomando como referencia lo reportado por López-Alvarenga y colaboradores, quienes en su estudio sobre la reproducibilidad de un cuestionario de actividad física en población adulta joven mexicana, determinaron que la cantidad de energía gastada por kilogramo de peso presentó una desviación estándar de 5,945 Kcal (11). Se desea una precisión de 2 Kcal.

Sustituyendo los valores se tiene: $N = [(1,96)^2 * (5,945)^2] / (2)^2$; $N = [(3,842) * (35,343)] / 4$; $N = 135,788 / 4$; $N = 34$. Del grupo general (249) se seleccionó un sub-grupo de 42 participantes, 21 hombres y 21 mujeres, con el fin de homogenizar y garantizar la N.

Considerando que lo que se busca es establecer una correlación entre las estimaciones del gasto energético obtenidas con el instrumento diseñado y las obtenidas con CI, utilizando el mismo texto de Velasco, se seleccionó otra opción para definir la submuestra; correlación simple de 1 cola. Con un nivel de significación de 0,05 de una cola al 80% y un coeficiente de correlación de $r=0,6$ $N=3+ (K/C^2)$. Sustituyendo $N=3 + (16/0,693^2)$; $N= 36$. Del grupo general (249) se seleccionó un subgrupo de 42 participantes, 21 hombres y 21 mujeres para homogenizar y garantizar la N.

Determinación de Actividades Físicas Habituales Comunes.

Un encuestador capacitado explicó el concepto de la actividad física habitual y lo guió para responder adecuadamente el formato sobre las actividades físicas que habitualmente realiza.

Para determinar las AFHC se utilizó un formato de registro de actividades que recababa los datos generales del adolescente: nombre, lugar, fecha de nacimiento. Era un juego de 6 hojas con horarios desde las 00 a las 23:45 horas con lapsos de 15 minutos, 7 días a la semana, ellos tenían que anotar el horario en el cual realizaban la actividad reportada, qué implemento utilizaban, que distancia recorrían (en caso de haber desplazamiento), el contexto físico en que realizaban y la posición que utilizaban (acostado, parado, sentado).

Los datos de las actividades registradas de cada participante, fueron revisados por el encuestador considerando las características especificadas para clasificarlas en 4 grupos: Cotidianas, Domésticas, Laborales y Extraescolares estas, a su vez se clasificaron en 3 subgrupos: deportivas sistematizadas, académicas y recreativas (sedentarias y activas). Se encuestaron 249 adolescentes.

Se estableció como Actividad Física Habitual Común (AFHC) la realizada al menos por el 10% de la población.

Valoración cardiológica

Un especialista en cardiología pediátrica realizó una valoración cardiovascular a cada adolescente que consistió en: auscultación cardiaca y medición de la presión arterial con esfigmomanómetro de mercurio. A los participantes con taquicardia se les practicó electrocardiografía de superficie de 12 derivaciones y a los 42 participantes de la submuestra una eco cardiografía transtorácica (ACUSON Sequoia 512 manual, transductor 4V1 con frecuencia de 1-4 MHz) en las posiciones paraesternal, apical, subcostal y supra esternal, conforme a estándares internacionales, con el propósito de asegurar que los

adolescentes participantes estuvieran libres de alteraciones funcionales cardiovasculares que representen algún riesgo para la realización de actividad física. Ninguno de los participantes seleccionados fue portador de patologías de riesgo.

Tasa metabólica en reposo

Para medir la tasa metabólica en reposo mediante calorimetría indirecta se utilizó un equipo de oximetría Quarb² de la marca COSMED (Oximetry C01396-01-11 Internal Oximeter board for Sp O2 measurement). Se instruyó a los participantes para que se abstuvieran de realizar cualquier tipo de actividad física de moderada a vigorosa 24 horas antes del estudio, ayuno de al menos 12 horas y que hubieran dormido lo suficiente antes de la medición. Se presentaron en la sala de valoraciones entre las 6 y 7 horas, descansaron en silencio en posición supina sobre una cama exploratoria durante 30 min cubiertos con un cobertor. Posteriormente se procedió a hacer las conexiones propias del equipo calorimétrico. Se inició con las mediciones de consumo de oxígeno (VO_2) y producción de bióxido de carbono (VCO_2), se registraron aquellas que mantuvieron estabilidad y duración continua de 15 minutos. Durante todo el proceso de medición de tasa metabólica en reposo la habitación se mantuvo a una temperatura de 24° C e iluminación natural; el participante permaneció cómodamente recostado y despierto pero relajado y familiarizado con el uso del aparato (8). Para calcular el gasto energético en reposo se utilizó la Formula de Weir: $GE \text{ (kcal/min)} = 3,94 \times VO_2 \text{ (mL/min)} + 1,106 \times VCO_2 \text{ (mL/min)}$ (8,12).

Medición del gasto energético de las AFHC mediante calorimetría indirecta.

Utilizando el equipo de oximetría Quarb² de la marca COSMED, se midieron los volúmenes de oxígeno (VO_2) y dióxido de carbono (VCO_2) de cada participante, durante la ejecución de las AFHC.

Las actividades reproducidas fueron: Ver televisión; ver una película, usar computadora; transcribir un texto escolar, estudiar o hacer tarea; contestar un cuestionario acerca de temas geográficos, atender a clases; observar un video académico en la televisión y hacer un resumen o anotaciones, vestirse y desvestirse; se quitaban la ropa y se la volvían a colocar, peinarse, lavarse los dientes, las manos y cara; se peinaban, se lavaban las manos, la cara con agua y jabón y simulaban lavarse los dientes, debido a que la máscara que se utiliza con el aparato se los impedía, bañarse y aplicarse crema en el cuerpo; simulaban estar lavándose la cabeza y el cuerpo utilizando todos los accesorios necesarios posteriormente se ponían crema en todo el cuerpo, tender una cama; tendían y arreglaban una cama colocando sábanas, cobijas, almohada y colcha, barrer y trapear; los adolescentes utilizaban escoba, recogedor, trapeador y cubeta con agua clorada para asear el piso del lugar, lavar trastes; utilizando loza real, agua, jabón y estropajos y los colocaban en un escurridor, caminar en una caminadora con un metrónomo para contar los pasos a 75, 95, 115 ó 140-160 pasos por minuto con y sin mochila escolar (de 6,5kg) los adolescentes caminaban o corrían siguiendo el sonido del metrónomo y las indicaciones del evaluador.

Estas actividades se realizaron en un lugar adecuado y equipado, en las condiciones más cercanas a lo real, el tiempo de permanencia realizando cada

una fue de 5 a 10 minutos aproximadamente. Durante las evaluaciones se determinaron los valores del consumo de oxígeno absoluto (VO_2 ml/min) y relativo (VO_2 ml/kg/min), producción de dióxido de carbono (VCO_2 ml/min), frecuencia cardíaca (FC ppm), el cociente VO_2 ml/min/FC ppm, gasto energético (EE) en su valor relativo (Kcal/min) y absoluto (Kcal/h), gasto energético ajustado a la superficie corporal en kilocalorías por metro cuadrado de superficie corporal por minuto (EEbsa Kcal/m²/min).

Diseño del instrumento para la estimación del gasto energético por actividad física.

El instrumento se diseñó siguiendo un recordatorio de 24 horas para los 7 días de la semana; cada día está dividido en intervalos de 15 minutos a partir de las 6:00 hasta las 5:45 horas del día siguiente. En un anexo al propio formato se colocaron las actividades consideradas AFHC con su correspondiente clave; la cual servirá para que se registre durante el tiempo y el día en que son realizadas, cuando el adolescente desarrolló otro tipo de actividades que no se consideraron en el menú; se registraron como una actividad adicional y se le asignó una clave que correspondió a la inmediata consecutiva de la última registrada en el menú de AFH. El participante registró las actividades que habitualmente realiza en los 7 días de la semana escribiendo en cada casilla el número de la actividad correspondiente del catálogo proporcionado. Se obtuvo un promedio de los 7 días de registro ya que, en general, los encuestados realizan las mismas actividades durante toda la semana, el análisis de las respuestas indica que es rutinario y existen pocas diferencias entre los días. Con la ayuda de una hoja de cálculo (Excel), se procedió a hacer el cálculo del gasto energético por día, y por semana en Kcal/día, Kcal/día/Kg y en unidades de GEB. La encuesta se aplicó a los 42 adolescentes que realizaron la CI.

PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO

Las distribuciones de los valores oximétricos y energético medidos en cada una de las actividades fueron evaluadas mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov (K-S) para establecer su normalidad. Cuando se determinó que las distribuciones eran normales, se aplicó la prueba de análisis de varianza (ANOVA); se utilizó también la prueba de Levene para establecer la homogeneidad de las varianzas. Cuando se presentó homogeneidad de las varianzas se consideró el resultado de la prueba de DSH de Tukey como contraste; en caso contrario se tomaron los resultados de la prueba de contraste T3 de Dunnett.

El valor de significancia se estableció al 5% ($P < 0,05$). A estos datos también se les aplicó la ecuación de Luis Prieto (13) para confirmar si el coeficiente de correlación intraclase (CCI) corresponde a una fuerza de correlación entre mediana a muy buena. $CCI = k \cdot SC \text{ entre} - SS \text{ total} / ((k-1) \cdot SS \text{ total})$. Sustituyendo los valores se obtiene $CCI = 2 (41812495) - 44643684 / (2-1) (44643684) = 0,87$.

RESULTADOS

Población.

En la primera etapa fueron encuestados 249 adolescentes, 137 hombres (55%) y 112 mujeres (45%) **Tabla 1.**

Tabla 1. Valores antropométricos poblacionales				
	GENERAL	HOMBRES	MUJERES	P
Edad (años)	13,9 (±0,88)	14,1 (±0,88)	13,9 (±0,86)	0,229
Peso corporal (kg)	53,7 (±11,5)	54,8 (±11,67)	52,5 (±11,37)	0,128
Estatura (cm)	158,4 (±8,4)	161,7 (±7,86)	154,6 (±6,00)	<0,001*
Superficie corporal (m ²)	1,54 (±0,191)	1,57 (±0,194)	1,51 (±0,181)	0,009*
CMC (cm)	71,5 (±8,9)	71,9 (±9,0)	70,94 (±8,8)	0,402
IMC (Kg/m ²)	21,2 (±3,8)	20,9 (±3,64)	21,9 (±3,94)	0,035*
<i>Clasificación del índice de masa corporal. Frecuencias (%)</i>				
Sin sobrepeso	180 (72,3%)	104 (75,9%)	75 (67%)	
Sobrepeso	54 (21,6%)	23 (16,8%)	32 (28,6%)	
Obeso	15 (6,02%)	10 (7,3%)	5 (4,5%)	
N	249	137	112	
<i>T-Student test. * = Valor significativo CMC, circunferencia mínima de la cintura. IMC, Índice de masa corporal.</i>				

Actividades

En la encuesta aplicada a 249 adolescentes se registraron de 58 actividades físicas habituales (AFH), de las cuales las comunes (AFHC) son 18, realizadas al menos por el 10% de la población: Descanso, Ver televisión, Usar computadora, Hacer tarea o estudiar, Atender a clases, Vestirse y desvestirse, Peinarse, lavarse los dientes, las manos y la cara, Bañarse y aplicarse crema en el cuerpo, Tender la cama, Barrer, Trapear, Lavar trastes, Caminar a 75 pasos por minuto, Caminar a 95 pasos por minuto, Caminar a 95 pasos por minuto cargando una mochila de 6,5 kg, Caminar a 115 pasos por minuto cargando una mochila de 6,5 kg, Caminar a 115 pasos por minuto, Correr entre 140 y 160 pasos por minuto.

Calorimetría Indirecta

Se seleccionó una muestra de 42 adolescentes para medir el gasto energético mediante CI

Los valores calorimétricos y oximétricos se obtuvieron en 21 hombres y 21 mujeres y para analizar se dividió en tres grupos según la magnitud del gasto energético: 1) intensidad Baja, las actividades cuyo costo energético fue igual o menor a “estudiar-hacer tarea”; 2) intensidad Moderada, cuyo costo energético fue menor o igual a “trapear” y, 3) intensidad Alta actividades cuyo costo energético fue igual o mayor a “caminar a 75 p/min” (EE_(Kcal/min)) (**Tabla 2**)

TABLA 2. VALORES OXIMÉTRICOS MEDIDOS EN CADA AFHC ORDENADAS CONFORME AL GASTO ENERGÉTICO EN TRES GRUPOS: BAJA INTENSIDAD, MODERADA INTENSIDAD, ALTA INTENSIDAD

ACTIVIDADES DE BAJA INTENSIDAD	VO₂ (ml/min)	VCO₂ (ml/min)	VO₂ (ml/kg/min)	FC	VO₂/FC (ml/min)
REPOSO	138,37(±47,5)	131,21(±37,15)	3,57(±5,7)	70,52(±3)	1,96
VER TELEVISIÓN	224,57(±71,99)	165,51(±54,11)	4,15(±1,21)	74 (±15)	3,15 (±1,5)
ATENDER A CLASES	254,19 (±74,4)	189,49 (±58,4)	4,71 (±1,25)	77,9 (±16)	3,25 (±1,3)
USAR COMPUTADORA	281,32 (±92,4)	211,64 (±75,1)	5,20 (±1,49)	78,8(±15)	3,62 (±1,4)
ESTUDIAR O HACER TAREA	288,36 (±95,8)	213,09 (±73,72)	5,31 (±1,55)	76,63 (±19,9)	3,59 (±1,58)

ACTIVIDADES DE MODERADA INTENSIDAD	VO₂ (ml/min)	VCO₂ (ml/min)	VO₂ (ml/kg/min)	FC	VO₂/FC (ml/ppm)
LAVAR TRASTES	438,32 (±222,4)	346,14 (±180,6)	7,88 (±2,73)	92,3 (±27)	4,33 (±2,5)
PEINARSE, LAVAR DIENTES, MANOS O CARA	446,18 (±162,5)	334,26 (±128,1)	8,14 (±2,33)	86,72 (±26,4)	4,71 (±2,3)
BAÑARSE Y COLOCAR CREMA EN EL CUERPO	474,93 (±166,7)	358,07 (±132,9)	8,68 (±2,4)	91,59 (±25)	4,92 (±2,3)
VESTIRSE Y DESVESTIRSE	497,54 (±173,9)	369,73 (±133)	9,14 (±2,7)	95,57 (±19,2)	5,16 (±20)
TENDER LA CAMA	538,93 (±189,6)	409,04 (±148,2)	9,83 (±2,57)	93,42 (±24,5)	7,09 (±8,9)
BARRER	584,28 (±23,2)	451,88 (±182,9)	10,64 (±3,18)	94 (±29,3)	5,63 (±2,9)
TRAPEAR	609,54 (±227,5)	480,96 (±182,9)	11,24 (±3,83)	100,73 (±23,2)	6,27 (±3,11)

ACTIVIDADES DE ALTA INTENSIDAD	VO₂ (ml/min)	VCO₂ (ml/min)	VO₂ (ml/kg/min)	FC	VO₂/FC (ml/ppm)
CAMINAR 75 p/min	873,34 (±325,4)	681,78 (±282,4)	15,92 (±4,24)	111,98 (±29)	7,25 (±3,11)
CAMINAR 95p/min	1139,24 (±384,4)	942,78 (±338)	20,94 (±5,6)	128,29 (±26,6)	9,21 (±3,19)
CAMINAR/MOCHILA 95 p/min	1297,71 (±379,5)	1106,97 (±344,5)	23,85 (±5)	139,20 (±25)	9,33 (±2,81)
CAMINAR/MOCHILA 115 p/min	1475,15 (±383,6)	1300,01 (±346,8)	27,31 (±5,8)	153,05 (±22,2)	10,05 (±3,4)
CAMINAR 115p/min	1521,83 (±388,2)	1362,14 (±348,2)	28,18 (±5,99)	158,17 (±22,28)	9,85 (±2,75)
CORRER 140-160p/min	1795,42 (±545,7)	1717,22 (±547,1)	33,25 (±8,6)	173,04 (±17,6)	10,66 (±3,6)

Valores oximétricos medidos en las AFHC

A partir de las mediciones oximétricas se obtuvieron los valores promedio del gasto energético por minuto ($EEm_{(Kcal/min)}$), gasto energético por kilogramo de peso corporal por minuto ($EEkg_{(Kcal/kg/min)}$), y el gasto energético por metro

cuadrado de superficie corporal por minuto (EE/BSA ($Kcal/min/m^2$)) en cada AFHC. Aunque las distribuciones de datos fueron normales en cada uno de estos indicadores, no se cumplió con el criterio de homogeneidad de la varianza; por lo que se aplicó la prueba T3 _ Dunnet como contraste a posteriori. La **Figura 1** muestra la distribución de los valores promedio del Gasto Energético de las AFHC ($EEkg$ ($Kcal/kg/min$)).

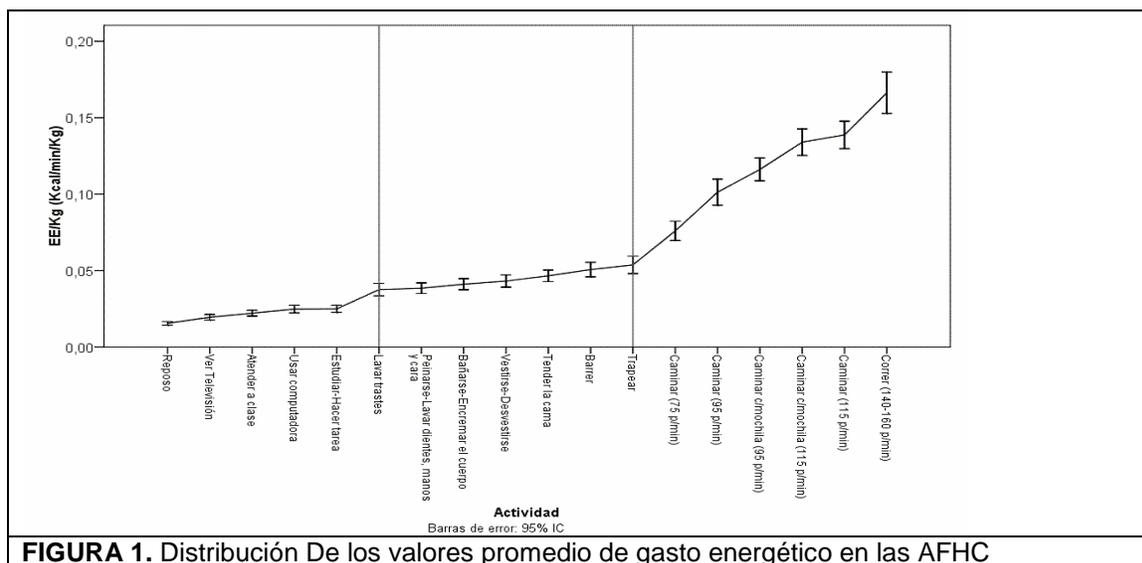


FIGURA 1. Distribución De los valores promedio de gasto energético en las AFHC

Para saber cuál es el valor antropométrico mejor predictor del gasto energético en cada AFHC; se tomó al peso corporal y a la superficie corporal para establecer un referente. El modelo de regresión lineal resultó ser el mejor predictor entre el peso corporal, la superficie corporal y el valor de gasto energético en cada una de las actividades evaluadas como se observa en la **Tabla 3**, los valores de correlación (R) van de moderados a altos; y los valores de la proporción del efecto (R^2) van de bajos a moderados pero todos con una alta significatividad. Se observa que los valores de las actividades de baja intensidad son los que presentan los valores de R y R^2 más bajos, mientras que las actividades moderadas y altas presentan valores más altos.

TABLA 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE REGRESIÓN DE MODELO LINEAL CON RESPECTO AL GASTO ENERGÉTICO POR MINUTO EN CADA AFHC.						
ACTIVIDADES DE BAJA INTENSIDAD.	Superficie corporal			Peso corporal		
	R	R^2	P	R	R^2	P
Reposo	0,558	0,312	P<0,001	0,531	0,282	<0,001
Ver Televisión	0,474	0,225	P=0,002	0,409	0,167	=0,007
Atender a clases	0,504	0,254	P=0,001	0,454	0,206	=0,003
Usar computadora	0,468	0,200	P=0,002	0,418	0,175	=0,006
Estudiar o hacer tarea	0,543	0,295	P<0,001	0,491	0,241	=0,001
ACTIVIDADES DE MODERADA INTENSIDAD						
Lavar los trastes	0,720	0,519	P<0,001	0,670	0,450	<0,001
Peinarse, lavarse dientes, manos y cara	0,656	0,431	P<0,001	0,619	0,383	<0,001

Bañarse y colocarse crema en el cuerpo	0,652	0,424	P<0,001	0,607	0,369	<0,001
Vestirse y desvestirse	0,593	0,352	P<0,001	0,548	0,301	<0,001
Tender la cama	0,703	0,495	P<0,001	0,673	0,453	<0,001
Barrer	0,685	0,469	P<0,001	0,646	0,417	<0,001
Trapear	0,435	0,189	P=0,004	0,411	0,169	=0,007
ACTIVIDADES DE ALTA INTENSIDAD						
Caminar a 75 p/min	0,732	0,536	P<0,001	0,677	0,458	<0,001
Caminar 95 p/min	0,647	0,419	P<0,001	0,601	0,361	<0,001
Caminar 95 p/min/c mochila	0,732	0,536	P<0,001	0,688	0,473	<0,001
Caminar 115 p/min/ mochila	0,665	0,442	P<0,001	0,611	0,373	<0,001
Caminar 115 p/min	0,657	0,431	P<0,001	0,605	0,366	<0,001
Correr 140-160 P/min	0,539	0,290	P<0,001	0,477	0,228	=0,001
N=42						

Aplicación del instrumento

Con los resultados anteriores se diseñó y construyó una hoja de cálculo que permite obtener el gasto energético total (GET) por día. Se compararon los resultados de la CI y los resultados obtenidos por el instrumento diseñado.

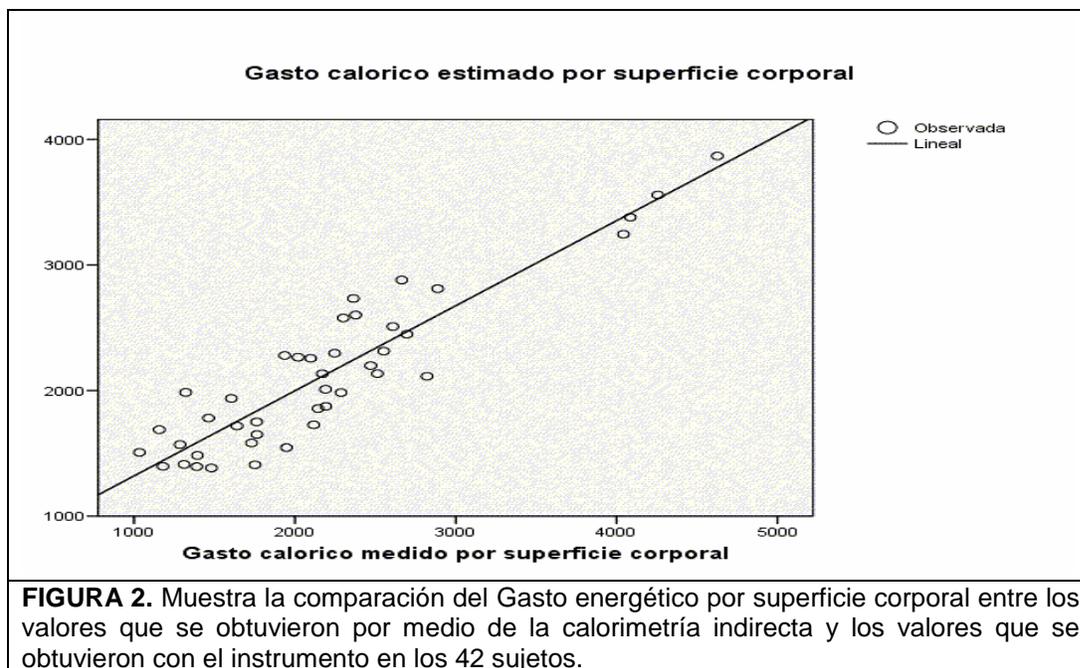
Se realizó un análisis de regresión lineal para valorar la correlación entre los valores medidos de las AFHC en cada sujeto en un día utilizando CI, contra el valor de gasto energético estimado ocupando los valores obtenidos por el instrumento diseñado en los 42 sujetos. Se observó en los resultados que la relación R es muy cercana, la correlación es muy alta $R = 0,917$ en el valor ajustado a la superficie corporal y $R = 0,914$ en el valor ajustado al peso corporal. La $R^2 = 0,841$ (gasto energético ajustado a la superficie corporal) y $R^2 = 0,835$ (gasto energético ajustado al peso corporal) explica el porcentaje del efecto de la variable independiente sobre la dependiente. El porcentaje de efecto puede ser explicado a partir del gasto medio y a partir del gasto estimado (**Tabla 4**).

TABLA 4. GASTO ENERGÉTICO AJUSTADO A LA SUPERFICIE CORPORAL (Kcal/día) y al PESO CORPORAL (Kcal/día)

SUJETO	SUPERFICIE CORPORAL (Kcal/día)		PESO CORPORAL (Kcal/día)	
	VALOR MEDIDO	VALOR ESTIMADO	VALOR MEDIDO	VALOR ESTIMADO
1	2.190,59	2.010,55	2.199,4	2.010,95
2	4.256,56	3.557,9	4.261,45	3.785,17
3	4.084,98	3.380,12	4.017,91	3.624,46
4	2.888,27	2.811,33	2.913,8	2.600,38
5	2.020,09	2.266,11	2.042,04	1.944,6
6	2.821,36	2.114,15	2.807,62	2.178,42
7	2.696,91	2.448,92	2.660,88	2.521,85
8	4.042,88	3.245,01	4.078,12	3.391,94
9	2.664,28	2.881,06	2.661,77	3.081,26
10	4.626,63	3.868,1	4.580,45	4.795,19

11	1.936,55	2.279,67	1.950,62	2.124,13
12	2.301,38	2.578,5	2.304,74	2.394,13
13	2.364,01	2.733,55	2.336,26	2.771,95
14	2.098,34	2.257,48	2.084,28	2.276,08
15	2.552,49	2.314,48	2.564,58	2.343,9
16	2.608,95	2.510,27	2.598,9	2.606,05
17	1.321,26	1.985,76	1.299,61	2.085,8
18	2.513,33	2.135,16	2.525,66	2.024,04
19	2.378,15	2.601,85	2.385,79	2.504,33
20	1.604,82	1.937,69	1.618,19	1.739,17
21	2.247,12	2.297,65	2.259,95	2.054,15
22	1.463,46	1.781,51	1.438,35	1.734,8
23	1.731,07	1.583,02	1.695,72	1.506,4
24	2.117,32	1.727,58	2.099,93	1.583,28
25	1.394,34	1.484,13	1.395,85	1.265,44
26	1.481,59	1.384	1.463,34	1.193,16
27	2.287,48	1.984,49	2.249,49	1.756,95
28	1.311,65	1.412,28	1.306,34	1.167
29	1.286,19	1.570,43	1.284,04	1.378,28
30	1.762,52	1.751,29	1.753,37	1.427,99
31	1.947,96	1.546,36	1.900,85	1.436,53
32	2.471,59	2.198,98	2.421,63	2.204,07
33	1.751,79	1.409,88	1.754,36	1.188,07
34	2.192,69	1.874,1	2.187,8	1.586,94
35	1.033,95	1.507,83	1.021,11	1.344,25
36	1.156,83	1.688,96	1.151,32	1.399,73
37	1.390,09	1.395,07	1.379,1	1.221,37
38	2.170,69	2.133,97	2.074,11	2.425,36
39	1.640,18	1.718,72	1.625,88	1.580,16
40	1.764,02	1.650,28	1.758,37	1.213,09
41	1.179,98	1.396,95	1.185,48	1.139,67
42	2.144,22	1.856,98	2.108,12	1.892,2
n=42	X=2.188,06(838,56)	X=2.125,53(619,42)	X=2.176,35(836,61)	X=2.059,59(802,20)

Valor para modelo lineal. $R=0,917$ $R^2=0,841$ $p<0,001$ Valor para modelo lineal $R=0,914$
 $R^2=0,835$ $p<0,001$



La **FIGURA 2.** Muestra la comparación del gasto energético por superficie corporal entre los valores que se obtuvieron por medio de calorimetría indirecta y los valores que se obtuvieron con el instrumento en los 42 sujetos.

Se obtuvo un resultado del coeficiente de correlación intra clase (CCI) de: 0,873 utilizando los resultados de las mediciones hechas con el oxímetro y las que se obtuvieron con el instrumento diseñado, a este valor se le otorga una calificación de Buena.

DISCUSIÓN

Este trabajo establece con validez estadística las Actividades Físicas Habituales (AFH) y las Actividades Físicas Habituales Comunes (AFHC) de los adolescentes de la cd. De Toluca, Estado de México. El gasto energético promedio ajustado a la superficie corporal (kcal/día) medido por CI fue de 2.176,35 ± 836,61. Estos valores son similares a los reportados previamente para mujeres adolescentes 2.322 ± 281 kcal/día (14) y 1.554 ± 195 kcal/día y 1.270 ± 174 kcal/día para hombres y mujeres respectivamente (15). Las diferencias entre los valores reportados previamente y los presentados en este trabajo podrían explicarse por las diferencias raciales/étnicas y estilos de vida entre las comunidades estudiadas así como el tamaño de las poblaciones. Los valores típicos de este trabajo son comparables a los obtenidos a través de la aplicación de ecuaciones derivadas de mediciones realizadas mediante diferentes métodos, siendo la calorimetría indirecta el más frecuente de ellos (16,17).

El valor estimado por el instrumento fue de 2.059,59 ± 802,20 kcal/día, y el valor medido por CI fue de 2.176,35 ± 836,61 kcal/día, estos valores son equivalentes con una correlación $R^2 = 0,835$ ($p < 0,001$).

El instrumento permite identificar las actividades físicas que se realizan, el tiempo que se les dedica y estima el gasto energético total implicado en ellas.

También permite obtener información de poblaciones amplias con un estilo de vida estándar con un alto nivel de certidumbre, sin embargo, para incluir a poblaciones con niveles de actividad física laboral habitual y deportiva sistemática y competitiva amateur es necesario medir con calorimetría indirecta actividades específicas deportivas, domésticas y laborales.

Ainsworth y cols., propusieron un sistema para clasificar la intensidad de las actividades a partir del valor de VO_2 en reposo (PAR por sus siglas en inglés: *physical activity ratio*); en el cual el esfuerzo ligero corresponde a aquellos que inducen el consumo de oxígeno o gasto de energía 3 veces por encima del valor en reposo, el esfuerzo pesado exige entre 6 y 8 veces y el trabajo máximo presenta exigencias superiores a 9 veces de los valores en reposo. La mayoría de las actividades laborales y hogareñas exigen menos de 3 veces los valores en reposo (18). Con respecto a las actividades que medimos: ver televisión, atender a clases, usar computadora, estudiar o hacer tarea, vestirse y desvestirse, peinarse y lavarse las manos y la cara, bañarse, tender la cama, barrer, trapear, lavar trastes y caminar a 75 pasos por minuto corresponden a un esfuerzo ligero en el sistema de Ainsworth. Las actividades de caminar a 95 p/min con y sin mochila, caminar a 115 p/min con y sin mochila y correr a 140-160 p/min se clasificaron como esfuerzo pesado. Utilizando el parámetro de consumo de oxígeno (VO_2 ml/kg/min) no se clasificó ninguna como trabajo máximo.

La aportación de este trabajo son los valores promedio de Gasto Energético para cada una de las AFHC realizadas por los adolescentes medidas con calorimetría indirecta, siendo este el método más confiable (19) y, el diseño, a partir de estos valores, de un instrumento para estimar el Gasto Energético por actividad física, el cual deberá ser validado en un estudio poblacional de adolescentes de mayor tamaño.

El Cuestionario de Actividad e Inactividad de los Estudiantes Mexicanos (CAINM) (basado en el Youth/ Adolescent Activity Questionnaire YAAQ) (20) mostró validez aceptable para estimar el tiempo de ver televisión y de una actividad moderada y vigorosa entre los estudiantes de 10 a 14 años de la ciudad de México, sin embargo no aporta datos sobre actividades académicas o domésticas que realizan los adolescentes.

El Cuestionario de Actividad Física (CAF), elaborado por la universidad de Laval, Canadá (11) adaptado para aplicarse en México se basa en un recordatorio de 24 horas en intervalos de 15 minutos y permite estimar el gasto energético; pero solo contempla el registro de 3 días de actividad física. Como puede apreciarse existen importantes diferencias entre este trabajo y los instrumentos en uso. El aquí presentado está basado en las medidas objetivas utilizando CI de actividades específicas y además contempla el registro de las actividades realizadas por cada sujeto durante 7 días por 24 horas en intervalos de 15 minutos. En general los encuestados realizan las mismas actividades durante toda la semana, el análisis de las respuestas indica que es rutinario y existen pocas diferencias entre los días. La repetición de una semana completa sería útil para detectar los posibles cambios de rutina de un sujeto en particular, de ser así deberían tomarse en cuenta para el registro de un sujeto. Tanto el CAINM como el CAF no son comparables con los datos obtenidos por calorimetría indirecta de actividades específicas. Sin embargo, la utilidad de los cuestionarios se basa en

su bajo costo y la facilidad de su aplicación. Teniendo en cuenta estos datos proponemos que la estructuración de los cuestionarios para estimar el gasto energético se base en datos obtenidos con metodologías que incluyan la medición del gasto energético de las AFHC demográficas específicas mediante métodos cuantitativos.

Investigaciones realizadas recientemente en México indican que las mujeres realizan menos actividad física que los hombres, predominando el sedentarismo y las actividades físicas de ligeras a moderadas (21). Existe evidencia del papel que juega el sedentarismo sobre el deterioro del estado de salud y, que al practicar ejercicio físico se aumenta el gasto energético (22), así como también sobre los beneficios del ejercicio físico en escolares con sobrepeso u obesidad (23). Por tal motivo el diseño de un instrumento que estime el gasto energético es una estrategia inicial para que los investigadores relacionados con actividad física dirijamos nuestra atención a las conductas sedentarias y, partir de ahí diseñar planes de activación física personalizados.

CONCLUSIONES

Se identificaron las AFH y las AFHC de los adolescentes. Las AFHC se clasificaron en 3 niveles: bajo, moderado y alto. La valoración del gasto energético de las AFHC mediante calorimetría indirecta produjo datos que muestran diferencias sensibles y significativas entre cada una de las actividades medidas, la información es suficiente para estructurar un instrumento válido para su aplicación en estudios epidemiológicos que requieran valorar el gasto energético de manera sencilla, confiable y de bajo costo. El instrumento toma en cuenta las diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres del gasto energético que demandan ciertas actividades

La metodología aplicada en este trabajo es útil para realizar estudios similares con muestras representativas en diferentes comunidades del país y hacer las respectivas comparaciones entre diferentes grupos raciales/ étnicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENS-ANUT) Secretaría de Salud de México 2016.
2. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENS-ANUT) Secretaría de Salud de México 2012.
3. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENS-ANUT) Secretaría de Salud de México 2006.
4. Cordova-Villalobos JA, Barriguete-Meléndez JA, Lara-Esqueda A, Barquerea S, Rosas-Peralta M, Hernández-Ávila M, De León-May ME, Aguilar-Salinas CA. Las enfermedades crónicas no transmisibles en México: Sinopsis epidemiológica y prevención integral. *Salud Pub Mex* 2008; 50(5): 419-427.
5. Brio FM, Wien M. Childhood obesity and adult morbidities. *Am J Clin Nutr* 2010;91 (suppl): 1499S-1505S.
6. Lazcano-Ponce EC, Hernández B, Cruz-Valdez A, Allen B, Díaz R, Hernández C, Anaya R, Hernández-Ávila M. Chronic disease risk factors among healthy adolescents attending public schools in the state of Morelos, México. *Arch Med Res* 2003; 34 (3):222-36.
7. Morales-Ruán MC, Hernandez-Prado B, Gómez-Acosta LM, Shamah-Levy T, Cuevas-Nasu L. Obesity, overweight, screen time and physical activity in Mexican adolescents. *Salud Púb Méx* 2009; 51(Suppl. 4):S613-S620.
8. Marsé-Milla P, Diez-Poch M, Raurich-Puidgevall JM. Calorimetría: aplicaciones y manejo. *Nutr Clín Med* 2008; II (3): 155-166.
9. Pinherio-Volp AC, Esteves de Oliveira FC, Duarte Moreira Alves R, Esteves EA, Bressan J. Energy Expenditure: Components and evaluation methods. *Nutr Hosp* 2011; 26(3):430-440.
10. Velasco-Rodríguez VM, Martínez-Ordaz VA, Roiz-Hernández J, Huazano-García F, Nieves-Rentería A. Muestreo y tamaño de muestra, una guía práctica para personal de salud que realiza investigación. Ed. El Cid Editor e-libro.net. Primera edición, 2003.
11. López-Alvarenga JC, Reyes-Díaz S, Castillo-Martínez L, Dávalos-Ibáñez A, González-Barranco J. Reproducibilidad y sensibilidad de un cuestionario de actividad física en población mexicana. *Salud Púb Méx* 2001; 43:306-312.
12. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. Ed. Wolters Kluwer. 2014. 8va edición.
13. Prieto L, Lamarca L, Casado A. La evaluación de la fiabilidad entre las observaciones clínicas: el coeficiente de correlación intraclase. *Med Clín* 1998; 110 (4): 142-145.
14. Wong WW. Energy expenditure of female adolescents. *J Am Coll Nutr* 1994 13(4):332-7.
15. Buchowski MS, Chen KY, Byrne D, Wang WC. Equation to estimate resting energy expenditure in adolescents with sickle cell anemia. *Am J Clin Nutr* 2002; 76:1335–1344.
16. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 1985; 39:4–42.

17. Human energy requirements: Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation, 2001.
18. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, Bassett Jr. DR, Schmitz KH, Emplaincourt PO, Jacobs Jr. DR, Leon AS. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25:71.
19. Hall-López JA, Ochoa-Martínez PY, Moncada-Jiménez J, Ocampo-Méndez MA, Martínez-García I, Martínez-García MA. Confiabilidad del consumo máximo de oxígeno evaluado en pruebas de esfuerzo consecutivas mediante calorimetría indirecta. *Nutr Hosp* 2015; 31 (14): 1726-1732.
20. Hernández-Prado B, Gotmaker SL, Laird NM, Colditz GA, Parra S, Peterson KE. Validez y reproducibilidad de un cuestionario de actividad e inactividad física para escolares de la ciudad de México. *Salud Pùb Méx* 2000; 42 (4): 315-323.
21. Meneses-Montero M, Ruíz-Juan F. Estudio longitudinal de los comportamientos y el nivel de actividad físico-deportiva en el tiempo libre en estudiantes de Costa Rica, México y España. *Retos* 2017; 31:219-226.
22. Aguilera-Cervantes VG, López-Espinoza A, Martínez-Moreno AG, Llanes-Cañedo C, Valdés-Miramontes EH, Ezzahra-Housni F, Bracamontes del Toro H, Ruelas-Castillo MG, Reyes-Castillo Z. Effect of the number of interruptions in the pattern of the sedentary behavior on energy expenditure. *Rev Mex Trastornos Alimentarios* 2016; 7 (1): 46-55.
23. Martínez-López EJ, Moreno-Cerceda J, Suárez-Manzano S, Ruíz-Ariza A. Efecto y satisfacción de un programa de actividad física controlada por pulsómetro en el índice de masa corporal de escolares con sobrepeso-obesidad. *Retos* 2018; 33: 179-184.

8. DISCUSIÓN GENERAL

Este trabajo muestra una valoración cardiológica de un grupo de adolescentes detectando algunas anomalías, y establece con validez estadística las Actividades Físicas Habituales (AFH) y las Actividades Físicas Habituales Comunes (AFHC) de los adolescentes de la cd. De Toluca, Estado de México. Las AFHC son las que realizan al menos el 10% de los adolescentes. El valor promedio obtenido mediante calorimetría indirecta fue de 2176.35 ± 836.61 kcal/día, mientras que el valor estimado mediante el instrumento fue de 2059.59 ± 802.20 kcal/día, estos valores son equivalentes con una correlación $R^2 = 0.835$ ($p < 0.001$).

Las diferencias entre los valores reportados previamente y los presentados en este trabajo podrían explicarse por las diferencias raciales/étnicas y estilos de vida entre las comunidades estudiadas así como el tamaño de las poblaciones.

Los valores típicos de este trabajo son comparables a los obtenidos a través de la aplicación de ecuaciones derivadas de mediciones realizadas mediante diferentes métodos, siendo la calorimetría indirecta el más frecuente de ellos (34-36).

Los valores promedio medidos mediante calorimetría indirecta de las AFHC, se utilizaron para desarrollar un instrumento automatizado para estimar el gasto energético de los adolescentes en periodos de 24 horas con registros cada 15 minutos. Para validar el instrumento se aplicó a una población de 21 hombres y 21 mujeres adolescentes, siendo los mismos a quienes se les realizó la calorimetría indirecta. En algunas actividades se detectaron diferencias entre sexo, las cuales se consideraron para el diseño del instrumento en la estimación del gasto energético por actividad física.

El instrumento tiene aplicación específica para adolescentes habitantes de Toluca México, permite identificar en cada individuo del estudio, sus actividades físicas, el tiempo que les dedica y estimar el gasto energético total implicado. El instrumento desarrollado permite obtener información de poblaciones amplias con estilo de vida estándar con un alto nivel de certidumbre. Sin embargo, para incluir a poblaciones con un alto nivel de actividad física habitual, laboral, deportiva

sistemática y competitiva amateur es necesario medir con calorimetría indirecta actividades específicas, deportivas, domésticas y laborales.

Dado que la estimación del gasto calórico mantiene una buena correlación con los valores obtenidos mediante calorimetría indirecta, un estudio comparativo entre este instrumento con otros instrumentos actualmente en uso , como el Cuestionario de Actividad e Inactividad de los Estudiantes Mexicanos (CAINM) (14) basado en el Youth/ Adolescent Activity Questionnaire (YAAQ) y El Cuestionario de Actividad Física (CAF), elaborado por la universidad de Laval, Canadá,(15) adaptado para aplicarse en México. El CAINM mostró validez aceptable para estimar el tiempo de ver televisión y de la actividad moderada y vigorosa entre los estudiantes de 10 a 14 años de la ciudad de México. Sin embargo no aporta datos sobre actividades académicas o domésticas que realizan los adolescentes. El segundo se basa en un recordatorio de 24 horas en intervalos de 15 minutos, permite estimar el gasto energético; pero solo contempla el registro de 3 días de actividad física. Como puede apreciarse existen importantes diferencias entre este trabajo y los instrumentos en uso. El trabajo aquí presentado está basado en las medidas objetivas de calorimetría indirecta de actividades específicas y además contempla el registro de las actividades realizadas por cada sujeto durante 7 días por 24 horas en intervalos de 15 minutos. En general los encuestados realizan las mismas actividades durante toda la semana, el análisis de las respuestas indica que es rutinario y existen pocas diferencias entre los días. La repetición de una semana completa sería útil para detectar los posibles cambios de rutina de un sujeto en particular, de ser así deberían tomarse en cuenta para el registro de un sujeto.

La aportación de este trabajo es un instrumento para estimar el Gasto Energético de adolescentes mexicanos a partir de los valores promedio de Gasto Energético para cada una de las AFHC medidas mediante CI. Los resultados obtenidos en este trabajo justifican la validación con un estudio poblacional de adolescentes de mayor tamaño. Pero también es un protocolo que puede adaptarse para elaborar los instrumentos para estimar el gasto energético de poblaciones con otras características étnicas, etarias y de nivel de actividad física.

9. CONCLUSIONES GENERALES

Es de suma importancia la valoración cardiológica y la estimación del gasto energético previa a la práctica del ejercicio físico con el fin de detectar cualquier alteración cardiovascular, así como también con el objetivo de planificar y dosificar de una manera adecuada la actividad física y/o el entretenimiento deportivo.

Se identificaron las Actividades físicas habituales comunes (AFHC) de los adolescentes de la ciudad de Toluca se clasificaron en tres niveles de gasto energético: bajo, moderado y alto. Con la valoración del gasto energético de las AFHC mediante calorimetría indirecta se obtuvieron datos que muestran diferencias sensibles y significativas entre cada una de las actividades medidas, la información es suficiente para estructurar un instrumento válido para su aplicación en estudios epidemiológicos que requieren valorar el gasto energético de manera sencilla, confiable y de bajo costo.

El instrumento toma en cuenta las diferencias estadísticamente significativas del gasto energético entre hombres y mujeres.

La metodología aplicada en este trabajo es útil para realizar estudios similares con muestras representativas en diferentes comunidades del país y hacer las respectivas comparaciones en diferentes grupos.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Lazcano-Ponce EC, Hernández B, Cruz-Valdez A, Allen B, Díaz R, Hernández E, et al. Chronic disease risk factors among healthy adolescents attending public schools in the state of Morelos, México. *Arch Med Res* 2003; 34 (3): 222-236.
2. Cordova-Villalobos JA, Barriguet-Meléndez JA, Lara-Esqueda A, Barquera S, Rosas-Peralta M, Hernández-Ávila M. et al. Las enfermedades crónicas no transmisibles en México: Sinopsis epidemiológica y prevención integral. *Salud Pub Mex* 2008; 50 (5): 419-427.
3. Mier N, Medina AA, Ory MG. Mexican Americans with type 2 diabetes: perspectives on definitions, motivators and programs of physical activity. *Prev Chronic Dis* 2007; 4 (2): A24.
4. Casanueva E, Kaufer-Horwitz M, Pérez-Lizaurd AB, et al. Obesidad en el adulto. *Nutriología Médica*. Ed. Médica Panamericana. Segunda edición, 2001: 283-310.
5. Ramírez Mayans J.A, García-Campos M, Cervantes-Bustamante R, Mata-Rivera N, Zárate-Mondragón F, Mason-Cordero T, et al. Transición alimentaria en México. *An Pediatr* 2003; 58 (6):568-573.
6. Martínez-Gómez D, Puertollano MA, Warnberg J, Calabro MA, Welk GJ, Sjostorm M, et. al. Comparision of the ActiGraph accelerometer and Bouchard diary to estimate energy expenditure in spanish adolescents. *Nutr Hosp* 2009; 24 (6): 701-710.
7. Brio F M., Wien M. Childhood obesity and adult morbidities. *Am J Clin Nutr* 2010; 91(15): 1499-1505.

8. Marrodán Serrano MD, Mesa-Saturnino MS, Alba.Díaz JA, Ambrosio-Soblechero B, Barrio-Caballero PA, Drak Hernández L. et al Diagnosis de la obesidad: actualización de criterios y su validez clínica y poblacional. *An Pediatr (Barc)* 2006; 65 (1): 5-14.
9. Coleman KJ, Tiller CL, Sanchez J. Prevention of the epidemic increase in child risk of overweight in low-income schools. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2005; 159 (39): 217-224.
10. Centers of disease control and prevention. Schools health guidelines to promote healthy eating and physical activity. *MMWR* 2011; 60 (5):1-80.
11. Balas-Nakash M, Benítez-Arciniega A, Perichart-Perera O, Valdés-Ramos R, PhD, Vadillo-Ortega F. The effect of exercise on cardiovascular risk markers in Mexican school-aged children: comparasion between two structured group routines. *Salud Púb Méx* 2010; 52: 398-405.
12. Gálvez A, Rodríguez PL, Velandrino A. IAFHA: Inventario de actividad física habitual para adolescentes. *Cuadernos de psicología del deporte* 2006; 6 (2): 85-99.
13. Morales-Ruán MC, Hernández-Prado B, Gómez-Acosta LM, Shamah-Levi T, Cuevas-Nasú L. Obesity, overweight, screen time and physical activity in Mexican adolescents. *Salud Púb Méx* 2009; 51 (suppl4): S613-S620.
14. Hernández-Prado B, Gortmaker SL, Laird NM, Colditz GA, Parra-Cabrera S, Karen E. Peterson KE. Validez y reproducibilidad de un cuestionario de actividad e inactividad física para escolares de la ciudad de México. *Salud Púb Méx* 2000; 42 (4): 315-323.

15. López-Alvarenga JC, Reyes-Díaz S, Castillo-Martínez L, Dávalos-Ibáñez A, González-Barranco J. Reproducibilidad y sensibilidad de un cuestionario de actividad física en población mexicana. *Salud Púb Méx* 2001; 43 (4): 306-312.
16. Pinherior-Volp AC, Esteves_DeOliveira FC. Energy Expenditure: Components and evaluation methods. *Nutr. Hosp* 2011; 26(3):430-440.
17. Marsé-Milla P, Diez-Poch M, Raurich-Puigdevall JM. Calorimetría: aplicaciones y manejo. *Nutr Clin Med* 2008; 2 (3): 155-166.
18. Ishikawa-Takata K, Naito Y, Tanaka S, Ebine N, Tabata I. Use of Doubly Labeled Water to Validate a Physical Activity Questionnaire Developed for Japanese Population. *J Epidemiol* 2011; 21(2): 114-121.
19. Crouter SE, Churilla JR, Bassett DR. Estimating energy expenditure using accelerometers. *Eur J Apply Physiol* 2006; 98 (6): 601-6012.
20. Mc.Ardle W, Katch FI, Katch VL. *Exercise Physiology*. Ed. Lippincott Williams and Wilkins. Quinta edición. 2001.
21. Billat V. *Fisiología y metodología del entrenamiento*. Ed. Paidotribo. Primera Edición, 2002.
22. Guyton AC, Hall JE. *Tratado de fisiología medica*. Ed. McGraw-Hill Interamericana. Décima Edición. 2001.
23. Ross MH, Pawlina W. *Histología Texto y Atlas color con Biología Celular y Molecular*. Ed. Médica Panamericana. Cuarta Edición, 2005.

- 24.** Radjen S, Radjen G, Životić-Vanović M, Radaković S, Vasiljević Š N, Stojanović D. Effect of iron supplementation on maximal oxygen uptake in female athletes. *Vojnosanit Pregl* 2011; 68(2):130-135.
- 25.** Yonezawa K. Effect of blood hemoglobin concentration on anaerobic threshold. *Hokkaido Igako* 1991; 66(4):458-467.
- 26.** Tomkinson GR, Olds TS, Kang SJ, Kim DY. Secular trends in the anaerobic fitness test performance and body mass index of Korean children and adolescents (1968 – 2000). *Int J Sport* 2007; (4): 314-320.
- 27.** Buhring K, Oliva P, Bravo C. Not experimental determination of sedentary behavior in school-age children. *Rev Chil Nutr* 2009; 36 (1): 23-30.
- 28.** Taguri E, Tanaka S, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, Hikiyama Y, Miyake R, et al. Validity of physical activity indices for adjusting energy expenditure for body size: Do the indices depend on body size?. *J Physiol Anthropol* 2010; 29: 109-117.
- 29.** Velasco-Rodríguez VM, Martínez-Ordaz VA, Roiz-Hernández J, Huazano-García F, Nieves-Rentería A. Muestreo y tamaño de muestra, una guía práctica para personal de salud que realiza investigación. Ed. El Cid Editor e-libro.net. Primera edición, 2003.
- 30.** Servicios Educativos Integrados al Estado de México/Educación Básica. Toluca, Edo. Mex: Educación secundaria; Octubre, 2012. Educación secundaria Técnica y General. Available at: <http://validacion.edomex.gob.mx/catalogoet/index.html>

- 31.**International Standards for Anthropometric Assessment. Ed. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). Primera edición. 2001.
- 32.**Sullivan KM, Mei Z, Grummer-Strawn L, Parvanta I. Hemoglobin adjustments to define anemia. *Trop Med Int Health* 2008; 13 (10): 1276-1271.
- 33.**Aloros Correderas R. Determinación de la hemoglobina en el laboratorio. ISSN 1988-6047 Dep.Legal:GR 2922/2007 No. 3 2008.
- 34.**Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 1985; 39: 4–42.
- 35.**Human energy requirements: Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation, 200.
- 36.**Buchowski MS, Chen KY, Byrne D, Wang WC. Equation to estimate resting energy expenditure in adolescents with sickle cell anemia. *Am J Clin Nutr* 2002; 76:1335–44.

11. ANEXOS

Anexo 1: Total de actividades registradas por los adolescentes.

El total de actividades se clasificaron en 4 grupos: Cotidianas, Domésticas, Laborales y Extraescolares estas, a su vez se clasificaron en 3 subgrupos: deportivas sistematizadas, académicas y recreativas (sedentarias y activas).

Cotidianas.

Comer, dormir, atender a clases, descansar, aseo personal (Cambiarse ropa, lavarse los dientes y las manos, bañarse, peinarse, ponerse crema en el cuerpo), caminar libremente y caminar cargando su mochila (5-8kg)

Domésticas.

Tender camas, lavar trastes, barrer, trapear. (45% de adolescentes las realiza), cocinar (4.8%), lavar a mano (3%), cuidar bebe (2.8%), cargar bolsas de mandado (7.6%).

Laborales.

El 6% de los adolescentes, con el fin de recibir una remuneración monetaria, realiza actividades laborales como: atender tienda de abarrotes, tienda de ropa, trabajo de carnicero, albañil, granja, mecánico, puesto de mercado, empacador de supermercado, pintar muros con graffiti, hacer tortas y vender pan por las calles.

Extraescolares.

Deportivas sistematizadas: se refieren a las actividades físicas o deportivas que realizan los adolescentes fuera del horario escolar y son practicadas por el 16.8%, las disciplinas que practican son:

- Atletismo (3/adolescentes)
- Clases de ballet (3 /adolescentes)
- Clases de baile de salón (1/adolescentes)
- Clases de Jazz (4 /adolescentes)
- Clases de karate(2 /adolescentes)
- Clases de Yoga (1 /adolescentes)
- Clases de Zumba (4 /adolescentes)
- Clases de Esgrima (1/ adolescentes)

- Clases Tae kwon do (3/adolescentes)
- Danza árabe (4/adolescentes)
- Danza folklórica (2 /adolescentes)
- Entrenamiento de futbol americano (3/adolescentes)
- Entrenamiento de box (1/adolescentes)
- Entrenamiento de voleibol. (1/adolescentes)
- Gimnasia artística (2/adolescentes)
- Beisbol (1/adolescentes)
- Clases de kick boxing (1/adolescentes)
- Natación (5/adolescentes)

Académicas: Las realiza en adolescente fuera del horario escolar; hacer tarea o estudiar (48%), leer (1.2%), tocar algún instrumento musical como mandolina, teclado, guitarra, corneta, percusiones (4%).

Recreativas: Sedentarias; ver televisión (81%), jugar videojuegos (25%), usar computadora (48%), juegos de mesa (3.6%). Activas; bailar (38%), jugar corriendo (14%), jugar futbol (29%), jugar basquetbol (6%), ejercicios de gimnasia (5.2%), montar bicicleta (4.8%), pasear al perro (8.8%)

Anexo 2

Instrumento para el Registro de actividades físicas cotidianas realizadas por adolescentes

Peso:	Edad:	Fecha de registro de datos:
Estatura:	Sexo:	Fecha de nacimiento:
<hr/>		
Nombre (s)	Apellido Paterno.	Apellido Materno.

Para llenar el siguiente formato, se debe observar que hay 8 columnas, la primera de la izquierda establece el horario de todo un día a intervalos de 15 minutos (excepto de la una a las cinco de la mañana); las siguientes columnas representan cada uno de los días de la semana y en el extremo derecho se encuentra una lista de actividades cotidianas a la que le corresponde un número.

El formato se contesta anotando en los cuadros en blanco el número que corresponde a la actividad que se realiza durante ese día a determinada hora.

Si la actividad que se lleva a cabo, no se encuentra en la lista; en la última hoja se encuentra un cuadro para que esta sea anotada, a la cual usted le asignará su correspondiente número de modo progresivo.

Si una actividad se realiza por igual de lunes a viernes a la misma hora y con la misma duración, y después de haberse anotado por primera vez el día lunes, entonces se extenderá una flecha (---->) que indicarán que es la misma actividad del día anterior. Si una actividad se realiza durante más de 15 minutos, entonces se podrá anotar comillas (" ") en los cuadros subsiguientes hacia abajo, hasta completar el tiempo en que se realiza la actividad.

Horario:	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves.	Viernes.	Sábado.	Domingo
6:00 am							
6:15 am							
6:30 am							
6:45 am							
7:00 am							
7:15 am							
7:30 am							
7:45 am							
8:00 am							
8:15 am							
8:30 am							
8:45 am							
9:00 am							
9:15 am							
9:30 am							
9:45 am							
10:00 am							
10:15 am							
10:30 am							
10:45 am							
11:00 am							
11:15 am							
11:30 am							
11:45 am							
12:00 pm							
12:15 pm							
12:30 pm							
12:45 pm							

Actividades hogareñas

Dormir	1
Ver televisión	2
Usar computadora	3
Estudiar-Hacer tarea	4
Atender a clases	5
Vestirse-Desvestirse	6
Peinarse, lavarse manos, dientes, cara	7
Bañarse y encremar el cuerpo	8
Tender la cama	9
Barrer	10
Trapear	11
Lavar trastes	12
Caminar 75p/min	13
Caminar 95 p/min	14
Caminar con mochila a 95 p/min	15
Caminar con mochila a 115 p/min	16
Caminar 115 p/min	17
Correr 140-160p/min	18

Registro de actividades físicas cotidianas.

Hoja 3 de 5.

Horario:	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves.	Viernes.	Sábado.	Domingo.
1:00 pm							
1:15 pm							
1:30 pm							
1:45 pm							
2:00 pm							
2:15 pm							
2:30 pm							
2:45 pm							
3:00 pm							
3:15 pm							
3:30 pm							
3:45 pm							
4:00 pm							
4:15 pm							
4:30 pm							
4:45 pm							
5:00 pm							
5:15 pm							
5:30 pm							
5:45 pm							
6:00 pm							
6:15 pm							
6:30 pm							
6:45 pm							
7:00 pm							
7:15 pm							
7:30 pm							
7:45 pm							

Registro de actividades físicas cotidianas.

Hoja 4 de 5.

Horario:	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves.	Viernes.	Sábado.	Domingo.
8:00 pm							
8:15 pm							
8:30 pm							
8:45 pm							
9:00 pm							
9:15 pm							
9:30 pm							
9:45 pm							
10:00 pm							
10:15 pm							
10:30 pm							
10:45 pm							
11:00 pm							
11:15 pm							
11:30 pm							
11:45 pm							
12:00 am							
00:15 am							
00:30 am							
00:45 am							
1:00 am							
2:00 am							
3:00 am							
4:00 am							
5:00 am							
5:15 am							
5:30 am							
5:45 am							

Otras actividades realizadas.

Número	Actividad	Características de equipamiento.	Características de tiempo y espacio.