

EJERCICIO FÍSICO SISTEMÁTICO Y SUS EFECTOS SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE TRIACILGLICEROLES, C-HDL Y PARÁMETROS RESPIRATORIOS Y METABÓLICOS*

Arnulfo Ramos-Jiménez¹, Rosa Patricia Hernández-Torres², Patricia Victoria Torres-Durán³, Dieter Mascher⁴, Carlos Posadas-Romero⁵, Marco Antonio Juárez-Oropeza³

RESUMEN

El ejercicio físico sistemático ha mostrado ser efectivo en reducir los factores de riesgo de morbilidad y mortalidad para enfermedades metabólicas y cardiovasculares en la población general e incluso entre la población físicamente activa. Actualmente, el sedentarismo se considera uno de estos factores de riesgo, por lo que muchas asociaciones médicas han propuesto practicar diariamente y sin demora el ejercicio de manera sistemática, aunque no existan razones médicas. De los diversos factores de riesgo, aquí se describe cómo participan la obesidad y el sedentarismo; asimismo, cómo el ejercicio modifica el perfil de los lípidos aterogénicos y en consecuencia la salud cardiovascular. Se presentan algunos resultados experimentales obtenidos de población entrenada y no entrenada, los que demuestran que el colesterol de las lipoproteínas de alta densidad HDL y los triacilglicérols en plasma son factores de riesgo válidos aún en personas físicamente activas y que la medición del intercambio respiratorio puede ser un buen indicador de salud cardiorespiratoria.

PALABRAS CLAVE: Sedentarismo, C-HDL, triacilglicérols, consumo de oxígeno, tasa de intercambio respiratorio.

INTRODUCCIÓN

En México, las enfermedades del corazón y la diabetes se encuentran dentro de los tres primeros lugares como causa de muerte (1). Diversos estu-

dios han demostrado, que los malos hábitos en el estilo de vida son las principales causas en el aumento de estos padecimientos, en donde la incorrecta alimentación y la disminución en el

gasto calórico provocado por el sedentarismo, son los que más repercuten en el deterioro de la salud (2). Por lo anterior, se recomienda el aumento en la actividad física y el ejer-

ABSTRACT

The systematical physical exercise has proved to be an effective element in reducing the risk factors for metabolic and cardiovascular diseases and death (RFDD), in the general population, and even among the physically active population. Nowadays, sedentary lifestyle is considered to be one RFDD, for that reason many Health Associations have proposed to take no delay, in beginning the exercise in a systematical way even if there are no medical reasons. Among the several RFDD, here is described how obesity and the sedentary lifestyle take part in these risk factors; likewise, how is that exercise modifies the atherogenic lipid profile and consequently the cardiovascular health are depicted. It is shown some experimental results obtained from trained and untrained population, demonstrating that HDL-cholesterol and plasma triacylglycerols are validated RFDD, useful in physically active persons yet, and that the measurement of the respiratory exchange can be a good indicator of cardiorespiratory health.

KEY WORDS: Sedentary lifestyle, HDL-C, triacylglycerols, oxygen consumption, respiratory exchange ratio.

*Recibido: 4 de diciembre de 2006 Aceptado: 20 de diciembre de 2006

¹ Departamento de Ciencias Básicas, Instituto de Ciencias Biomédicas, UACJ, Cd. Juárez Chih, México. ² Facultad de Educación Física y Ciencias del Deporte, UACH, Chihuahua, Chih., México. ³ Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina, UNAM, D.F., México.

⁴ Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, UNAM, D.F., México. ⁵ Departamento de Endocrinología, Instituto Nacional de Cardiología, Ignacio Chávez., D.F., México. Correspondencia: Marco Antonio Juárez-Oropeza. Apartado Postal 70-159, México, D.F. 04510, México. Tel: 5623-2169, Fax: 5616-2419. Correo E: majo_ya@yahoo.com.mx

cicio como factor protector contra la aparición de estas enfermedades y para ayudar a su rehabilitación (3). La práctica sistemática del ejercicio físico (3 o más veces por semana) reduce la aparición de enfermedades metabólicas y del corazón (4). Sin embargo, se sabe que entre más activa sea la persona los efectos de un programa de entrenamiento son más moderados, esto es, en personas sedentarias, un programa de ejercicio físico llega a disminuir hasta 3 veces la mortalidad cardiovascular, en cambio en las personas activas y muy activas entre un 25 y 80% (4). Por lo tanto, es importante realizar estudios controlando el nivel de actividad física, que permita detectar las pequeñas diferencias en los parámetros de riesgo a enfermedades, así como valorar el impacto del ejercicio. A continuación presentamos algunas evidencias sobre la necesidad de realizar ejercicio físico sistemático, independientemente de si la persona es, o no, físicamente activa y discutimos cómo algunos factores de riesgo de morbilidad y mortalidad para las enfermedades metabólicas y cardiovasculares (FRMMEMC) se modifican por el ejercicio.

Se estudiaron a dos grupos de personas del sexo masculino, físicamente activas (Tabla 1) 8 de ellos no entre-

TABLA 2		
Concentraciones de lípidos en plasma		
	No entrenados	Entrenados
Colesterol total, mg•dl ⁻¹	154.8±21.7	162.4±34.5
C-LDL, mg•dl ⁻¹	101.2±24.1	100.2±32.2
C-HDL, mg•dl ⁻¹	31.5±3.9	45.6±5.8*
Triacilglicerolos, mg•dl ⁻¹	119.0±47.4	82.5±23.6

Los valores son la media ± DE. C-LDL = colesterol en las lipoproteínas de baja densidad, C-HDL = colesterol en la lipoproteínas de alta densidad. *p < 0.001. Análisis estadístico: t de student.

nadas (no participaban en actividades físicas recreativas o deportivas, pero en su vida diaria eran físicamente activas) y 8 atletas de alto rendimiento. Entre las 08:00 y 10:00 h y posterior a 12 h de ayuno, se les determinó el índice de masa corporal (IMC= peso-estatura⁻²), el porcentaje de grasa, el consumo máximo de oxígeno (VO₂ max) y las concentraciones en plasma de colesterol total, colesterol en lipoproteínas de baja densidad (C-LDL), triacilglicerolos (TAG) y de colesterol en las lipoproteínas de alta densidad (C-HDL) (Tabla 2). El IMC y el porcentaje de grasa se determinaron por mediciones antropométricas, mediciones del peso, estatura, pliegues cutáneos, diámetros y circunferencias corporales (Roscraft Kit, Australia)

(5), el VO₂ max por análisis de los gases respiratorios (carro metabólico, Vmax; California EUA) y los TAG, C-LDL y C-HDL por análisis estandarizados enzimáticos colorimétricos.

INDICADORES ANTROPOMÉTRICOS ASOCIADOS A MORBILIDAD Y MORTALIDAD, MODIFICABLES POR EL EJERCICIO

La obesidad es definida como un exceso de tejido adiposo en el organismo y se encuentra altamente asociada con la morbilidad y mortalidad de enfermedades cardiovasculares y de la diabetes (2). Dicha obesidad es caracterizada por el aumento considerable del peso con respecto a la talla, así como por el aumento en la circunferencia de la cintura y en la grasa corporal total.

Cuando la obesidad es definida por el IMC, de acuerdo a los criterios utilizados por Romero-Corral (6), los estudios longitudinales de evolución de grupos o cohortes han demostrado que, tanto las personas con bajo peso (IMC <20) como aquellas con obesidad severa (IMC >35), tienen los más altos riesgos de mortalidad con respecto a los de IMC normal (de 20.0 a 24.9). La medición directa de la grasa corporal sólo puede realizarse en cadáveres, en seres vivos las determinaciones se realizan de manera indirecta. Aunque existen varios métodos para determinar la obesidad, el IMC

TABLA 1
Características físicas de los sujetos

	No entrenados	Entrenados
Edad, años	21.9±2.8	22.9±4.4
Peso, kg	72.2±7.7	67.1±5.4
Estatura, cm	176.6±5.4	172.7±4.0
IMC, kg•m ⁻²	23.15±3.1	22.5±3.0
Grasa corporal, %	16.6±3.8	10.6±2.4*
VO ₂ max, ml•kg ⁻¹ •min ⁻¹	53.4±6.7	67.0±8.2*

Los valores son la media ± DE. IMC = índice de masa corporal, VO₂ max= consumo máximo de oxígeno. *p < 0.01. Análisis estadístico: t de student.

TABLA 3

Clasificación del peso por el IMC, según la Organización Mundial de la Salud (1998)

Clasificación	IMC
Bajo Peso	< 18.5
Peso Normal	18.5 - 24.9
Sobrepeso o pre-obeso	25 - 29.9
Obesidad Tipo I	30 - 34.9
Obesidad Tipo II	35 - 39.9
Obesidad Tipo III	> 40

Tomado de la referencia 7.

es el parámetro más sencillo más comúnmente utilizado, sin embargo es el de menor confiabilidad. El IMC es solamente una relación entre el peso y la talla, en donde a mayor peso con respecto a su talla, el individuo va adquiriendo sobrepeso y se presupone que esta ganancia en peso es grasa corporal (Tabla 3).

El IMC es un buen parámetro para determinar obesidad sólo cuando se utiliza en personas sedentarias, sin embargo, no es aplicable a toda la población ya que en muchos casos, sobre todo en personas muy activas y deportistas, la ganancia en peso es a favor de la masa muscular y no de la masa grasa. Por lo tanto, se recomiendan otros métodos más confiables para la determinación de la obesidad. Entre estos métodos se encuentran los densitométricos, como la medición del peso subacuático y la pletismografía. Actualmente por su bajo costo y fácil aplicación se utiliza la impedancia bioeléctrica y el método antropométrico (5), aunque éste último es doblemente indirecto, se encuentra bien estandarizado por la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). La ventaja de estos tres métodos es que físicamente no son invasivos, o poco invasivos como en el caso de la impedancia bioeléctrica.

En personas físicamente activas (entrenadas y no entrenadas), cuando paralelamente se calculó el IMC y se determinó la grasa corporal, encontramos semejanzas en el primer caso pero diferencias en el segundo. Por ejemplo, en los sujetos físicamente activos, al calcular el IMC y al determinar por el método antropométrico la grasa corporal, se observó que no existieron diferencias en el IMC, 23.15 ± 3.1 y 22.5 ± 3.0 , para no entrenados y entrenados, respectivamente, pero sí en el porcentaje de grasa (16.6 ± 3.8 y 10.6 ± 2.4 , para no entrenados y entrenados, respectivamente, $p < 0.01$) (Ta-

bla 1). Además, solo el porcentaje de grasa corporal y no el IMC se correlacionó positivamente con los TAG en plasma ($R^2 = 0.41$, $p < 0.05$, correlación de Spearman) y negativamente ($R^2 = 0.36$, $p < 0.01$, correlación de Spearman) con el C-HDL (Figs. 1 y 2). La asociación anterior sugiere que, en personas sin sobrepeso u obesidad, la grasa corporal y no el IMC, puede ser un mejor indicador para determinar dislipidemias, en particular la hipoalipoproteinemia.

El tejido graso si bien es metabólicamente muy activo, es el que contribuye menos al gasto calórico total (8). De los 7045 kJ/día de gasto calórico basal observado en una persona promedio (peso, 68.2 kg; estatura, 171.6 cm; masa grasa, 13.8 kg; masa muscular, 29.2 kg), aproximadamente 282 kJ (4%) le corresponden a la grasa corporal, en cambio cerca de 1190 kJ (24%) a la masa muscular (8). Esto significa que en condiciones de reposo, el tejido muscular es metabólicamente 6 veces más activo que el tejido graso, mientras que, en condiciones de ejercicio extremo (con un gasto calórico de 6000 kJ/h) puede aumentar hasta 120 veces. Lo anterior dice que la actividad física, al fa-

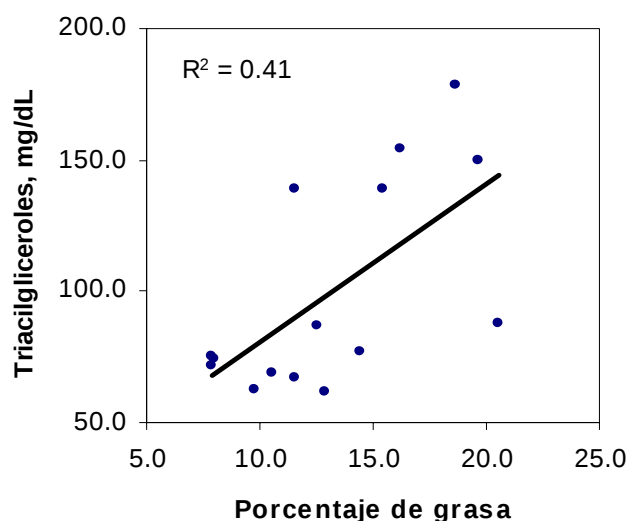


Figura 1. Relación entre porcentaje de grasa corporal y concentración de triacilglicerol en plasma, entre sujetos físicamente no entrenados y entrenados, $n=16$.

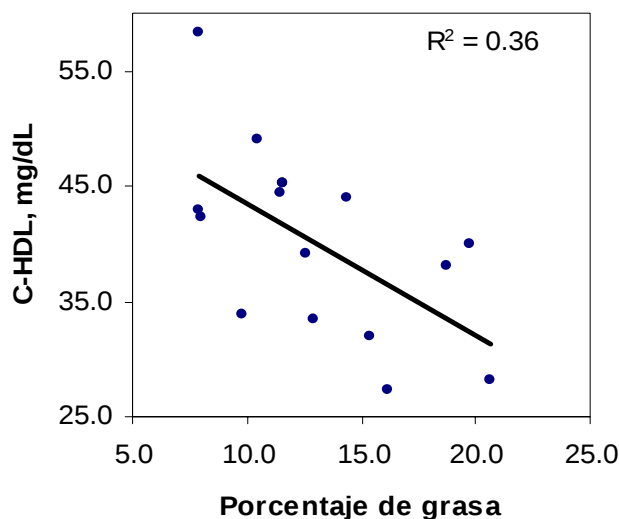


Figura 2. Relación entre porcentaje de grasa corporal y concentración de colesterol en lipoproteínas de alta densidad en plasma, entre sujetos físicamente no entrenados y entrenados, $n=16$.

vorecer el desarrollo de la masa muscular o evitar su pérdida (comúnmente observada en el sedentarismo y en el envejecimiento), previene el aumento del tejido graso y aumenta el gasto calórico total y con ello evita la obesidad y sus consecuencias en la salud.

INDICADORES LIPÍDICOS VALIDADOS COMO FRMMEMC Y MODIFICABLES POR EL EJERCICIO

De los lípidos en plasma, el C-HDL y los TAG son las moléculas más sensibles a cambiar su concentración por la actividad física. Se ha observado en personas sedentarias, que con ocho semanas de entrenamiento aeróbico moderado (ejercicio al 60%-70% de su máxima frecuencia cardiaca de reserva) y con sesiones mínimas de 20 minutos, 3 días por semana, se incrementa el C-HDL y disminuyen los TAG (9). Actualmente se acepta que valores de C-HDL de 40 mg/dL en hombres y de 50 mg/dL en mujeres, se asocian con el síndrome metabólico, caracterizado por obesidad, dislipidemia y diabetes prematura (10). Sin embargo, hay poca información acerca de sus modificaciones cuando se estudian poblaciones físicamente activas, sin sobrepeso u obesidad y en

donde el nivel de actividad física es la variable que se modifica. En este sentido, al comparar las concentraciones en plasma de C-HDL, se observa que los sujetos no entrenados presentaban valores considerados como factores de riesgo para el síndrome metabólico (31.5 ± 3.9 mg/dL). Las HDL, como se sabe, favorecen el transporte reverso del colesterol (11, 12).

El descenso en la concentración del C-HDL por el sedentarismo se debe, entre otras causas, a que disminuye la actividad y la cantidad de la enzima limitante del catabolismo de las lipoproteínas: la lipasa de lipoproteínas (LLP) y al aumento en la actividad de la lipasa hepática de lipoproteínas (LHL) (13), ambos cambios favorecen tanto la disminución del colesterol como el aumento de TAG en las HDL y su recaptura por el hepatocito (11). Por otro lado, el ejercicio promueve el proceso inverso, ya que al aumentar la actividad y la masa de la LLP, así como disminuir la actividad de la LHL se favorece el aumento del C-HDL (14). Otros mecanismos que contribuyen al aumento en la concentración del C-HDL por el ejercicio, es el estímulo en la síntesis de la apoproteína Apo AI (proteína estructural de las HDL) y formación de la pre β 1-HDL

(HDL naciente), así como el aumento en la actividad enzimática de la lecitina:colesterol aciltransferasa (LCAT, proteína esterificadora del colesterol en las HDL) (14).

Valores superiores o iguales a 150 mg/dl son indicadores de riesgo al establecimiento del síndrome metabólico (15). Por otra parte, una relación TAG/C-HDL alta está también asociada a resistencia a la insulina (11). En los sujetos de este estudio, los TAG se detectaron dentro de los límites normales, no obstante su concentración fue mayor en los no entrenados, sin observarse diferencia estadística significativa (119.0 ± 47.4 mg/dL y 82.5 ± 23.6 mg/dL, para no entrenados y entrenados, respectivamente). Asimismo, observamos una correlación positiva entre la concentración de TAG y el porcentaje de grasa corporal.

Al igual que en el metabolismo de las HDL, es la estimulación de la síntesis y de la actividad de la LLP la principal causa de la reducción de los TAG (16). Esta enzima es altamente sensible al ejercicio y basta una sesión con un gasto calórico de 500 kcal (en población sedentaria) para detectar a las 24 h aumento en su síntesis y transcripción (17), así como detectar su efecto depurador en la lipemia postprandial desde las 18 h posteriores al ejercicio (18). La disminución de la concentración basal es, no obstante, un efecto gradual y paulatino, ya que con un período de desentrenamiento de 6.5 días se observa un incremento de 29% de los TAG en ayuno (19).

En este estudio se analizó también el colesterol total y el asociado a las lipoproteínas de baja densidad, pero a diferencia de los resultados obtenidos en el C-HDL, las concentraciones en plasma fueron semejantes entre ambas poblaciones y estuvieron dentro de los valores normales. Estos resultados concuerdan con los de Ochawa (14), en donde la única diferencia

TABLA 4

Valores en percentiles del VO_2 max en la población, en donde valores por debajo del percentil 20 son considerando como FRMMEMC y por arriba de 80 con buena condición cardiovascular

Percentil	Edad				
	20-29	30-39	40-49	50-59	60+
Hombres					
80	48.2	46.8	44.1	41.0	38.1
20	37.1	35.4	33.0	30.2	26.5
Mujeres					
80	41.0	38.6	36.3	32.3	31.2
20	30.6	28.7	26.5	24.3	22.8

Modificado de la referencia 20.

observada en los lípidos plasmáticos fue en el C-HDL. Por lo anterior, el C-HDL y los TAG en plasma son sensibles a modificarse por el entrenamiento físico sistemático y se asocian a los cambios en la composición corporal (porcentaje de grasa), por lo que en personas físicamente activas, podrían ser buenos indicadores para detectar en forma prematura el síndrome metabólico.

INDICADORES DE ACONDICIONAMIENTO FÍSICO ASOCIADOS A FRMMEMC

Otro indicador importante de morbilidad y mortalidad y muy sensible a modificarse por el entrenamiento de tipo aeróbico, es la capacidad oxidativa total del organismo y en especial del músculo esquelético. Dicha capacidad oxidativa total se conoce como consumo máximo de oxígeno o VO_2 max. En la Tabla 4 se presentan los valores en percentiles del VO_2 max en la población, en donde valores por debajo del percentil 20 son considerados como indicadores de riesgo de morbilidad y mortalidad cardiovascular y por arriba de 80 con buena condición aeróbica o cardiovascular.

El VO_2 max puede ser medido directamente durante el ejercicio con un

analizador de gases o calcularse por medio de pruebas de ejercicio bajo protocolos estandarizados (21). La participación en ejercicio de tipo aeróbico y el aumento del VO_2 max se encuentran directamente relacionados con la disminución en la morbilidad y mortalidad cardiovascular. Asimismo, su disminución se ha asociado estadísticamente al establecimiento de enfermedades metabólicas y cardiovasculares (22). De la misma forma, el ejercicio aeróbico y el aumento en el VO_2 max mejoran la calidad de vida general y disminuyen la pérdida de las funciones cognitivas en las personas de la tercera edad (23). El incremento de $1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ en el VO_2 max se ha asociado a la reducción de un 10% en la mortalidad cardiaca de mujeres de la tercera edad (24). Asimismo, en pacientes con enfermedades del corazón, por cada $3.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ de incremento en la capacidad de realizar trabajo físico, se reducen en un 10% las causas totales de muerte (22). Como se esperaba, en el presente estudio se encontró en los sujetos no entrenados, valores menores de VO_2 max que en los entrenados (53.4 ± 6.7 y $67.0 \pm 8.2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, para no entrenados y entrenados, respectivamente) (Tabla 1), igualmente se encontró una

correlación positiva del VO_2 max con el C-HDL ($R^2=0.64$, $p<0.01$, correlación de Spearman (Fig. 3). A pesar de observar valores altos en el VO_2 max, en ambos grupos (Tabla 1), las concentraciones de C-HDL fueron menores a las esperadas para cada población (Tabla 2); incluso en los no entrenados estos valores se consideran como factores de riesgo de morbilidad y mortalidad. Con los análisis realizados en estos sujetos, no es posible explicar las causas por las que se encontraron valores altos en el VO_2 max y bajos en el C-HDL; no obstante, otros autores han reportado valores similares en las concentraciones de C-HDL y TAG en sujetos sometidos a un entrenamiento aeróbico (25).

TASA DE INTERCAMBIO RESPIRATORIO COMO INDICADOR DE ACONDICIONAMIENTO FÍSICO

De los parámetros de acondicionamiento físico, el VO_2 max es el mejor indicador de salud general, sin embargo, ya que se mide a través de la realización de un ejercicio máximo, no puede ser utilizado en personas con baja tolerancia al ejercicio (ancianos, obesos, sedentarios y personas con padecimientos pulmonares, articulares y musculares), por lo que se deben de buscar otros indicadores a utilizarse en condiciones submáximas de ejercicio. Existen diversas pruebas submáximas para valorar el acondicionamiento físico y la mayoría hace referencia a parámetros ventilatorios (19), sin embargo, éstos no consideran la relación entre la producción de CO_2 sobre el consumo de oxígeno (producción de CO_2 /Consumo de O_2), llamada tasa de intercambio respiratorio (TIR). La TIR se determina mediante el análisis de los gases respiratorios, tanto en reposo como durante la realización de un ejercicio a intensidad fija. La ventaja de su determinación es que ésta puede utilizarse en condiciones de ejerci-

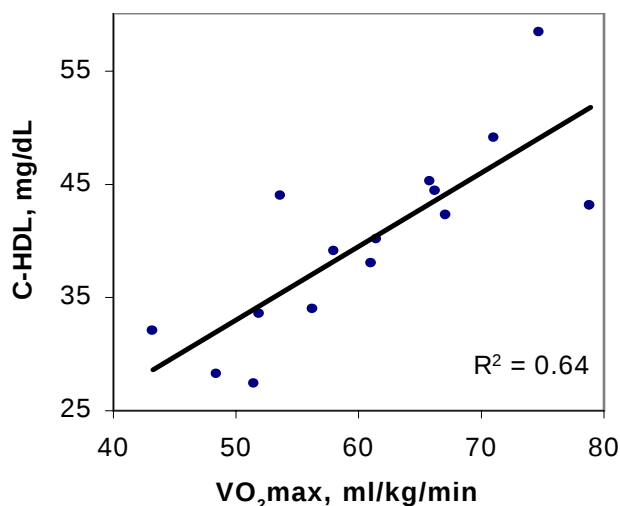


Figura 3. Relación entre consumo máximo de oxígeno (VO_2 max) y concentración de colesterol en lipoproteínas de alta densidad en plasma, entre sujetos físicamente no entrenados y entrenados, $n=16$.

cio submáximo, además de que proporcionan información del tipo de sustrato energético que la persona utiliza en una determinada intensidad de trabajo, es decir, informa del metabolismo oxidativo energético. La TIR se modifica por el ejercicio y por el entrenamiento físico, en donde a más alta TIR, mayor es la utilización de carbohidratos y a menor TIR, mayor la utilización de lípidos (24). La TIR es muy sensible a modificarse por la obesidad, el sedentarismo y por el entrenamiento, por lo que personas obesas y/o sedentarias presentan valores más altos que los no obesos y/o entrenados (25). Dicho de otra manera, las personas con obesidad y no entrenadas, oxidan más carbohidratos que lípidos a una determinada carga de trabajo, es decir, que el metabolismo oxidativo de lípidos es más eficiente en las personas físicamente activas. En este estudio se encontró que durante la realización de un ejercicio a intensidad submáxima los sujetos entrenados en comparación con los no entrenados, presentan valores menores en la TIR. Asimismo esta TIR se correlacionó con el porcentaje de grasa corporal ($R^2=0.30$, $p < 0.05$, correlación de Spearman (Fig. 4), y de forma independiente con el VO_2 max

(>57%, mediante el estudio de análisis multivariado), lo que señala que el TIR puede ser un indicador de acondicionamiento físico en condiciones de ejercicio submáximo. Si bien se encuentran muchas asociaciones de la TIR con otros parámetros de acondicionamiento físico, actualmente no se le ha considerado como un indicador de acondicionamiento físico y mucho menos como un indicador de riesgo de morbilidad y mortalidad, por lo que hace falta realizar estudios longitudinales en población abierta y con

padecimientos metabólicos y del corazón donde incorporen a la TIR como una variable más a medir y así validar sus asociaciones.

CONCLUSIONES

La actividad física y la práctica sistemática de ejercicio, reduce las probabilidades de padecer síndrome metabólico y enfermedades cardiovasculares.

El IMC es un indicador de obesidad comúnmente utilizado, sin embargo sólo debe utilizarse en personas sedentarias. Cuando se trate de determinar la obesidad en personas físicamente activas, se recomienda utilizar, de acuerdo con nuestros resultados, otros métodos para determinar la grasa corporal, entre ellos el método antropométrico.

Con base en nuestro estudio, en personas físicamente activas y no obesas, la concentración de C-HDL y de TAG en plasma, además de ser indicadores reconocidos para detectar en forma prematura al síndrome metabólico, correlacionó significativamente con el porcentaje de grasa corporal. Lo anterior refleja la importancia en el cuidado del peso corporal para disminuir los riesgos a padecer síndrome metabólico.

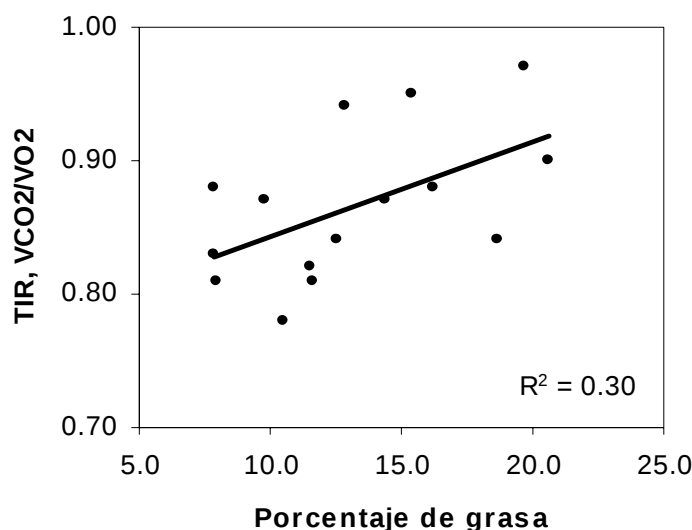


Figura 4. Relación entre porcentaje de grasa corporal y tasa de intercambio respiratorio (TIR), entre sujetos físicamente no entrenados y entrenados, $n=16$.

Los valores bajos en C-HDL encontrados en los sujetos no entrenados, a pesar de observar valores altos en VO_2 max y bajos en porcentaje de grasa, permite suponer que existen otros factores además del entrenamiento que se encuentran involucrados en los cambios en las concentraciones de C-HDL y que deben ser estudiados, por ejemplo los factores genéticos y la alimentación.

Valores bajos de VO_2 max se relacionan con un incremento en la morbilidad y mortalidad general de las personas, por lo que se recomienda la participación en actividades físicas realizadas de manera sistemática, para aumentar la VO_2 max.

La TIR se modifica por el entrenamiento físico y ya que puede ser medida en condiciones de ejercicio submáximo, puede ser utilizada para

valorar la salud física en personas con baja capacidad de movimiento o de desplazamiento.

Agradecimientos. Este trabajo recibió apoyo parcial de las siguientes instituciones PAPIIT-UNAM (IN-218107, JOMA), CONACYT (RJA, HTRP) y PROMEP (HTRP). Un especial agradecimiento al programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS

1. Instituto Nacional de Salud Pública (2003) Panorama general de la mortalidad. En Atlas de la Salud 2003. Editor: Dirección General de Información y Evaluación del Desempeño de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, Dirección de Informática y Geografía Médica del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
2. Yao M, Lichtenstein AH, Roberts SB, Ma G, Gao S, Tucker KL, McCrory MA (2003) Relative influence of diet and physical activity on cardiovascular risk factors in urban Chinese adults. *Int J Obes Relat Metab Disord* 27:920-932.
3. Yu CM, Lau CP, Cheung BM, Fong YM, Ho YY, Lam KB, Li LS (2000) Clinical predictors of morbidity and mortality in patients with myocardial infarction or revascularization who underwent cardiac rehabilitation, and importance of diabetes mellitus and exercise capacity. *Am J Cardiol* 85:344-349.
4. Blair SN, Cheng Y, Holder JS (2001) Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits? *Med Sci Sports Exerc* 33:S379-S399.
5. Norton K, Olds T. *Anthropometric: A textbook of body measurement for sports and health courses*. Australia: University of New South Wales Press. 1996.
6. Romero-Corral A, Montori VM, Somers VK, Korinek J, Thomas RJ, Allison TG, Mookadam F, Lopez-Jimenez F (2006) Association of body weight with total mortality and with cardiovascular events in coronary artery disease: a systematic review of cohort studies. *Lancet* 368:666-678.
7. Weisell RC (2002) Body mass index as an indicator of obesity. *Asia Pac J Clin Nutr* 11:S681-S684.
8. Gallagher D, Belmonte D, Deurenberg P, Wang Z, Krasnow N, Pi-Sunyer FX, Heymsfield SB (1998) Organ-tissue mass measurement allows modeling of REE and metabolically active tissue mass. *Am J Physiol* 275:E249-E258.
9. Kelley GA, Kelley KS, Tran ZV (2004) Aerobic exercise and lipids and lipoproteins in women: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Womens Health* 13:1148-64.
10. Gogia A, Agarwal PK (2006) Metabolic syndrome. *Indian J Med Sci* 60:72-81.
11. Lewis GF, Rader DJ (2005) New insights into the regulation of HDL metabolism and reverse cholesterol transport. *Circ Res* 96:1221-1232.
12. Ferre N, Camps J, Fernandez-Ballart J, Arija V, Murphy MM, Ceruelo S, Biarnes E, Vilella E, Tous M, Joven J (2003) Regulation of serum paraoxonase activity by genetic, nutritional, and lifestyle factors in the general population. *Clin Chem* 49:1491-1497.
13. Thompson PD, Kantor MA, Cullinane EM, Sady SP, Saritelli A, Herbert PN (1986) Postheparin plasma lipolytic activities in physically active and sedentary men after varying and repeated doses of intravenous heparin. *Metabolism* 35:999-1004.
14. Olchawa B, Kingwell BA, Hoang A, Schneider L, Miyazaki O, Nestel P, Sviridov D (2004) Physical fitness and reverse cholesterol transport. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 24:1087-1091.
15. Lorenzo C, Williams K, Hunt KJ, Haffner SM (2007) The National Cholesterol Education Program-Adult Treatment Panel III, International Diabetes Federation, and World Health Organization Definitions of the Metabolic Syndrome as Predictors of Incident Cardiovascular Disease and Diabetes. *Diabetes Care* 30:8-13.
16. Podl TR, Zmuda JM, Yurgalevitch SM, Fahrenbach MC, Bausserman LL, Terry RB, Thompson PD (1994) Lipoprotein lipase activity and plasma triglyceride clearance are elevated in endurance-trained women. *Metabolism* 43:808-813.

17. Zhang JQ, Smith B, Langdon MM, Messimer HL, Sun GY, Cox RH, James-Kracke M, Thomas TR (2002). Changes in LPLa and reverse cholesterol transport variables during 24-h postexercise period. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 283:E267-E274.
18. Herd SL, Kiens B, Boobis LH, Hardman AE (2001) Moderate exercise, postprandial lipemia, and skeletal muscle lipoprotein lipase activity. *Metabolism* 50:756-762.
19. Hardman AE, Lawrence JE, Herd SL (1998) Postprandial lipemia in endurance-trained people during a short interruption to training. *J Appl Physiol* 84:1895-1901.
20. Franklin BA, Senior ed (2000) ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
21. BA (2000) ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed. Philadelphia, USA, Lippincott Williams & Wilkins, p 368.
22. Franklin BA, Swain DP (2003) New insights on the threshold intensity for improving cardiorespiratory fitness. *Prev Cardiol* 6:118-121.
23. Barnes DE, Yaffe K, Satariano WA, Tager IB (2003) A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults. *J Am Geriatr Soc* 51:459-465.
24. Kavanagh T, Mertens DJ, Hamm LF, Beyene J, Kennedy J, Corey P, Shephard RJ (2003) Peak oxygen intake and cardiac mortality in women referred for cardiac rehabilitation. *J Am Coll Cardiol* 42:2139-2143.
25. Couillard C, Despres JP, Lamarche B, Bergeron J, Gagnon J, Leon AS, Rao DC, Skinner JS, Wilmore JH, Bouchard C (2001) Effects of endurance exercise training on plasma HDL cholesterol levels depend on levels of triglycerides: evidence from men of the Health, Risk Factors, Exercise Training and Genetics (HERITAGE) Family Study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 21:1226-1232.
26. Simonson DC, DeFronzo RA (1990) Indirect calorimetry: methodological and interpretative problems. *Am J Physiol* 258:E399-E412.
27. Goran M, Fields DA, Hunter GR, Herd SL, Weinsier RL (2000) Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 24:841-848.