

Revista antioqueña de

Medicina

Dr. Lucio Quiroz B.

Cineantropometría del patinaje de carreras,
I Copa del Mundo - Santafé de Bogotá, 1997

Correlación entre la ergoespirometría
y la prueba de los 2000 metros

Síndrome compartimental crónico bilateral
de la pierna, inducido por el ejercicio, en el
patinaje de carreras: Informe de Caso

Regulación de la temperatura y actividad física

Balance de líquidos y electrolitos durante
la actividad física en ambientes calurosos

Patología condral en el deporte y su
rehabilitación

Evaluación funcional y metabólica de la
actividad física.

Deportiva

Y ciencias aplicadas al deporte y a la actividad física

Volumen 3, número 2 Septiembre de 2000



ANTIOQUIA
ANTIOQUIA NOS UNE

E-mail: indeportes.medi@epm.net.co
www.indeportesantioquia.gov.co
ISSN: 0124-5546


ANTIOQUIA NOS UNE
GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA

 **INDEPORTES
ANTIOQUIA**

Estimulante Natural

Ginsana® estimula la oxigenación celular.

Por lo tanto mejora el rendimiento físico y mental.

Ginsana® disminuye la concentración de ácido láctico en los músculos.

Mejorando su respuesta durante el ejercicio.

Ginsana® favorece la secreción de neurotransmisores.

Encargados de mantener una actividad alerta constante.



Cápsulas de gelatina blanda.
Caja por 30 unidades.

Estimulante natural

Registro Invima M-013017



**Boehringer
Ingelheim**

Mayor información disponible a solicitud del cuerpo médico.

Revista antioqueña de

Medicina Deportiva

y ciencias aplicadas al deporte y a la actividad física

Revista Antioqueña de Medicina Deportiva y Ciencias Aplicadas al Deporte y a la Actividad Física.

Publicación oficial semestral de la Asesoría de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia.

COMITÉ EDITORIAL

ALVARO ORTIZ URIBE. M.D.

HILDA NORA JARAMILLO LONDOÑO. MD.MSc

FELIPE MARINO ISAZA. MD. MSc.

OLGA LUCÍA QUIROZ BASTIDAS. ND.

MAURICIO RICO SIERRA. MD.

JUAN CARLOS QUICENO NOGUERA. MD.

EMILIO CADAVID GUZMAN. M.D.

EDUARDO CANO MESA. C.S.

CORRECTOR DE ESTILO

CÉSAR GONZÁLEZ LOPEZ DE MESA. MD.

DISEÑO GRÁFICO Y DIAGRAMACIÓN

DULBER PÉREZ MEJÍA
ANA LUCÍA BETANCOURT PALACIO
LINA MARÍA GARCÍA MAESTRE

dpm Especie Creativa

IMPRESIÓN

LITOGRAFÍA IMPREGÓN S.A.

CONSULTORES INTERNACIONALES

CARLOS RODRÍGUEZ
Cineantropometría. Cuba.

HOWARD KNUTTGEN
Fisiología del ejercicio. USA.

GRACIELA NICOT
Bioquímica del deporte. Cuba

VICTOR RODRÍGUEZ MATSUDO
Medicina comunitaria. Brasil

LUIS RAMÍREZ.
Nutriólogo del deporte. Cuba

JAN HELLER
Fisiología del ejercicio. República Checa

CONSULTORES NACIONALES

JESÚS CAMACHO P.
Cineantropometría

FERNANDO MONTOYA M.
Ciencias básicas biomédicas

WINSTON TOBÓN O.
Traumatología deportiva

LUIS FERNANDO GARCÍA M.
Metodología investigativa

FEDERICO DÍAZ G.
Metodología investigativa

CARLOS JOSÉ JARAMILLO G.
Rehabilitación cardíaca

JOAQUÍN DUQUE P.
Biomecánica

ROCÍO GÁMEZ M.
Nutrición

RUTH GALLO F.
Nutrición y fisiología

EDUARDO PAZ G.
Entrenamiento deportivo

HECTOR IVÁN GARCÍA G.
Bioestadística

JOEL ROJAS J.
Fisiología del ejercicio

Instituto Departamental de Deportes de Antioquia

INDEPORTES ANTIOQUIA

JUNTA DIRECTIVA

Doctor Alberto Builes Ortega
Gobernador

Doctor Francisco Zapata Ospina
Representante del Señor Gobernador

Doctora María Victoria Jiménez Gómez
Representante del Director General de Coldeportes Nacional

Doctor Oscar Arboleda Palacio
Representante del Sector Educativo

Doctor Julio César Ceballos Mendoza
Representante de las Ligas Deportivas de Antioquia

Licenciado José Luis Sarrazola Gutierrez
Representante de los Entes Deportivos Municipales

Doctor Luis Fernando Begué Trujillo
Gerente Indeportes Antioquia



**INDEPORTES
ANTIOQUIA**

Antioquia nos une para ganar
los Juegos Nacionales del 2000

ANTIOQUIA NOS UNE

A NUESTROS COLABORADORES

La Revista Antioqueña de Medicina Deportiva y Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y al Deporte es el órgano oficial de la División de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia.

Esta publicación acoge los trabajos de investigación, las revisiones y las comunicaciones emanadas de los miembros de la División, al igual que de colaboradores que trabajan en el campo de la medicina y las ciencias aplicadas a la actividad física y al deporte. La revista se publica semestralmente con circulación nacional e internacional a través de canje bibliográfico con centros de documentación universitaria, científica, médica y deportiva o por suscripción anual.

Los artículos originales deben enviarse al comité editorial de Indeportes Antioquia para ser evaluados. Deben poseer alto valor científico e incluir resultados de la investigación teórica y aplicada directamente a los campos de la medicina y las ciencias aplicadas a la actividad física y al deporte. Deben ser inéditos y no podrán ser enviados a otras revistas, mientras estén bajo consideración del comité editorial.

Los trabajos que se presentan para la publicación serán aceptados, según su originalidad y calidad, al igual que por la claridad de la interpretación y de su aplicación conceptual en el campo de la medicina deportiva y las ciencias aplicadas a la actividad física y al deporte en nuestro medio.

El comité editorial, de común acuerdo con el autor, podrá hacer las modificaciones que considere necesarias para mejorar la calidad de los artículos.

Los autores son responsables de los conceptos, opiniones y conclusiones expuestos en los artículos, y su publicación en la revista no significa acuerdo del comité editorial con su contenido.

Los artículos serán publicados según el orden de aceptación y no el de entrega. Una vez publicados, la revista se reserva los derechos de copia y reproducción de todos los materiales publicados y ese material no podrá ser reproducido sin permiso del comité editorial.

Cada autor(es) recibirá(n) tres ejemplares de la revista sin costo alguno.

CATEGORÍA DE LOS ARTÍCULOS

Revisiones: establecen el estado actual del desarrollo científico de un área en particular y pueden contener la opinión personal del autor, con respecto a su campo de trabajo. Se acepta un máximo de 20 páginas tamaño carta escritas a doble espacio.

Artículos Originales: son el aporte minucioso del trabajo experimental o clínico y con posibilidades de compararlo con otros del mismo campo con aportes para su desarrollo o modificación. Se acepta un máximo de 18 páginas tamaño carta, escritas a doble espacio.

Comunicaciones cortas: son los informes de casos o descripción de detalles de nuevos métodos y resultados experimentales. Se acepta un máximo de cuatro páginas tamaño carta escritas a doble espacio.

PREPARACIÓN DEL MANUSCRITO

Deben ser enviadas dos copias, en hojas tamaño carta (21,5 x 28 cms), por un solo lado, con márgenes de tres centímetros como mínimo, escritas con procesador de palabras a doble espacio. Debe enviarse además, el disquete correspondiente, con indicación del programa utilizado.

La primera página del manuscrito deberá contener la siguiente información:

Título conciso y claro pero informativo, preferiblemente de no más de 20 palabras.

Palabras clave (máximo ocho).

Autor o autores. El orden debe ser: nombre, inicial del segundo nombre y primer apellido; la inicial del segundo apellido también puede agregarse, siempre y cuando todos los autores lo tengan. Deben aparecer todos los coautores del artículo.

Nombre de la institución a que pertenecen y localidad donde se hicieron las investigaciones.

Nombre y dirección del autor o coautor a quienes se deben enviar las comunicaciones con respecto al artículo.

Agradecimiento a fondos de investigación, instituciones y personas que contribuyan al trabajo de manera decisiva.

La segunda página del manuscrito debe contener un resumen del contenido científico de no más de 250 palabras, en español.

La tercera página debe contener el resumen y las palabras clave en inglés.

El texto del manuscrito debe estar distribuido en la siguiente forma:

Introducción

Se escribe el propósito del trabajo y su ubicación en el campo conceptual y científico del área, al igual que su posible relación con otros trabajos de temática semejante.

Materiales y métodos

Se describen en forma clara y concisa la selección de los sujetos experimentales u observacionales. Se identifican los métodos desarrollados, los equipos y los aparatos, señalando su referencia o mención comercial entre paréntesis; del mismo modo, se describen los procedimientos en detalle, de modo que permita a otros investigadores reproducir los resultados.

Se deben dar las referencias de los métodos estadísticos utilizados; deben darse referencias y descripciones breves de los métodos que han sido publicados pero que no han sido bien descritos.

Se deben describir en forma clara y concisa los métodos nuevos o los sustancialmente modificados, dar las razones para su utilización y evaluar sus limitaciones.

Cuando se informen experimentos con humanos, se debe indicar si los procedimientos seguidos están acordes con las normas éticas del Comité de Experimentación Humana de la institución en la cual los experimentos fueron hechos, de acuerdo con la declaración de Helsinki de 1975.

Se deben identificar en forma precisa todas las drogas y los compuestos químicos utilizados, incluyendo el nombre genérico, la dosificación y las rutas de administración. No se deben utilizar los nombres, las iniciales de los pacientes, ni los números hospitalarios.

Resultados

Éstos se deben presentar en forma concisa y comentada y no deben duplicar los contenidos de las tablas y gráficas. Los resultados cuantitativos deben incluir el montaje estadístico y se debe enunciar el procedimiento estadístico utilizado.

Los autores deben expresar las cantidades, unidades y fórmulas de acuerdo con las recomendaciones del Sistema Internacional (unidades SI) y del ICONTEC. Todas las mediciones deben ser dadas en unidades métricas, con los decimales separados por comas, no por puntos.

Discusión

En ella se enfatizan los aspectos nuevos e importantes del estudio y las conclusiones que origina. No se deben repetir en detalle los datos de la sección de resultados.

Se deben incluir las implicaciones de los hallazgos y sus limitaciones, al igual que las relaciones con otros estudios relevantes.

Las conclusiones se deben asociar con los objetivos del estudio, pero se evitará el planteamiento de suposiciones o presunciones no apoyadas completamente por los datos. Se debe evitar el reclamar prioridad o alusión al trabajo que aún no ha sido completado.

Se deben plantear nuevas hipótesis cuando se consideran garantizadas, pero definiéndolas claramente como tales.

Se pueden incluir recomendaciones cuando sea apropiado hacerlo.

Tablas e ilustraciones

Las tablas y las ilustraciones deben ser numeradas con caracteres arábigos en la secuencia en que aparezcan en el texto. Cada ilustración debe estar acompañada en una hoja aparte con una leyenda de no más de 40 palabras. Las tablas deben ser explicativas y poseer un título corto.

Las ilustraciones y las tablas pueden ser graficadas en computador. Las abreviaturas utilizadas deben ser explicadas en la leyenda o en la parte inferior de la tabla o de la ilustración.

En caso de utilizar fotografías se deben enviar copias, en papel brillante, tamaño postal o diapositiva de alto contraste.

Referencias

En la bibliografía no pueden aparecer otras referencias diferentes a las anunciadas en el texto. Las referencias en

el texto deben ser citadas con números arábigos entre paréntesis en orden de aparición. Los títulos de las revistas deben ser abreviados de acuerdo con la última edición del Index Medicus.

Ejemplo de Referencias:

Artículo de revista, un autor.

1. **Rilema JA.** Cyclic nucleotides and the effect of prolactin on uridine incorporation into RNA in mammary gland explants of mice. *Horm Metab Res* 7:45-49, 1975.

Artículos de revista, con dos o más autores (todos los coautores deben ser mencionados):

2. **Ferguson RJ, McMaster JH, Stunitsni CL.** Low back pain in college football linemen. *J Sports Med.* 2: 63-80, 1974.

Libro completo:

3. **Dingle JT (Ed):** Lysosomes. New York, American Elsevier, 1972, p. 65.

Capítulo de libro:

4. **Zanchetti A, Baccelli B, Guazzi M, Mancia G.** The effect of sleep on experimental hypertension. In Onesti G, Kim KE, Moyer JH. (Eds): Hypertension: Mechanisms and Management. New York, Grune and Stratton, 1973, pp 133-140.

SUSCRIPCIÓN

Revista antioqueña de

Medicina Deportiva

y ciencias aplicadas al deporte y a la actividad física

Nombres y Apellidos: _____ C.C. o NIT _____

Dirección: _____ Teléfono: _____

Ciudad: _____ Departamento: _____ País: _____

Dirección envío de la revista: _____ Ciudad: _____

Fecha de Nacimiento: _____ Profesión: _____ Especialidad: _____

E-mail: _____

Envíe esta suscripción con sus datos completos a:

INDEPORTES ANTIOQUIA Calle 48 N° 70-180. Medellín

O a la página web: www.indeportesantioquia.gov.co/html/ramd.htm

O al E-mail: indeportes.medi@epm.net.co



**INDEPORTES
ANTIOQUIA**

Editorial

Recién pasados los Juegos Olímpicos realizados en la ciudad de Sydney, no se demoraron las críticas de amplios sectores de Colombia, en especial los medios de comunicación, a los directivos de nuestra delegación, los presidentes de las federaciones y a muchos de nuestros deportistas. Algunas de ellas bien fundadas, pero otras mal orientadas con tendencia malsana y revanchista, que en vez de contribuir a esclarecer el camino aún confuso para el desarrollo de nuestro deporte, lo complican más.

Creemos que el proceso inicial desarrollado por el Comité Olímpico Colombiano y Coldeportes Nacional y apoyado por algunos institutos departamentales de deportes, en la preparación de nuestros deportistas, fue adecuado sin desconocer que hubo errores. Pero fueron muchos los aciertos que debemos fortalecer; y para ello son necesarios un análisis y una crítica serios, objetivos y con conocimiento de causa.

Se debe crear una “cultura de alto rendimiento” que no existe en nuestro medio. El alto rendimiento implica selectividad, organización, planeación y objetivos claros a corto, mediano y largo plazo (es decir a uno, cinco, diez y quince años), interacción de las diversas ciencias y saberes como un solo equipo alrededor de la unidad de trabajo, cual es “entrenador-deportista”. Esta concepción no existe en nuestro entorno, ni en nuestra dirigencia deportiva. Sin esta cultura es imposible alcanzar el desarrollo y la madurez necesarios para el logro de los resultados atléticos que desde hace muchos años anhelamos.

¿Qué hacer entonces para entrarnos en la cultura del alto rendimiento?, ¿masificar el deporte?, ¿masificar la recreación?, ¿dejar a un lado lo que el Comité Olímpico Colombiano y Coldeportes Nacional han iniciado con el programa Altius?. No lo creo: “una cosa es una cosa y otra cosa es otra cosa”. Hay que masificar y estimular las actividades físico – deportivas desde muy temprana

edad, promocionar los eventos atléticos formativos en los planteles de educación, profesionalizar y ampliar la educación física en las escuelas, etc.

Pero ello no basta si no aplicamos la selectividad para escoger aquellas personas que sobresalgan por sus condiciones, cualidades y aptitudes para una disciplina deportiva. No servirán de nada los fundamentos de formación deportiva que hemos sembrado en la población. A ello se le suma un factor determinante: el sistema de organización y desarrollo deportivo, que debe estar acorde con un sistema político como el nuestro, basado en la economía mixta, con énfasis en la empresa privada; por eso debe fortalecerse el eslabón intermedio del sistema deportivo, que es la Liga, creando clubes reales, que cuenten con deportistas, capacidad económica y escenarios deportivos. Eso sólo lo encontramos en el sector educativo. Un plantel de educación puede, y debe, tener tantos clubes como deportes desarrolle y afiliarlos a las ligas respectivas. Con esto las ligas se democratizan y fortalecen. Igual debe suceder en las universidades, porque en ellas el desarrollo deportivo actual es “parásito y decadente” ya que, o se nutren de los deportistas que entrenan en las ligas y sólo le prestan el nombre y la camiseta de su universidad para que los representen, o cuentan con aquellos atletas que han dejado o están alejándose del alto rendimiento, porque sus estudios así lo exigen y sus prioridades son otras. El deporte universitario debe fortalecerse, cualificarse y ser competitivo.

Otro aspecto fundamental es el económico. Creo que, aunque con algunas dificultades, tenemos el dinero suficiente. Lo que pasa es que lo malbaratamos, lo botamos. Debemos racionalizar lo que tenemos. Un ejemplo de este derroche son Los Juegos Nacionales que celebraremos este año en los departamentos de Nariño, Boyacá y Tolima; los dos primeros con infraestructura y desarrollo deportivo insuficientes, salvo

en algunas disciplinas como el ciclismo y posiblemente el patinaje. ¿Cuánto le valen estos juegos al estado?. ¿Cuánto le aportarán al desarrollo deportivo?. ¿Nuestros dirigentes y las federaciones han pensado que el ciclo olímpico para el 2004 en Atenas, se deben iniciar en estos juegos, preseleccionando los candidatos a los próximos Juegos Bolivarianos en Ecuador, luego a los Centroamericanos en El Salvador, los Suramericanos en Argentina y un año después a los Juegos Panamericanos en la República Dominicana, para cerrar el ciclo en el año siguiente, 2004, en Grecia?

Esperamos que así sea. Al menos nosotros en Antioquia, así lo hemos asumido. Iremos a estos Juegos Nacionales a ganar, no por la ausencia del Valle, sino por la preparación técnica y deportiva de nuestros atletas, porque el objetivo no es sólo la medalla de oro, si no también las marcas y el desempeño técnico que les permitan engrosar nuestro seleccionado nacional en los Juegos Bolivarianos que debemos ganar clara y contundentemente y participar en el proceso de preparación hacia los Juegos Olímpicos del 2004.

ALVARO ORTIZ URIBE
Asesor Medicina Deportiva
Indeportes Antioquia

Índice

Revista antioqueña de

Medicina Deportiva

y ciencias aplicadas al deporte y a la actividad física

Artículo Original

CINEANTROPOMETRÍA DEL PATINAJE DE CARRERAS, I COPA DEL MUNDO — SANTAFÉ DE BOGOTÁ, 1997. _____ 11

FELIPE MARINO, ROCÍO GÁMEZ, JESÚS CAMACHO, JUAN GONZALO CORREA, ORLANDO VALENCIA, ROGELIO OSPINA, CARLOS PLATA, SANDRA MONTAÑEZ, YORLENY ARANGO.

CORRELACIÓN ENTRE LA ERGOESPIROMETRÍA Y LA PRUEBA DE LOS 2000 METROS _____ 18

LUIS H. VALBUENA R., DIANA P. DÍAZ H., OSCAR M. CARDONA A., JAIME A. PÉREZ G.

Caso Clínico

SÍNDROME COMPARTIMENTAL CRÓNICO BILATERAL DE LA PIERNA, INDUCIDO POR EL EJERCICIO, EN EL PATINAJE DE CARRERAS: INFORME DE CASO. _____ 21

FELIPE MARINO I., HORACIO YEPES R.

XVIII Congreso Panamericano de Medicina Deportiva

REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA Y ACTIVIDAD FÍSICA _____ 26

MICHAEL N. SAWKA.

BALANCE DE LÍQUIDOS Y ELECTRÓLITOS DURANTE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN AMBIENTES CALUROSOS _____ 29

MICHAEL N. SAWKA.

PATOLOGÍA CONDRALE EN EL DEPORTE Y SU REHABILITACIÓN _____ 33

JUAN JOSÉ GONZÁLEZ ITURRI.

EVALUACIÓN FUNCIONAL Y METABÓLICA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA. _____ 37

JAN HELLER.

EVENTOS _____ 43

Aro verde enmarcado en
la llama olímpica
representando la
mentalidad antioqueña
del triunfo

Abstracción llama
olímpica, fuego olímpico
que lleva el deportista
como ideal para lograr la
victoria

Bandera de
Colombia

Verdes Bio-diversidad
de colores de la tierra
antioqueña

Arcos de triunfo,
resurgir de un país,
renacer de una
identidad



ANTIOQUIA

JUEGOS NACIONALES 2.000

CINEANTROPOMETRÍA DEL PATINAJE DE CARRERAS, I COPA DEL MUNDO – SANTAFÉ DE BOGOTÁ, 1997.

FELIPE MARINO*, ROCÍO GÁMEZ**, JESÚS CAMACHO*, JUAN GONZALO CORREA***, ORLANDO VALENCIA***, ROGELIO OSPINA***, CARLOS PLATA***, SANDRA MONTAÑEZ***, YORLENY ARANGO***.

* División de Medicina Deportiva Indeportes Antioquia, Federación Colombiana de Patinaje.

** División de Medicina Deportiva IDRD – Bogotá.

*** Liga de Patinaje de Antioquia.

RESUMEN

El patinaje de carreras es un deporte que presenta exigencias importantes en las competencias de carácter internacional y motiva cada vez más a los entrenadores e investigadores a desarrollar estrategias de estudio que permitan aumentar el rendimiento deportivo. El objetivo de este estudio es aportar a la caracterización de este deporte los datos antropométricos correspondientes a la población que participó en la I Copa del Mundo de patinaje de carreras, celebrada en Santafé de Bogotá en Septiembre de 1997. Se evaluaron 155 patinadores (88 hombres y 67 mujeres) de nueve países participantes, clasificados según su modalidad, en fondo y velocidad. Los resultados obtenidos muestran un predominio de la masa muscular en los varones velocistas ($p < 0,05$) respecto a los fondistas y la tendencia en el somatotipo general, a la mediana mesomorfia balanceada. Se presentan, además, los resultados de las variables básicas antropométricas, el análisis de la composición corporal por sexo y modalidad deportiva y la descripción del somatotipo por países, encontrado para este deporte.

PALABRAS CLAVE

Patinaje de carreras, cineantropometría, composición corporal.

SUMMARY

The speed skating is a sport that it comes occupying important

places in the competitions of international level, motivating more and more the trainers and investigators to develop strategies of study that allow to increase the sport performance. The aims of this study is the contribution to the characterization of this sport the anthropometrics data corresponding to the population that participated in the I World Coup of speed skating, taken place in Santafé de Bogotá in September, 1997. The results show the predominance of muscle mass in the skaters of velocity ($P < 0,05$) with respect to the skaters of resistance and the tendency in the somathotype toward the balanced mesomorphy. We present the results of the basic anthropometric variables, the analysis of the corporal composition for sex and sport modality and the description of the somathotype for this sport.

KEY WORDS

Speed skating, kineanthropometry, body composition.

INTRODUCCIÓN

La cineantropometría es el área de la antropología que estudia la relación existente entre la estructura humana y su función; este estudio constituye una de las bases fundamentales para la identificación del potencial atlético, con proyección hacia el deporte de elite (1).

Desde 1921 se han realizado varias investigaciones sobre las características físicas y fisiológicas que pudieran influir en los resultados de los deportistas practicantes de una amplia variedad de deportes (2).

Una de las funciones de los entrenadores es diseñar un plan de entrenamiento adecuado, que lleve a sus deportistas hacia el mejor desempeño posible. Como parte de este trabajo, se debe incluir la asesoría de un equipo de personas idóneas que permita evaluar y analizar la respuesta del deportista al plan de entrenamiento.

A las características físicas del deportista se suman las fisiológicas, psicológicas y técnicas para aspirar a un buen desempeño en cualquier deporte; además, si se tiene una adecuada relación entre los tiempos de recuperación y la aplicación correcta de las cargas de entrenamiento, no es errado pensar en obtener excelentes resultados deportivos (3).

Sobre el patinaje de carreras no existe en la literatura abundante material al cual se pudiera tener acceso para comparar diferentes estudios sobre las características particulares de este deporte y, menos aún, si analizamos su composición corporal fraccionada, el somatotipo y otras variables dentro de su caracterización cineantropométrica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio presenta los resultados de la evaluación de 155 patinadores de carreras en línea (88 hombres y 67 mujeres) que participaron en la I Copa Mundo de Patinaje, celebrada en Santafé de Bogotá, a una altura de 2.640 m. sobre el nivel del mar, en septiembre de 1997.

Se siguieron las recomendaciones técnicas sugeridas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK); las mediciones fueron realizadas por personal entrenado en este tipo de procedimientos y las variables consideradas fueron las siguientes:

Sexo, modalidad, país, tiempo de práctica del patinaje, edad, peso, alturas (estatura, talla sentado, talla de tronco, talla acromial y talla dactílea), diámetros (biacromial, bicrestal, envergadura, biestiloideo, humeral, femoral y bimalleolar), perímetros (tórax, abdomen inferior, cadera, brazo relajado, brazo tenso, antebrazo, muñeca, muslo superior, muslo medio, pierna y tobillo), pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, suprailíaco, supraespinal, abdominal, bíceps, muslo medio y pierna medial).

A partir de estas variables, se calcularon:

- a) **Porcentaje de grasa corporal:** según la fórmula de Yuhasz (4).
- b) **Masa de grasa:** calculada a partir del peso corporal y el porcentaje de grasa.
- c) **Masa corporal activa (MCA):** restando del peso corporal, el peso de la grasa.
- d) **Índice de sustancia corporal activa (AKS):** según el método de Tittel y Wutscherk (5), tomando para el caso nuestro, el porcentaje de grasa según Yuhasz.
- e) **Composición corporal:** calculado según el modelo de cuatro componentes: peso residual, peso óseo, peso muscular y peso graso (6).
- f) **Somatotipo:** según el método de Heath y Carter, determinando la endomorfia, la mesomorfia y la ectomorfia (7).
- g) **Índice Córnico:** propuesto por Eveleth y Tanner (1976), relaciona la talla sentado y la estatura, buscando la influencia de las extremidades inferiores en la talla del sujeto (8).

Para esta investigación se utilizaron los siguientes equipos: báscula Health o Meter, antropómetro tipo Martin (GMP), cinta métrica (Lufkin) y calibrador de pliegues cutáneos Harpender (John Bull).

El análisis estadístico se realizó con el programa Statgraphics Plus 3.0, aplicando Anova y una Prueba de Rangos Múltiples para comparar el nivel de significancia entre los grupos de variables, con un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan con valores de media y desviación estándar por sexo y modalidad deportiva (fondo y velocidad para hombres y mujeres).

El promedio de edad tuvo una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre ambos sexos y por modalidad deportiva. La variable peso corporal mostró una diferencia significativa entre las modalidades de velocidad y de fondo en ambos sexos. La estatura tuvo promedios en las mujeres inferiores a los hombres (tabla 1). Se encontró

diferencia significativa para esta variable entre ambos sexos, mas no para la modalidad en el mismo sexo.

De igual forma, se encontró diferencia significativa ($p < 0,05$) en la MCA para el fondo y la velocidad en ambos sexos, mas no así por modalidad entre las damas. El AKS mostró diferencia entre los hombres, así como también entre los hombres de velocidad y las mujeres. No existió diferencia en las mujeres entre sí. El índice córmico mostró variación entre los hombres y las mujeres mas no entre las modalidades del mismo sexo (Tabla 2).

El cálculo del porcentaje de grasa mostró diferencias significativas entre hombres y mujeres, pero no entre las modalidades respecto al mismo sexo ($p < 0,05$). El modelo de cuatro componentes nos permite apreciar las diferencias significativas en el peso óseo según el sexo y la modalidad deportiva. En el porcentaje del peso óseo no se apreció diferencia al interior de ambos sexos

Modalidad	N	Edad (años)	Peso (kg)	Talla (cm)
Hombres Fondo	67	20,4 $\pm$ 5,2	61,3 $\pm$ 8,5 *	169,7 $\pm$ 6,7 *
Hombres Velocidad	21	19,8 $\pm$ 4,8	65,6 $\pm$ 8,7 *	170,6 $\pm$ 8,0
Mujeres Fondo	40	16,8 $\pm$ 3,1	53,2 $\pm$ 4,6 *	157,9 $\pm$ 5,3 *
Mujeres Velocidad	27	17,4 $\pm$ 4,3	55,2 $\pm$ 4,8 *	159,7 $\pm$ 4,2

Tabla 1. Valores promedio y desviación estándar de edad, peso y estatura para sexo y modalidad en los deportistas estudiados (* $P < 0,05$).

Modalidad	N	MCA (Kg)	AKS (g/cm ³)	I. Córmico %
Hombres Fondo	67	56,9 $\pm$ 7,7 *	1,16 $\pm$ 0,1 *	52,7 $\pm$ 1,3 *
Hombres Velocidad	21	61,0 $\pm$ 8,0 *	1,22 $\pm$ 0,1 *	52,7 $\pm$ 1,0
Mujeres Fondo	40	45,4 $\pm$ 3,4	1,15 $\pm$ 0,1	53,1 $\pm$ 3,1 *
Mujeres Velocidad	27	47,2 $\pm$ 4,0	1,16 $\pm$ 0,1	53,5 $\pm$ 1,2

Tabla 2. Valores de masa corporal activa (MCA), índice de sustancia activa (AKS) e índice córmico, en los deportistas de patinaje (* $P < 0,05$).

Modalidad	N	grasa (kg)	% grasa	Peso residual (kg)	% residual	Peso óseo (kg)	% peso óseo	Peso muscular (kg)	% músculo
Hombres Fondo	67	6,9 $\pm$ 1,1	9,4 $\pm$ 1,7 *	13,7 $\pm$ 1,4	27,0 $\pm$ 1,6	8,2 $\pm$ 1,1	17,8 $\pm$ 1,2 *	21,4 $\pm$ 2,2 *	46,0 $\pm$ 2,3 *
Hombres Velocidad	21	5,3 $\pm$ 1,1	8,6 $\pm$ 1,4 *	16,3 $\pm$ 2,3	26,4 $\pm$ 1,3	11,0 $\pm$ 1,6 *	17,9 $\pm$ 1,1	29,1 $\pm$ 4,7 *	47,1 $\pm$ 2,2 *
Mujeres Fondo	40	6,8 $\pm$ 1,4	14,2 $\pm$ 2,3	13,2 $\pm$ 1,1	27,6 $\pm$ 1,5	7,7 $\pm$ 0,6	16,0 $\pm$ 1,1 *	20,3 $\pm$ 1,8	42,2 $\pm$ 2,2
Mujeres Velocidad	27	6,9 $\pm$ 1,0	13,8 $\pm$ 1,9	13,7 $\pm$ 1,4	27,2 $\pm$ 1,6	8,2 $\pm$ 1,1	16,3 $\pm$ 1,1	21,4 $\pm$ 2,2	42,7 $\pm$ 1,9

Tabla 3. Descripción de la composición corporal según el modelo de cuatro componentes en los patinadores estudiados (* $P < 0,05$).

Modalidad	N	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia
Hombres Fondo	67	1,9 ± 0,5 *	4,2 ± 0,7 *	3,0 ± 0,9 *
Hombres Velocidad	21	1,9 ± 0,4 *	4,8 ± 0,9 *	2,5 ± 0,8
Damas Fondo	40	3,3 ± 0,7	3,6 ± 0,8 *	2,2 ± 1,0
Damas Velocidad	27	3,3 ± 0,5	3,9 ± 0,6	2,2 ± 0,6

Tabla 4. Valores del somatotipo antropométrico (*P<0,05).

comparando la modalidad, pero sí existió diferencia al comparar ambos sexos. El peso muscular mostró diferencia significativa en todas las relaciones menos entre las mujeres. Lo mismo sucedió en el porcentaje de músculo. El peso residual mostró diferencia significativa entre ambos sexos por modalidad, pero no entre las modalidades para el mismo sexo. El porcentaje del peso residual fue el que menos diferencias presentó; sólo se evidenció entre los hombres de ambas modalidades respecto a las mujeres de fondo.

El análisis del somatotipo muestra diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en la endomorfia para los hombres respecto a las mujeres, por sexo y modalidad, mas no para la modalidad al interior de cada sexo. La mesomorfia fue diferente en todos los grupos por sexo y modalidad, menos en las mujeres entre sí. Los valores encontrados para la ectomorfia mostraron

diferencia sólo entre los hombres de fondo y las otras tres modalidades (tabla 4).

En la figura 1 se nos presenta la ubicación del somatotipo por modalidad y sexo en el grupo de patinadores estudiados. Hubo diferencia significativa entre los grupos para los valores de ubicación en la somatocarta por sexo y modalidad deportiva, excepto entre las mujeres.

La tabla 5 y la figura 2, nos muestran la ubicación del somatotipo de los hombres según los países participantes en esta Copa del Mundo. La tabla 6 y la figura 3, presentan el somatotipo para las mujeres participantes, aunque la baja representación femenina de la muestra para los distintos países, impidió un adecuado procedimiento estadístico en algunas comparaciones.

País	N°	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia	X	Y
Argentina	4	2,3 ± 0,3	5,0 ± 0,6	2,3 ± 0,5	0,0 ± 0,7	5,5 ± 1,7
Chile	3	2,7 ± 0,6	5,0 ± 1,0	1,5 ± 0,5	-1,3 ± 1,1	5,8 ± 1,9
Colombia	53	2,4 ± 0,6	4,3 ± 0,8	2,9 ± 0,9	0,6 ± 1,3	3,3 ± 2,3
Cuba	3	2,0 ± 0,6	4,0 ± 0,4	3,4 ± 0,2	1,4 ± 0,8	2,7 ± 1,2
Francia	4	2,2 ± 0,4	3,9 ± 0,9	2,8 ± 0,5	0,5 ± 0,9	2,8 ± 1,8
Italia	6	2,0 ± 0,4	4,7 ± 0,9	2,5 ± 0,7	0,4 ± 0,8	4,9 ± 2,6
U.S.A.	2	2,1 ± 0,1	5,2 ± 0,1	2,4 ± 0,1	0,3 ± 0,1	5,9 ± 0,1
Venezuela	11	2,3 ± 0,9	3,9 ± 0,6	3,6 ± 1,1	1,3 ± 1,9	1,9 ± 1,7

Tabla 5. Valores del somatotipo antropométrico de hombres según el país participante.

País	N°	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia	X	Y
Argentina	1	3,6	4,3	1,9	-1,7	3,0
Chile	1	3,6	3,4	2,0	-1,6	1,1
Colombia	53	3,8 ± 0,8	3,6 ± 0,8	2,2 ± 0,8	-1,7 ± 1,4	1,2 ± 2,1
Cuba	2	4,5 ± 1,5	3,9 ± 0,8	1,8 ± 0,8	-2,7 ± 2,4	1,5 ± 0,9
Francia	1	4,0	3,9	1,9	2,1	1,9
Italia	1	3,2	3,2	2,0	-1,2	3,4
U.S.A.	6	3,0 ± 0,5	3,7 ± 1,2	2,9 ± 1,4	-0,2 ± 1,8	1,6 ± 3,0
Venezuela	2	4,2 ± 0,8	4,0 ± 0,7	2,2 ± 1,3	-2,0 ± 2,1	1,6 ± 1,8

Tabla 6. Valores del somatotipo antropométrico de mujeres según el país participante.

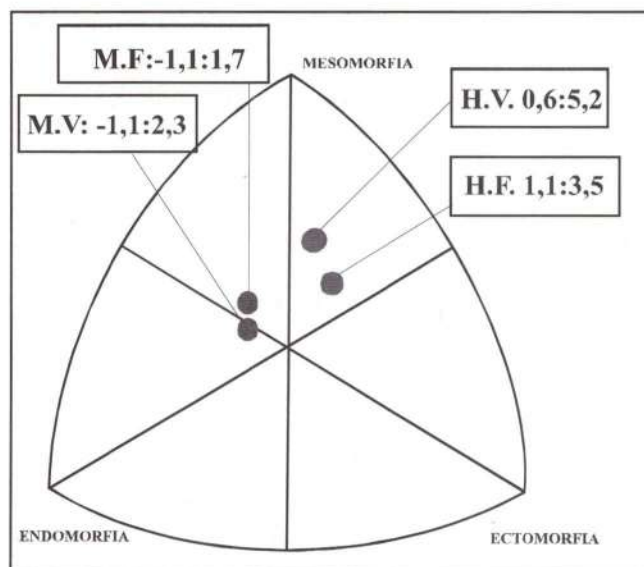


Figura 1. Somatotipo promedio de los patinadores participantes en la I Copa Mundo de Patinaje de Carreras

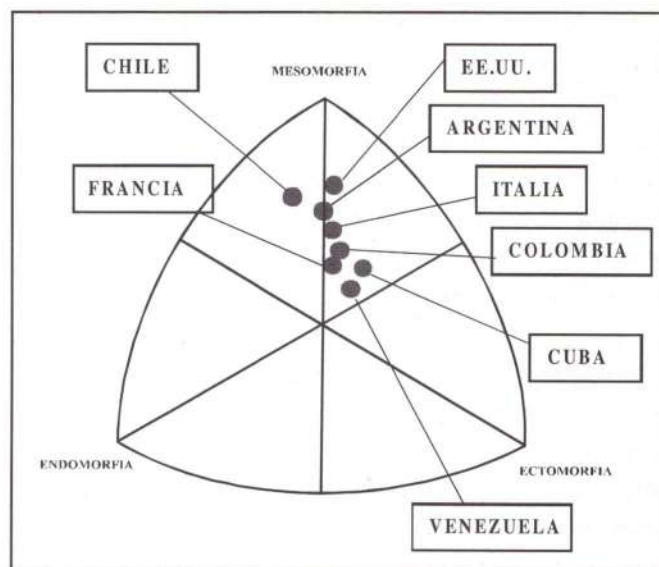


Figura 2. Somatotipo promedio de patinadores hombres de los diferentes países, respecto al promedio general de participantes masculinos en la I Copa Mundo de Patinaje de Carreras.

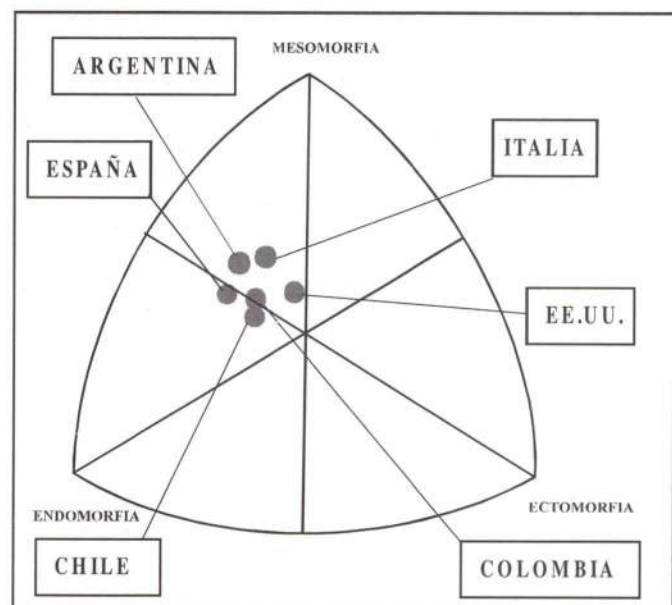


Figura 3. Somatotipo promedio de las mujeres de los diferentes países respecto al promedio total.

DISCUSIÓN

En el estudio se muestran los valores de referencia bien discriminados por sexo y por modalidad deportiva. Esto puede ayudar aún más a los entrenadores en su función de comparar a nuestros patinadores con los más destacados del mundo.

La diferencia encontrada entre los hombres y las mujeres en parámetros antropométricos básicos, muestra una edad adecuada para los hombres, ya que los resultados en el deporte del patinaje se esperan en edades que oscilan entre los 18 y los 25 años (9). Sin embargo, las mujeres presentaron una edad inferior a la esperada para el alto rendimiento en este deporte; una causa podría ser el rango de edad permitido por la reglamentación de la competencia - 15 años en adelante-; además, la mayoría de las participantes evaluadas fueron del país sede, en donde no existe mucha población en la categoría mayores en las damas.

La MCA y en el AKS presentaron diferencias significativas entre los hombres y entre los hombres y las mujeres ($p > 0,05$); esto muestra la importancia de algunos de los componentes en la especialización de las pruebas de fondo y de velocidad. En las damas no se apreció lo mismo y no existió diferencia significativa, lo que podría relacionarse con su corta edad. Se debe recordar que el AKS es un índice que relaciona la MCA con la estatura, por lo cual los deportistas de estatura más baja siempre tienen la tendencia a valores más altos de AKS. El índice cormico en ambos sexos no varió, lo que sugiere que los patinadores muestran una relación entre su estatura y sus miembros inferiores dentro de los parámetros de referencia para la población normal.

Las diferencias encontradas entre las variables calculadas para el modelo de cuatro componentes nos muestran cómo los valores absolutos podrían representar mayor importancia al comparar deportistas, que los valores porcentuales; sin embargo, se pudo apreciar en algunos de estos porcentajes que la diferencia entre las modalidades es evidente, lo cual indica la especialización en estas áreas del patinaje de carreras.

La relación observada en la masa muscular nos indica que los velocistas poseen un mejor desarrollo que los fondistas en este aspecto. Llama la atención el no encontrar diferencia significativa entre las mujeres, en donde todavía no se ha logrado la diferencia entre las especializaciones deportivas en el patinaje de carreras. El porcentaje de grasa fue muy homogéneo por modalidad deportiva en los sexos, sin embargo las diferencias se notaron particularmente entre ambos sexos y por modalidad. Nos parece que los valores promedio encontrados para los hombres se comportan dentro de los esperados por sexo y modalidad deportiva, mas no así las mujeres, cuyo porcentaje de grasa es alto en nuestro análisis (10). La literatura hace referencia al somatotipo del patinador, de acuerdo al sexo y a la modalidad, como mediana mesomorfia balanceada en los hombres y baja mesomorfia balanceada en las mujeres (11). Nuestro estudio corroboró esta definición para los hombres en la modalidad de velocidad, mas no así en la de fondo, ni en las mujeres en ambos grupos. Otros trabajos realizados en este deporte muestran, en grupos más seleccionados, estas tendencias (10). La diferencia en el somatotipo por país nos permite ver el predominio de la mesomorfia en algunos de ellos (Fig.2 y Fig. 3).

El patinaje de carreras no es aún deporte olímpico, y no existe en la literatura científica una cantidad suficiente de información que permita estudiarlo adecuadamente. El realizar investigaciones en los grandes eventos internacionales en donde se reúnen los patinadores más destacados del mundo, cualifica el deporte y ayuda a que los entrenadores puedan buscar los perfiles propios sobre los cuales trabajar en una correcta selección del potencial deportivo.

RECONOCIMIENTOS

A la Federación Colombiana de Patinaje, que

permitió la realización de esta investigación durante la I Copa Mundo. A todos los deportistas participantes, que contribuyeron pensando siempre que lo hacían en beneficio del patinaje.

REFERENCIAS

1. **Rodríguez, C.**, Composición Corporal y Deporte, Documentos, Instituto de Medicina del Deporte, La Habana, 1992.
2. **Matiegka, J.**, The testing of physical efficiency. *Am. J. Phys. Anthropol.* 4: 223-230, 1921.
3. **Bompa, T. O.**, Theory and Metodology of training, Kendall and Hunt Publ. Comp., p: 89-99, Iowa, 1983.
4. **Yuhasz, M.S.**, Physical fitness Manual, Ed. University of Western, Ontario, Canada, 1974.
5. **Tittel, K., Wutscherk, H.**, Sportanthropometric, Johann Ambrosius Bart Ed., Leipzig, 1972.
6. **Drinkwater, D.T., Ross, W.D.**, Anthropometric fractionation of body mass, in: *Kineanthropometry III*, Beunen, G., Ostyn, M., and Simon, J., (Eds.) University Park Press, Baltimore, 1980.
7. **Carter, J. L.**, The Heath – Carter Somathotipe Method, San Diego State Syllabus services, San Diego, 1980.
8. **Eveleth, P.B., Tanner, J.M.**, Worldwide variation in human growth, London, Cambridge University Press, 1976.
9. **Marino, F.**, Control médico en el patinaje de carreras, Memorias del Seminario internacional "I Copa Mundo de Patinaje de Carreras", Santa Fe de Bogotá, 1997.
10. **Marino, F., Quiroz, O.L., Valbuena, L.H., Múnera, J.L.**, Descripción de variables antropométricas y funcionales del patinaje de carreras, selección Colombia 1996-1997, *Rev. Ant. De Med. Dep. y Cien. Apl. a la Act. Fis.*, vol.1, número 1, 1998.
11. **Rodríguez, C.**, Perfil antropométrico del patinador panamericano, Documentos, Instituto de Medicina del Deporte, La Habana, 1991.

*Dirección del autor: Felipe Marino Isaza MD. MSc.
División de Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia,
Calle 48 N° 70-180, Medellín, Colombia.*

E-mail: fmarino@epm.net.co

CORRELACIÓN ENTRE LA ERGOESPIROMETRÍA Y LA PRUEBA DE LOS 2000 METROS

LUIS H. VALBUENA R. Lic. Ed. Fis., Medicina deportiva, Indeportes Antioquia.

DIANA P. DÍAZ H., MD, MSc. Fisiología del ejercicio., Facultad de medicina, Universidad de Antioquia.

OSCAR M. CARDONA A., MD, Msc. Control biomédico del entrenamiento deportivo, Indeportes Antioquia.

JAIME A. PÉREZ G., MD, Esp. en Medicina deportiva, Indeportes Antioquia.

RESUMEN

Objetivo: Correlacionar el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), obtenido de forma indirecta, mediante la prueba de los 2000 metros planos, con el obtenido de forma directa, por ergoespirometría, en banda rodante en un grupo de atletas de deportes de conjunto.

Materiales y métodos: Se estudiaron 27 futbolistas, quienes realizaron una carrera continua de 2000 metros en el menor tiempo posible, y una ergoespirometría en banda rodante con protocolo de carga ascendente, incrementando 0,5 millas/hora (mph) cada minuto hasta el agotamiento, y una pendiente constante del uno por ciento. En ambas pruebas se registraron la frecuencia cardíaca de reposo (FC_r) y máxima (FC_{max}), el VO_{2max} durante la ergoespirometría y el tiempo utilizado en recorrer los 2000 metros. Además, se determinó la concentración de lactato en sangre mediante el método enzimático, en los minutos tres y cinco de la recuperación. Se calculó el VO_{2max} indirecto mediante la fórmula de Balke.

Resultados: Los promedios de las variables antropométricas fueron: 18,9 años de edad, 67,3 kg de peso, 174,8 cm de estatura, y 8,1% de grasa. En el estudio del VO_{2max} se encontraron valores promedios de 61,4 ml/kg/min para la prueba directa y 60,3 ml/kg/min para la prueba indirecta, se encontró una buena correlación lineal entre el VO_{2max} calculado y el medido mediante la ergoespirometría ($r^2 = 0,71$, $p < 0,0001$) y entre las FC_{max} obtenidas ($r^2 = 0,67$, $p < 0,0001$).

Conclusión: En la población estudiada el cálculo del VO_{2max} de forma indirecta mediante la prueba de los 2000 metros y según la fórmula de Balke, es un indicativo confiable para determinar el VO_{2max} alcanzado por el deportista evaluado.

PALABRAS CLAVE:

Prueba de los 2000 metros, consumo máximo de oxígeno directo e indirecto, VO_{2max} .

SUMMARY

Objective: to correlate the maximum consumption of oxygen (VO_{2max}), obtained by indirect method using the test of the 2000 meters, and the obtained by direct way, in ergoespirometric test. We used treadmill test in a group of soccer players.

Materials and methods: 27 soccer players was studied which carried out a continuous career of 2000 meters in the smallest possible time. After, they realized an treadmill test with a protocol of upward load, with ergoespirometric parameters measured, increasing 0,5 mile/hour (mph) every minute until the exhaustion; and a constant slope of one percent. In both tests they registered the heart frequency of rest (FC_r) and maximum (FC_{max}), the VO_{2max} during the treadmill test and the time used to run the 2000 meters. Also, the blood lactate concentration was determined means of the enzymatic method, in the first, third, and fifth minutes of recovery. The indirect VO_{2max} was calculated by Balke method.

Results: The averages of the anthropometric variables were: age: 18,9 years, weight: 67,3 kg, height: 174,8 cm, and %fat: 8,1%. In the study the VO_{2max} showed averages values of 61,4 ml/kg/min for the direct test and 60,3 ml/kg/min for the indirect test. It had good lineal correlation among the calculated VO_{2max} in both methods ($r^2 = 0,71$, $p < 0,0001$) and among the obtained FC_{max} ($r^2 = 0,67$, $p < 0,0001$).

Conclusion: In the studied population, the calculation of the VO_{2max} by indirect way like 2000 meters test according to Balke method, it is an reliable indicative to determine the VO_{2max} reached by the evaluated soccer players.

KEY WORDS:

2000 meters test, maximum consumption of Oxygen, direct and indirect methods, VO_{2max} .

INTRODUCCIÓN

El consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) se define como la mayor cantidad de oxígeno que un organismo puede extraer, transportar y utilizar durante la realización de un ejercicio máximo, a nivel del mar, y durante el cual hay la participación del mayor número posible de grupos musculares. Es el indicador más empleado para controlar la eficiencia en la utilización de los procesos energéticos aeróbicos por el organismo durante el trabajo físico, y puede alcanzar valores desde 35 ml/kg/min, en una persona sedentaria, hasta 90 ml/kg/min, en un atleta entrenado(1,2). El VO_{2max} depende de varios factores: genéticos, de la edad, el sexo, la composición corporal y el grado de entrenamiento.

Para la medición del VO_{2max} en el laboratorio se requiere de equipos sofisticados y personal especializado; sin embargo, puede ser calculado en forma práctica y sencilla aplicando pruebas de campo, que tienen la ventaja de semejar las condiciones donde se desempeña el atleta, la especificidad para cada deporte, la simplicidad y la posibilidad de recursos y estrategias tales como nomogramas, ecuaciones y *software* para la predicción del VO_{2max} (1-9); por lo cual, es un desafío para los investigadores, fisiólogos, entrenadores y técnicos la tarea de validar, promover y aplicar estas pruebas.

Investigadores interesados en la evaluación del VO_{2max} han encontrado una relación lineal directa entre esta variable y la intensidad del esfuerzo (2, 3, 6, 8, 9); lo que ha permitido establecer modelos matemáticos para calcular el VO_{2max} en función del trabajo realizado.

Entre las pruebas de campo más utilizadas, que permiten determinar VO_{2max} a partir de una ecuación o

nomograma, están la de Cooper, consistente en recorrer la máxima distancia en un tiempo definido de 12 minutos (1); la de los 3200 metros, recorrer esta distancia en el menor tiempo posible (10); la prueba de ida y vuelta de Leger-Boucher, resistir el máximo tiempo posible sobre un trazado de veinte metros ida y vuelta, siguiendo el ritmo impuesto por una señal sonora, se inicia a una velocidad de 8 Km/h y se incrementa en 0,5 Km/h a intervalos de un minuto (1).

La evaluación del VO_{2max} en los deportes de conjunto es de gran importancia ya que, a pesar de utilizar las vías metabólicas aeróbicas y anaeróbicas en forma alternada, el sistema aeróbico es el predominante y básico en el rendimiento de estos deportistas.

Conociendo la contribución que tiene la resistencia aeróbica en el desarrollo de los deportes de conjunto y la necesidad de mejorar los métodos empleados para el entrenamiento, se decidió realizar el presente trabajo. La prueba que se utilizó es sencilla, además es muy empleada en el medio para evaluar atletas de deportes de conjunto, permitiendo conocer la capacidad física de forma individual, determinar las condiciones de adaptación cardiovascular y respiratoria al esfuerzo, y el índice de recuperación de la frecuencia cardiaca luego del mismo (11).

La mayoría de pruebas son específicas para ciertas distancias y tiempos, y sólo calculan el VO_{2max} . El objeto de la aplicación de esta prueba es correlacionar el VO_{2max} obtenido de forma indirecta con la fórmula de Balke (12) mediante la prueba de los 2000 metros planos, con el obtenido de forma directa mediante una ergoespirometría, en atletas que practican deportes de conjunto (fútbol) con el fin de darle validez, en nuestro medio, como método confiable para el control del entrenamiento deportivo, y de esta manera poder determinar la máxima capacidad de trabajo, el VO_{2max} y la respuesta cardiovascular al esfuerzo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 27 futbolistas de sexo masculino, pertenecientes a un equipo de la primera B profesional del fútbol colombiano, quienes se encontraban clínicamente sanos y en período de preparación especial.

Prueba de los 2000 metros: Previo reposo de 10 minutos en posición sentada, se les midió la FC_r , luego realizaron un calentamiento de 10 minutos consistente en dos minutos de desplazamientos de trote suave, dos minutos de movilidad articular de miembros inferiores, cuatro minutos de estiramientos y finalizaron con dos minutos de trote suave. Luego del calentamiento cada uno de los deportistas procedió a realizar el recorrido de los 2000 metros en una pista atlética, con una longitud de 400 metros, en el menor tiempo posible. Se registró el tiempo utilizado para realizar dicho recorrido, la FC_{max} y la FC en los minutos uno, tres y cinco de la recuperación, para lo cual se utilizó un pulsómetro Polar® Vantage NV. A los minutos tres y cinco de la recuperación se tomó una muestra de 20 μ L de sangre arterializada del lóbulo de la oreja, para determinar el lactato sérico producido por el método enzimático (Bhoeringer).(13)

Ergoespirometría: Cuatro días más tarde se realizó una prueba ergoespirométrica, para la determinación del VO_{2max} de forma directa, utilizando un espirómetro de circuito abierto (Oxycon Delta-Jaeger), en banda rodante (Quinton). Para dicha evaluación se utilizó un protocolo que inició con un calentamiento a 3,5mph durante tres minutos y continuó con incrementos cortos de 0,5 mph cada minuto hasta llegar al agotamiento (14). Se registraron la FC_{max} y la FC a los minutos uno, tres y cinco de la recuperación. Para la medición del lactato sérico se utilizó el mismo método de la prueba indirecta.

Para la ejecución de las pruebas los deportistas no debían entrenar el día anterior, o en su defecto realizarlo con una intensidad por debajo del 60% de la FC_{max} , con énfasis en los trabajos de flexibilidad.

Para el cálculo del VO_{2max} de forma indirecta se utilizó la fórmula de Balke:

$$VO_{2max} = 11,6 + 0,176 \times \text{Velocidad}$$

Análisis estadístico.

Los datos fueron procesados mediante el programa

Prisma (Graph Pad) Se estableció la normalidad de los datos y se aplicó una prueba de "t-test" pareado. La significancia estadística se fijó en $p < 0,05$ y se realizó un análisis de regresión lineal simple.

RESULTADOS

Los resultados de las variables antropométricas de la población estudiada se observan en la (tabla 1.)

Variable	Media	DS
Edad (años)	18,9	2,3
Peso (Kg)	67,3	7,1
Talla (cms)	174,8	5,3
Grasa (%)*	8,1	1,4

Tabla 1 Descripción de las variables antropométricas de la población estudiada.

*Determinado según método de Yuhasz

Los valores de la FC_r , FC_{max} , VO_{2max} medidos y calculados se observan en la tabla 2. Para las variables evaluadas no hubo diferencia estadísticamente significativa entre las dos pruebas.

Variable	FC_r (ppm)	FC_{max} (ppm)	VO_{2max} (ml/kg/min)
Directa	$60,5 \pm 10,1$	$190,7 \pm 8,3$	$61,4 \pm 3,2$
Indirecta	$64,3 \pm 9,8$	$191,0 \pm 11,5$	$60,3 \pm 2,2$

Tabla 2 Valores de la frecuencia cardíaca de reposo (FC_r), frecuencia cardíaca máxima (FC_{max}) y consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) mediante la ergoespirometría (directa) y la prueba de los dos mil metros (indirecta).

Los valores obtenidos luego de realizar la regresión lineal simple se observan en la tabla 3. Se encontró una buena correlación lineal tanto para el VO_{2max} ($r^2: 0,71$; $p < 0,0001$) como para la FC_{max} ($r^2: 0,67$; $p < 0,0001$)

Variable	r^2	p
FC_{max}	0,67	0,0001
VO_{2max}	0,71	0,0001

Tabla 3 Correlación entre la FC_{max} obtenida en la ergoespirometría y la prueba de los dos mil metros y entre el VO_{2max} obtenido en la ergoespirometría y el calculado en forma indirecta por la fórmula de Balke.

Los resultados del lactato sérico en los minutos tres y cinco de recuperación fueron de $10,1 \pm 2,5$ mmol/L y $10,2 \pm 2,6$ mmol/L para la prueba directa, y de $12,2 \pm 2,4$ mmol/L y $11,7 \pm 2,8$ mmol/L para la prueba indirecta.

DISCUSIÓN

En el presente trabajo se encontró, para futbolistas, una buena correlación entre la FC_{max} determinada mediante la ergoespirometría y la prueba indirecta, y una elevada concentración de lactato sérico, lo que muestra que se logró una intensidad máxima al final del esfuerzo, en ambas pruebas. También se encontró una buena correlación entre el VO_{2max} obtenido de forma directa y el calculado mediante la fórmula de Balke, lo que demuestra que la determinación del VO_{2max} mediante esta prueba de campo es confiable y puede seguir utilizándose en esta modalidad deportiva.

Previamente otros investigadores han evaluado la correlación y confiabilidad para determinar el VO_{2max} , mediante fórmulas y nomogramas, por medio de pruebas de campo; es así como, Cooper introdujo la prueba de los doce minutos y encontró una alta correlación con el VO_{2max} ($r: 0,897$) (3,7,8,9), Wyndrhan y colaboradores, también observaron un alto coeficiente de correlación ($r: 0,94$) entre la carrera de los doce minutos y el VO_{2max} medido directamente y realizado en banda rodante. Caldas y colaboradores encontraron una alta correlación ($r: 0,92$) entre el VO_{2max} obtenido con la prueba de los 3200 metros y la prueba directa (10).

En conclusión, la prueba propuesta en este trabajo ha mostrado muy buena correlación al ser aplicada en futbolistas con un buen nivel competitivo. Esto permite recomendar su aplicación en este tipo de deportistas. Además, se pueden calcular los porcentajes de recuperación de la frecuencia cardiaca, que hablan de su estado de entrenamiento, su capacidad aeróbica y la capacidad de asimilación a la carga sometida.

REFERENCIAS

1. **González Gallego J.** Fisiología de la actividad física y el deporte. Interamericana Mc Graw – Hill, 1992, p.254.

2. **Shepard RJ.** Consumo de oxígeno. En **Shepard RJ, Astrand PO.** *La resistencia en el deporte.* Barcelona, Paidotribo, 1996, p.204-213.
3. **Astrand PO, Rodahl K.** Fisiología del trabajo físico, Bases fisiológicas del ejercicio. 3ra edición, Buenos Aires, Editorial medica Panamericana, 1992, p. 256.
4. **García MJ, Navarro M, Ruiz A y col.** Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte. Evaluación de la condición física. España, Gymnos editorial deportiva, 1996, p. 24 – 39.
5. **McArdle W, Katch F, Katch V.** Fisiología del ejercicio. Energía, nutrición y rendimiento humano. Madrid, Alianza editorial, Consejo superior de deportes, 1986, p. 192, 196, 199.
6. **Lucia A.** El consumo máximo de oxígeno - VO_{2max} . *Revista Atletismo Español*, **56:** 56-58, 1992.
7. **Bueno M.** La resistencia en medio fondo. Velocidad aeróbica máxima. *Revista Atletismo Español*, **44:** 44, 1997.
8. **Tokmakidis SP, Leger L, Mercier D, Peronnet F, Thibault G.** New approaches to predict VO_{2max} . and endurance. *J. Sports Med.*, **27:** 401-409 1987.
9. **Cooper KH.** Pruebas de aptitud y categorías. Documento.
10. **Caldas ZR, Marino IF, Valbuena RLH.** Validación de un test de carrera sobre 3200 metros, para la determinación del consumo máximo de oxígeno y de las fracciones aeróbicas-anaeróbicas a concentraciones definidas de lactato plasmático en corredores de fondo. *Educación Física y Deporte*, **13(1-2):** 83-110, 1991.
11. **Wilmore JH, Costill DL.** Physiology of Sport an Exercise. Champaign, IL Human Kinetics, 1994, p. 549.
12. **Balke B.** *A Simple Field Test For The Assessment of Physical Fitness.* U.S Government Printing Office , 1963.
13. **Mader A, Heck H, Fohrenbach R, Hollmann W.** Das statiscche und dynamische Verhalten des laktats und des Saurre-Basen-Status in Bereich niedriger bis maximaler Azidosen bei 400-m-und 800-m-Laufen bei beiden Geschlechtern nach Belastungs abbruch *Dttsch Z Sportment* , **30(7):**203; (8):249, 1979.
14. **Wasserman K.** Principles of exercise testing and interpretation. 2da Ed, Lea Febigger, 1994.

SÍNDROME COMPARTIMENTAL CRÓNICO BILATERAL DE LA PIERNA, INDUCIDO POR EL EJERCICIO, EN EL PATINAJE DE CARRERAS: INFORME DE CASO.

FELIPE MARINO I. Médico. MSc. Control Médico del Entrenamiento. División de Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia.
HORACIO YEPES R. Médico Ortopedista, División de Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia.

RESUMEN

La consulta por dolor en la región externa de las piernas en los deportistas del patinaje de carreras, ha aumentado considerablemente en los últimos años y esto parece tener una relación directa con las cargas de entrenamiento y la biomecánica del gesto deportivo con el patín en "línea", debido a una eversión permanente y una alta tensión sobre los músculos de los compartimentos anterior y lateral de la pierna, el tibial anterior, los músculos peroneos, y el extensor de los dedos. Una hipertrofia muscular debida al ejercicio ocasiona un colapso de la microvasculatura durante el mismo, dada la no distensibilidad de las fascias que conforman los compartimentos de la pierna, el cual es transitorio y asintomático al revertir en el período de reposo. La isquemia repetida durante los entrenamientos intensos origina un dolor agudo que obliga a la claudicación y al reposo de la extremidad afectada, lo que impide la continuidad en el entrenamiento o la competencia. El caso que presentamos corresponde a un patinador de alto rendimiento, evaluado y tratado en la División de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia.

PALABRAS CLAVE

Patinaje de carreras, Síndrome Compartimental Crónico, fasciotomía

SUMMARY

Consultation for complains for pain in the external region of the legs by the speed skaters has considerably increased in the last years and this seems to have a direct relationship with the load of training and the biomechanics of the sport expression especially with the "in line" roller skating, due to a permanent evertion movement and a high tension on the muscles of the compartments of the leg: the posterior tibialis, the peroneus brevis and longus, and the digitus longus extensor. A muscular

hypertrofia after strong exercise causes a collapse of the microvessels during the same, preventing the stretching of the fascias that integrate the compartments of the leg, which is transitory and asymptomatic when reverting to the rest period. The repeated ischemia during intense training, originates a sharp pain that forces the member to give up and to the rest of the affected limb, which in turn impedes the continuity of the training or the competition. The case that we present correspond to a high level performance skater, who was evaluated and treated in the Sports Medicine Division of Indeportes Antioquia.

KEY WORDS

"In line" roller skating, cronic compartment syndrome, fasciotomy.

INTRODUCCIÓN

La anatomía de la pierna comprende varios compartimentos formados por los paquetes musculares y sus fascias, a saber: el anterior, el lateral y el posterior; este último a su vez, posee el posterior profundo y el posterior superficial. El compartimento anterior está conformado por los músculos tibial anterior, extensor de los dedos y extensor del hallux, y el compartimento lateral, por los peroneos lateral corto y lateral largo (fig.1).

Se define como síndrome compartimental a la elevación de la presión intersticial en un compartimento cerrado por una fascia, que puede ser agudo o crónico y produce un compromiso microvascular, neurológico y

muscular. Como resultado del aumento de la presión intersticial y de su duración, se observa el compromiso de la función mioneural con posibilidades de desarrollar necrosis en los tejidos blandos involucrados. Dicha necrosis puede comenzar con presiones por encima de los 30 mm Hg, pero otros autores afirman que las presiones deben ser superiores a ésta (1,2).

Los compartimentos que se comprometen con mas frecuencia en este trastorno son el anterior y el profundo. El examen físico permite detectar un dolor característico, endurecimiento del compartimento, pulsos disminuidos, parestesias de la extremidad y en ocasiones parálisis (4).

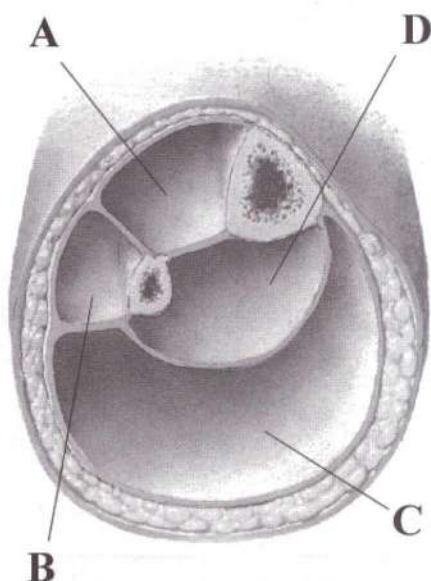


Fig. 1. Corte transversal de la pierna en la que se aprecian los diferentes compartimentos formados por sus fascias: A: anterior, B: lateral, C: posterior superficial y D: posterior profundo.

El síndrome compartimental crónico se define como el cuadro clínico característico de instalación progresiva, en el cual se aprecia dolor, compromiso motor, sensitivo y microvascular con el estímulo del ejercicio, pero que en condiciones de reposo no presenta ningún síntoma; además la presión intracompartimental aumenta considerablemente después de la actividad física y permanece elevada por varios minutos después de suspenderla (5).

En el patinaje de carreras ha aumentado

considerablemente la consulta por dolor en la región externa de las piernas, que puede ocasionarse inicialmente por una tendinitis de los músculos peroneos. Tal parece que el aumento de las cargas de entrenamiento y la biomecánica del gesto deportivo con el patín en "línea", la cual produce una tensión excéntrica en una de las fases del empuje y una tensión concéntrica en eversión durante la fase final del mismo, sean los factores de riesgo predisponentes para esta eventualidad. El peso corporal sobre el patín se centra sobre un chasis en línea que es mas delgado que la planta del pie y que lleva acanaladas, en forma longitudinal, cinco ruedas que reducen considerablemente la superficie de apoyo, lo que aumenta en gran proporción el mecanismo evertor del pie, cuyos responsables directos son los músculos peroneos, el extensor de los dedos y, en parte, el tibial anterior. En las pistas que tienen los peraltes elevados, los mecanismos de empuje requieren una mayor participación de los músculos evertores sobre todo en las curvas, lo que ocasiona una tensión permanente sobre la cara externa de la pierna en forma concéntrica, que aumenta cuando existe además una mala ubicación del chasis.

La fisiopatología de este cuadro clínico se inicia con una hipertrofia no muy marcada de los músculos evertores, los cuales producen con el ejercicio una dilatación del tejido que se ve limitada por la fascia y comienzan a producir una compresión en el paquete vasculo-nervioso del compartimento lateral, generando una isquemia característica que comienza en el paquete venoso y luego afecta el paquete arterial. El cuadro clínico va acompañado de dolor progresivo y parestesias, que impiden la correcta ejecución de la técnica al patinar y obligan a detener el ejercicio. Con el tiempo se hace más temprana la aparición de los síntomas, hasta que definitivamente no se puede patinar sin dolor. En este momento casi todos los pacientes requieren cirugía liberadora, denominada fasciotomía, ya que no responden a los medios conservadores en forma apropiada (3,6,9). Un adecuado manejo de las cargas de entrenamiento, una correcta posición del chasis y una fisioterapia dirigida a la profilaxis de la lesión con fortalecimiento de los músculos involucrados y el estiramiento



Fig. 2. Columna de mercurio conectada a una llave de 3 vías en línea a una aguja de punción.



Fig. 3. Punción del compartimiento lateral con activación de la llave de 3 vías

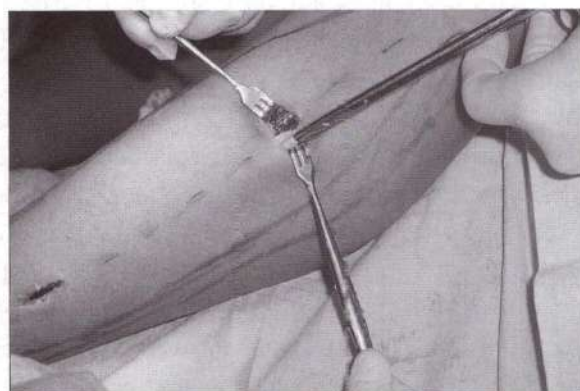


Fig. 4. Acto operatorio. Insisiones proximal y distal con fasciotomía subcutánea. La tijera está ubicada en el compartimiento lateral apreciándose la fascia íntegra. El compartimiento anterior ya ha sido liberado.

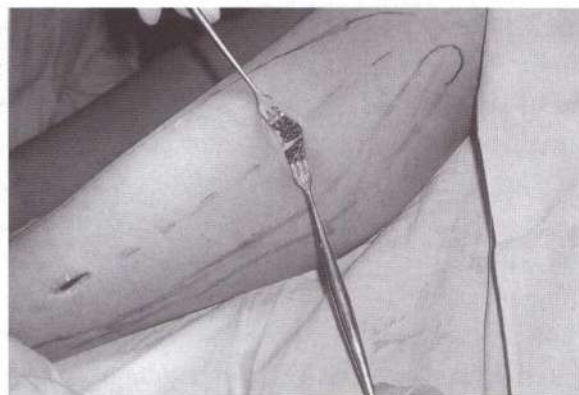


Fig. 5 Se aprecia en la parte superior el compartimiento anterior liberado y en la parte inferior, el compartimiento lateral. Separándolos se encuentra el septo intercompartimental.

exhaustivo de los mismos, pueden evitar una lesión que es grave y que produce ausentismo en este deporte.

Los criterios del diagnóstico se basan en la sospecha clínica, pero ésta por sí sola no es suficiente, sino que además requiere de la medición de la presión intramuscular. La presión intracompartimental normal se ha establecido con valores de menos de 15 mm Hg. Los protocolos más conocidos utilizan la medición de la presión del compartimiento antes y después del ejercicio y cuyos valores de referencia superiores a los 15 mm Hg antes del ejercicio y por encima de 30 mm. al minuto y 20 mm. al quinto minuto después del ejercicio, son diagnósticos de síndromes compartimentales crónicos (7,8). También es característico el retraso de la normalización de la presión intramuscular luego de seis minutos de haber suspendido el ejercicio; esto se considera diagnóstico.

PRESENTACIÓN DEL CASO

Paciente de 22 años, sexo masculino, patinador de competencia por más de 10 años, quien durante una competencia del campeonato mundial de Chile en 1999, comenzó a presentar dolor agudo intenso en la cara lateral de ambas piernas, sensación de incoordinación y limitación funcional para seguir patinando; se encontró endurecimiento marcado de la cara lateral y llamó a

atención que al dejar de patinar cedía el dolor al cabo de una hora y permanecía un resentimiento muscular por varias horas. Recibió tratamiento inicial con hielo y antiinflamatorios no esteroideos, con mejoría en reposo mas no durante ejercicio, donde el dolor se acrecentaba cada vez más. El paciente había presentado episodios similares desde hacía al menos tres meses. Fue sometido a fisioterapia con TENS e infiltración con xilocaína sin ninguna mejoría durante el ejercicio. Dadas las recaídas, la falla en la rehabilitación y el endurecimiento muscular relatado, se sospechó un síndrome compartimental crónico inducido por el ejercicio. El paciente fue sometido a la medición de la presión intracompartimental con el método de la columna de mercurio mediante un tensiómetro unido a una llave de tres vías y aguja número 18 (fig.2). Se elevó la presión con solución salina y luego se abrió la llave hacia el tensiómetro, el cual marcó una presión de 15 mm Hg en reposo; cinco minutos después de realizar ejercicio y presentar los síntomas de claudicación, la presión fue de 22 mm Hg (fig.3). El concepto definitivo fue intervenir quirúrgicamente mediante una fasciotomía liberadora para corregir el fenómeno isquémico que se estaba presentando (fig.4). Se llevó a cirugía y se le realizó una fasciotomía subcutánea de los compartimentos anterior y lateral de ambas piernas (fig.5). En el postquirúrgico se utilizaron medidas terapéuticas con masaje de hielo, TENS y marcha protegida con apoyo al 50% (muletas) durante 15 días. Se acompañó de ejercicios isométricos e isotónicos por debajo del umbral del dolor. Se permitió reiniciar la actividad física controlada en la tercera semana. La recuperación completa se apreció a los tres meses. La liberación de las fascias produjo un alivio completo en la sintomatología del deportista, el cual en un año de evolución no ha presentado recaídas a pesar de su trayectoria competitiva en campeonatos nacionales y mundiales.

DISCUSIÓN

El síndrome compartimental inducido por el ejercicio es una causa infrecuente de dolor de la pierna, pero se puede presentar durante la actividad física. Las causas básicas del proceso fisiopatológico no han sido esclarecidas completamente y se citan algunas, como elevación intermitente de la presión causada por un retorno

venoso deficiente, hernia muscular con oclusión vascular, defectos en las fascias o "fascias aberrantes", o una hipertrofia muscular excesiva producto del entrenamiento intenso. Todos los tejidos tienen propiedades viscoelásticas, es así como los músculos pueden ser más distendibles que sus recubrimientos o fascias. Las fascias pueden estar conectadas entre sí, creando septos musculares que pueden comunicarse con las superficies óseas, conformando espacios continentes que pueden albergar una cantidad determinada de tejido o de contenido. En el síndrome compartimental agudo una hemorragia secundaria a una fractura o a una ruptura muscular, puede ocasionar una elevación dramática de la presión intracompartimental y produce dolor que no cede a los analgésicos comunes, cambios sensitivos como disestesias y parestesias, disminución del llenado capilar distal y pérdida del pulso. Las presiones pueden llegar a ser tan grandes como 30 a 45 mm Hg conformando un síndrome compartimental agudo, el cual es una urgencia quirúrgica que requiere de fasciotomía abierta urgente para salvar la extremidad y evitar isquemia neurológica y muscular que causaría necrosis tisular, tal como se ha descrito desde 1881 por el trabajo del Dr. Richard Von Volkman, quien describió la contractura isquémica que constituye la secuela de un síndrome compartimental no tratado. En 1906 el Dr. Hildebrand, basado en los estudios de Volkman, fue el primero en sugerir que la presión elevada en los tejidos pudiera ser la causa de la contractura isquémica. El síndrome compartimental crónico también se produce por un aumento de la presión intracompartimental, pero sus causas no han sido bien esclarecidas y se plantean dos teorías: El volumen dentro del compartimento puede aumentar normalmente un 20% con el ejercicio, producto de una elevación del flujo sanguíneo. Los músculos pueden hipertrofiarse disminuyendo la perfusión de los tejidos por oclusión y produciendo como resultado una isquemia; sin embargo no todos los patinadores desarrollan esta alteración. La otra teoría está apoyada en un daño mecánico como resultado de un microtrauma a repetición debido a las fases intercaladas en el empuje, excéntricas y concéntricas, las cuales producen daño muscular y liberación de sustancias irritantes que modifican la presión osmótica dentro del compartimento.

En el presente caso cualquiera de las dos teorías

podría aplicarse, pues sospechamos una hipertrofia muscular del compartimento anterior, debido a que el músculo tibial anterior es estabilizador del tobillo mediante una contracción isométrica sostenida de 110 grados de dorsiflexión, y del compartimento lateral, donde el peroneo lateral corto está funcionando en forma agonista con una contracción isométrica e isotónica entre 15 y 20 grados de eversión. Así mismo la contracción excéntrica en el patinador ocupa un tiempo importante dentro de la mecánica del gesto deportivo en la fase de empuje.

REFERENCIAS

1. **Mubarak SJ, Owen CA, Hargens AR, Garetto LP, Akeson WH.** Acute compartment syndromes: Diagnosis and treatment with the aid of Wick catheter. *J Bone Joint Surg*. 60^a: 1091-1095, 1971.
2. **Rorabeck CH.** Compartment Syndromes, in: Orthopaedics Knowledges Update Sports Medicine, American Academy Orthopaedics Surgeon, 1994.
3. **Rorabeck CH, Flower PJ, Nott L.** The results of fasciotomy in the management of cronic exercional compartment syndrome. *Am J Sports Med* 1988; 16: 224-227.
4. **Martens MA, Backaert M, Vernaut G.** Chronic leg pain in athletes due to a recurrent compartment syndrome. *Am J Sports Med* 1984; 12: 148-151.
5. **Edwards P, Myerson M.** Exercional Compartment Syndrome of the Leg: Steps for expedient return to activity, *The Physician and Sports Medicine*, vol. 24, N. 4, april 96.
6. **Styf JR, Korner LM.** Chronic anterior-compartment syndrome of the leg. Results of treatment by fasciotomy. *J Bone Joint Surg Am* 1986, Dec; 68(9): 1338-1347.
7. **Browner BD, Jupiter JB, Levine AM, Trafton PG.** Skeletal Trauma: Fractures, Dislocations, Ligamentous injuries, W.B. Saunders Co., 1992.
8. **Heppenstall B.** An update in Compartment Syndrome investigation and treatment, *University of Pennsylvania Orthopaedic Journal*, 1997.
9. **Machold W, Muellner T, Kwasny O.** Is the return to high-level athletics possible after fasciotomy for a compartment syndrome of the thigh? A case report, *The American Journal of Sports Medicine*, May-June 2000.

REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA Y ACTIVIDAD FÍSICA

MICHAEL N. SAWKA, Ph.D., División de Medicina Térmica y de Montaña del Instituto de Investigación en Medicina Ambiental de la Armada de los Estados Unidos.

Traductor: Mauricio Rico Sierra.

RESUMEN

Se revisan: a) la termorregulación en ambientes calurosos, y b) el manejo del estrés por calor. Los atletas y trabajadores enfrentan el estrés del calor originado en el clima (es decir: temperatura, humedad y carga solar), y el de la producción de calor corporal. De acuerdo a las condiciones del clima, variarán las contribuciones relativas del calor seco (radiación y conducción) o por evaporación a la pérdida total de calor. El estrés por calor ambiental y por el ejercicio físico interactúan de manera sinérgica, y pueden conducir a los sistemas fisiológicos hasta sus límites. La tolerancia del ser humano al estrés por calor depende de la biofísica del intercambio de calor y el estado biomédico de las personas. Durante el estrés por calor compensable (refrescamiento por evaporación no limitado por las condiciones ambientales), las personas saludables pueden termoregularse indefinidamente si están acondicionadas, aclimatadas al calor y bien hidratadas. La mayor parte de los eventos atléticos representan situaciones de estrés por calor compensable. El estrés por calor no compensable ocurre frecuentemente en situaciones de trabajo, cuando a las personas se les exige vestir ropas protectoras y trabajar a temperaturas y humedad intolerables. La exposición al calor puede manejarse mediante la aclimatación, ciclos de ejercicio y reposo, y microclimas refrescantes.

PALABRAS CLAVE

Calor, disipación, sudor, hidratación, aclimatación, potencia aeróbica, electrolitos, agua, ejercicio.

SUMMARY

This paper reviews: a) human thermoregulation in the heat; and b) heat stress management. Athletes and workers encounter heat stress from climatic conditions (e.g., temperature, humidity, and solar load) and body heat production. Depending on the climatic conditions, the relative contributions of evaporative and dry (radiative and conductive) heat exchange to the total heat loss will vary. Environmental heat stress and physical

exercise interact synergistically and may push physiological systems to their limits. Human tolerance to heat stress is dependent upon the biophysics of heat exchange and the person's biomedical status. During compensable heat stress (evaporative cooling not limited by environmental conditions), healthy persons can thermo regulate indefinitely if physically fit, heat acclimated, and well hydrated. Most athletic events represent compensable heat stress situations. During uncompensable heat stress (evaporative cooling requirement greater than biophysical limits), healthy persons will continue to store heat causing body temperature to rise until exhaustion occurs. Uncompensable heat stress often occurs in occupational situations where persons are required to wear protective clothing and work in intolerable heat and humidity. Heat exposure can be managed by heat acclimation, rehydration, exercise/rest cycles and microclimate cooling.

KEY WORDS

Heat, dissipation, sweat, hydration, acclimation, aerobic power, electrolytes, water, exercise.

INTRODUCCIÓN

Los seres humanos son animales tropicales. Si se proveen el agua y la sombra adecuadas, las personas saludables pueden tolerar la exposición a virtualmente cualquier estrés por calor climático (4). El hombre hace ejercicio físico extenuante en ambientes cálidos por motivos voluntarios, de recreación o supervivencia.

La magnitud de la carga fisiológica que impone la combinación del estrés por ejercicio y por calor ambiental depende del gasto metabólico y de la capacidad para intercambiar calor con el entorno. El estrés por calor externo aumenta las respuestas circulatorias y la necesidad

de sudar para que el cuerpo pueda disipar el calor. Cuando el medio externo es más caliente que la piel, el cuerpo gana calor y de esta manera aumenta la cantidad del mismo que debe disipar. Además el ejercicio muscular aumenta el gasto metabólico por encima de los valores de reposo, de tal forma que incrementa la velocidad a la cual debe disiparse el calor al ambiente, para evitar que la temperatura central suba a cifras peligrosas. Así pues, el estrés por el calor ambiental y el ejercicio muscular actúan de forma sinérgica para aumentar la demanda fisiológica, y posiblemente reducir el rendimiento físico.

BALANCE DE CALOR Y EJERCICIO

La regulación de la temperatura se logra de dos formas paralelas: mediante procesos ligados a la conducta y por cambios fisiológicos (4). La primera opera principalmente a través del comportamiento consciente, y puede usar cualquier medio disponible. Los atletas altamente motivados pueden ignorar las normas de comportamiento para controlar la temperatura y continuar sus ejercicios cuando hace calor. Un ejemplo reciente es el de tres luchadores, alumnos de un colegio de los Estados Unidos, quienes, mientras hacían ejercicio a elevadas temperaturas, ignoraron el malestar que sentían, llegaron a la deshidratación extrema, y finalmente sufrieron colapso y murieron (2). La regulación fisiológica de la temperatura opera mediante respuestas que no dependen del comportamiento voluntario y abarca el control de: a) la velocidad de producción del calor metabólico (comprometida por la intensidad del ejercicio), b) el flujo de calor por la sangre, desde el interior del cuerpo hasta la piel (para la pérdida seca del calor), y c) la sudoración (para la pérdida de calor por evaporación).

Durante el ejercicio, la velocidad con que se produce el calor aumenta por encima de los valores de reposo, porque se genera como un subproducto de la contracción del músculo esquelético. El incremento del calor metabólico ocurre tan pronto como empieza el ejercicio. En las primeras etapas, la velocidad de producción excede la de disipación; la diferencia se acumula como calor principalmente en el interior del cuerpo, y aumenta la temperatura central. Cuando esto sucede, se van

estimulando los reflejos disipadores hasta alcanzar tal magnitud, que disminuye el almacenamiento de calor y la temperatura central aumenta más lentamente. Finalmente, al continuar el ejercicio, la cantidad de calor disipado incrementa lo suficiente para equiparar la producción, y se alcanza la llamada temperatura central de estado estable.

Durante el ejercicio, la magnitud del ascenso de la temperatura central hasta el estado estable es independiente de las condiciones ambientales en un amplio rango ("zona de prescripción"), y proporcional al gasto metabólico. Las condiciones ambientales determinan con cuál porcentaje relativo de la pérdida total de calor participan, tanto el intercambio seco del calor (es decir por convección y radiación), como el intercambio del mismo por evaporación. A temperaturas moderadas, los elevados gradientes de la piel al ambiente facilitan el intercambio seco del calor, y así se pierde la casi totalidad del mismo. A medida que aumenta la temperatura ambiente, disminuye el gradiente para el intercambio seco, y se depende más de la pérdida de calor por evaporación.

Los investigadores han encontrado que la potencia aeróbica máxima es menor en los ambientes calientes que en los templados, y que la magnitud del descenso no se altera por aclimatarse al calor. Además el rendimiento durante el ejercicio submáximo se reduce en ambientes calurosos. Sin embargo, exponerse repetidamente al calor induce una aclimatación que restablece esas capacidades (4). El estrés por calor aumenta la carga sobre el sistema cardiovascular, que a su vez reduce el rendimiento físico. Durante el ejercicio en ambientes calurosos, el reto cardiovascular fundamental es aportar, simultáneamente, suficiente sangre a los músculos esqueléticos activos para mantener su metabolismo, y bastante flujo sanguíneo a la piel para disipar el calor.

Un elevado flujo sanguíneo en la piel se acompaña frecuentemente de la reducción del llenado y volumen sistólico cardíacos, por lo que se necesita una mayor frecuencia cardíaca para mantener el volumen minuto del corazón (1). El llenado cardíaco disminuye porque el lecho venoso de la piel es vasto y distensible, y se dilata en forma refleja durante el estrés del calor. Por estas

razones, a medida que aumenta el flujo sanguíneo en la piel, el lecho venoso cutáneo (especialmente bajo el nivel del corazón) va ingurgitándose, sacrificando cada vez más el volumen sanguíneo central. Además, la transpiración podría desencadenar una pérdida neta del agua corporal y reducir el plasma y volumen sanguíneos (3). Concluyendo, el estrés térmico puede mermar el llenado cardíaco, tanto porque acumula sangre en la piel, como porque reduce el volumen sanguíneo.

ACLIMATACIÓN AL CALOR

La exposición repetida a temperaturas elevadas reduce la carga fisiológica y mejora el rendimiento físico durante las posteriores exposiciones (5). El método más efectivo para aclimatarse al calor es hacer ejercicio en ambientes cálidos. Sin embargo, reposar al calor también lo logra, pero en menor magnitud. Para conseguir aclimatarse activa y plenamente, no se necesitan 12 horas diarias de exposición al sol. Se logra una respuesta óptima, en calor seco, con períodos de 100 minutos diarios. El efecto de la aclimatación a altas temperaturas en el rendimiento suele ser dramático, porque las personas aclimatadas, para quienes previamente era difícil o imposible realizar tareas haciendo calor, logran ya terminarlas fácilmente.

Cuando una persona se aclimata mediante el ejercicio diario en un ambiente cálido, la mayor parte de las mejoras en la frecuencia cardíaca, temperaturas central y de la piel, y velocidad de sudoración, las consigue en la primera semana de exponerse al calor, aunque la mejoría no termina abruptamente. Al final de la primera semana de exposición se habrán logrado las tres cuartas partes de la respuesta de aclimatación termorreguladora, y al cabo de 10 a 14 días por lo general ya se habrán completado.

REFERENCIAS

1. **Johnson, J.M. and D.W. Proppe.** Cardiovascular adjustments to heat stress. En: *Handbook of Physiology, Section 4, Environmental Physiology*, M.J. Fregley and C.M. Blatteis (Eds). New York: Oxford University Press, 1996, p. 215-243.
2. **Remick, D., K. Chancellor, S.J. Pederson, F. Skemp, E.J. Zambraski, M.N. Sawka, and C.B. Wenger.** Hyperthermia and dehydration-related death associated with intentional rapid weight loss in three collegiate wrestlers - North Carolina, Wisconsin, and Michigan, November-December 1997. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 47: 105-107, 1998.
3. **Sawka, M.N.** Physiological consequences of hydration: exercise performance and thermoregulation. *Med.Sci.Sports Exerc.* 24: 657-670, 1992.
4. **Sawka, M.N., C.B. Wenger, and K.B. Pandolf.** Thermoregulatory responses to acute exercise-heat stress and heat acclimation. In: *Handbook of Physiology, Section 4, Environmental Physiology*, M.J. Fregley and C.M. Blatteis (Eds). New York: Oxford University Press, 1996, p. 157-185.
5. **Wenger, C.B.** Human heat acclimatization. In: *Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes*, K.B. Pandolf, M.N. Sawka, and R.R. González (Eds). Indianapolis, IN: Benchmark Press, 1988, p. 153-197.

Los puntos de vista, opiniones y hallazgos que aparecen en este informe, corresponden a los autores, y no deben considerarse como una posición, política o decisión oficial del Departamento de la Armada, a menos que se especifique en otro documento oficial.

Se aprueba para distribuir al público de forma ilimitada.

BALANCE DE LÍQUIDOS Y ELECTRÓLITOS DURANTE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN AMBIENTES CALUROSOS

MICHAEL N. SAWKA, Ph.D., División de Medicina Térmica y de Montaña del Instituto de Investigación en Medicina Ambiental de la Armada de los Estados Unidos.

Traducción: Mauricio Rico Sierra.

RESUMEN

Se revisan: a) el balance de líquidos y electrolitos mientras hace calor, y b) los efectos de la hidratación normal (euhidratación), la disminución del agua corporal total (deshidratación) y el aumento de la misma (hiperhidratación), en la termorregulación y el rendimiento físico a altas temperaturas. Durante el ejercicio y el calor simultáneos, la producción de sudor excede frecuentemente la ingesta de líquidos, y se producen deficiencia del agua corporal y pérdida de electrolitos. La disminución del agua afecta tanto los volúmenes intracelulares como los extracelulares. También provoca pérdida de electrolitos en el sudor, que puede fluctuar entre 10 y 60 meq/L de sudor.

El estrés por calor y por deshidratación comprometen adversamente el desarrollo del ejercicio aeróbico, y mientras más caliente el clima, mayores son las mermas del rendimiento. La deshidratación incrementa la acumulación de calor y conduce al estrés por calor. Las disminuciones de la velocidad de la sudoración (pérdida de calor por evaporación) y del flujo sanguíneo en la piel (pérdida seca de calor), a una temperatura central dada, provocan la acumulación de calor. A este efecto adverso también ayudan la hiperosmolaridad y la hipovolemia. Las personas aclimatadas al calor deben poner atención particular a la restitución de los líquidos, porque ellas pierden mayores cantidades de sudor, y la deshidratación anula las ventajas termorreguladoras que la aclimatación confiere. A la hiperhidratación se le atribuyen mejoras en el rendimiento físico, pero esta creencia no la sustentan las investigaciones recientes.

PALABRAS CLAVE

Calor, clima, temperatura central, disipación, convección, radiación, evaporación, hidratación, sed, potencia aeróbica, gasto cardíaco.

SUMMARY

This paper reviews: a) fluid-electrolyte balance in the heat; and b) the effects of normal hydration (euhydration), decreased total body water (hypohydration) and increased total body water (hyperthdration) on thermoregulation and exercise-heat performance. During exercise in the heat, sweat output often exceeds water intake that results in body water deficit (hypohydration) and electrolyte losses. The water deficit affects both intracellular and extracellular volume. It also results in electrolyte lost in sweat and can range from 10 to 60 meq/L of sweat.

Aerobic exercise tasks are adversely affected by heat stress and hypohydration; and the warmer the climate the greater the performance decrements. Hypohydration increases heat storage and conduces to heat strain. Increased heat storage is mediated by reduced sweating rate (evaporative heat loss) and reduced skin blood flow (dry heat loss) for a given core temperature. Plasma hyperosmolality and hypovolemia both contribute to these adverse effects. Heat acclimated persons need to pay particular attention to fluid replacement, because heat acclimation increases sweat losses and hypohydration negates the thermoregulatory advantages it confers. Hyperhydration has been however, recent research does not support that belief.

KEY WORDS

Heat, climate, central temperature, dissipation, convection, radiation, evaporation, hydration, thirst, aerobic power, cardiac output.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a las condiciones del clima pueden variar los aportes relativos del intercambio de calor, por evaporación o seco (radiación y convección), a la eliminación total del calor (7). Mientras más caliente el clima, mayor será la dependencia de la transferencia por evaporación, y por lo tanto del sudor. De esta forma puede perderse un volumen sustancial de agua corporal cuando se suda, para facilitar el refrescamiento por evaporación en climas calientes.

Generalmente las personas se deshidratan durante el ejercicio debido a la falta de agua disponible, o a la desigualdad entre la sed y las necesidades de agua corporal (5). En estas circunstancias el individuo comienza el ejercicio como euhidratado (agua corporal total normal), pero cuando pasa bastante tiempo haciendo ejercicio en ambientes calurosos, cae en una franca deshidratación.

NECESIDADES DE LÍQUIDOS Y ELECTRÓLITOS

La velocidad a la que una persona suda depende tanto de las condiciones del clima, como del vestuario y de la intensidad del ejercicio. Las personas que trabajan activamente en climas desérticos frecuentemente sudan a velocidades de 0,3 a 1,2 litros por hora (L/h). Quienes hacen ejercicio de intensidad leve mientras visten ropa de seguridad, a menudo tienen velocidades de sudoración de 1,0 a 2,5 L/h. Las necesidades de líquidos variarán en relación con el estrés por calor climático, ropaje, estado de aclimatación y magnitud de actividad física. Las necesidades diarias de líquidos pueden variar (desde personas sedentarias a muy activas) entre 2 a 4 litros por día (L/d) en climas templados, y de 4 a 10 L/d en climas cálidos.

En el sudor se pierden electrólitos, sobre todo cloruro de sodio y, en menor escala, potasio. La concentración promedio de sodio en el sudor es aproximadamente 40 meq/L (rango 10 a 100 meq/L), pero varía de acuerdo a la dieta, velocidad de sudoración

y magnitudes de hidratación y aclimatación. Las personas aclimatadas al calor tienen concentraciones de sodio comparativamente más bajas (>50% menores) en el sudor. Las concentraciones promedio de potasio son de 5 meq/L (rango 3 a 15 meq/L), de calcio 1 meq/L (rango 0,3 a 2 meq/L) y de magnesio 0,8 meq/L (rango 0,2 a 1,5 meq/L). No es necesario reponer los electrólitos, excepto en los primeros días de la exposición al calor, ya que la ingesta diaria de sodio en la dieta cubrirá las pérdidas por el sudor.

Cuando se combinan ejercicio y estrés por calor, el problema principal es evitar la deshidratación, procurando igualar el consumo de líquidos con el sudor eliminado (3). Se trata de un problema difícil porque la sed no es un buen indicador de las necesidades de agua corporales. Es posible que una persona sólo perciba la sed cuando la pérdida de agua alcance a ser el 2% del peso corporal.

Si al hacer ejercicio en ambientes calurosos o exponerse al calor, se ingiere agua *ad libitum*, ésta se reemplazará de forma incompleta (deshidratación voluntaria). La aclimatación al calor mejorará la correspondencia entre la sed y las necesidades de agua corporales, pero la primera seguirá siendo un pobre indicador de las últimas, porque aunque la aclimatación también modifica la deshidratación voluntaria, ésta continuará ocurriendo, y la gente se deshidratará hasta en un 2 a 6% de su peso corporal en los casos de sudoración prolongada.

RENDIMIENTO FÍSICO Y TERMORREGULACIÓN

En climas templados, una deficiencia menor del 3% de la pérdida de agua corporal (PAC) no altera la máxima potencia aeróbica (5). Ésta disminuye cuando la deshidratación iguala o excede el 3% de la PAC. Es decir, debe haber una deficiencia crítica de agua (PAC de 3%) para que la deshidratación reduzca la potencia aeróbica máxima en climas templados. En climas cálidos, la capacidad de trabajo físico comienza a disminuir con deficiencias de agua marginales (1-2% de la PAC), y la reducción va siendo mayor a medida que aumenta la deficiencia hídrica, de tal forma que, deficiencias de

agua pequeñas (PAC de 2%) a moderadas (PAC de 4%), suscitan grandes reducciones de la potencia aeróbica máxima. La deshidratación provoca, patentemente, deterioros en la capacidad de trabajo físico mucho más grandes en clima caliente que en el templado.

La deshidratación incrementará las respuestas de la temperatura central durante el ejercicio en climas cálidos y moderados (4). A medida que la magnitud de la deficiencia hídrica aumenta, hay una elevación concomitante y gradual de la temperatura central durante el estrés por ejercicio combinado con el calor. La magnitud del aumento de la temperatura central varía de 0,10 a 0,23°C por cada pérdida porcentual de peso corporal, y será mayor durante el ejercicio en climas calientes que en los templados. La deshidratación no sólo acrecienta las respuestas centrales, sino que también anula las ventajas que, a la temperatura central, confieren una buena adaptación aeróbica y la aclimatación al calor.

Deshidratarse altera las pérdidas seca y por evaporación de calor, porque retarda no sólo el momento en que comienzan la vasodilatación y la sudoración, sino también la sensibilidad del mecanismo del sudor (4). También reduce, o no cambia, las velocidades de sudoración correspondientes a determinado gasto metabólico cuando hace calor. Los mecanismos fisiológicos que intervienen para disminuir las pérdidas de calor, seca y por evaporación, en el deshidratado, abarcan los efectos aislados y mixtos de la hiperosmolalidad plasmática y la reducción del volumen sanguíneo (4)

Durante la deshidratación el menor volumen sanguíneo disminuye la presión venosa central y el llenado cardíaco, que a su vez reduce el volumen sistólico y exige el aumento compensatorio de la frecuencia cardíaca. Combinar ejercicio y calor da como resultado una competencia entre las circulaciones central y periférica por un volumen sanguíneo escaso. A medida que la temperatura corporal aumenta

durante el ejercicio, se dilatan los vasos de la piel, y las venas superficiales se vuelven más distensibles, por lo que disminuyen la resistencia y presión venosas. Cuando decrece el volumen sanguíneo y se desplaza la sangre a los lechos vasculares cutáneos, los valores de la presión venosa central, retorno venoso, y, finalmente, gasto cardíaco, se vuelven inferiores a los del euhidratado.

Se ha sugerido que la termorregulación y el rendimiento físico con el calor son superiores en la persona hiperhidratada (agua corporal mayor que lo normal), que en la euhidratada (6). Que la hiperhidratación puede mejorar el rendimiento físico, es un concepto deducido de las consecuencias adversas de la deshidratación. Teóricamente, al expandirse el agua corporal, pueden disminuir las cargas térmica y del ejercicio sobre el sistema cardiovascular, porque se dilata el volumen sanguíneo, baja la tonicidad de la sangre, y así mejora el rendimiento físico. Hay estudios que han evaluado los efectos de la hiperhidratación en la termorregulación con el calor. Algunos de ellos han observado ligeros aumentos de la temperatura central, pero la gran mayoría adolecen de errores metodológicos (6). En las investigaciones recientes de nuestro laboratorio, se controlaron estos factores, y no se observaron ventajas térmicas con la hiperhidratación -hídrica o por glicerol- durante el ejercicio con estrés por calor.

REFERENCIAS

1. Latzka, W.A., M.N. Sawka, S. Montain, G.S. Skrinar, R.A. Fielding, R.P. Matott, and K.B. Pandolf. Hyperhydration: Thermoregulatory effects during compensable exercise - heat stress. *J.Appl.Physiol.* 83: 860-866, 1997.
2. Latzka, W.A., M.N. Sawka, S.J. Montain, G.A. Skrinar, R.A. Fielding, R.P. Matott, and K.B. Pandolf. Hyperhydration: Tolerance and cardiovascular effects during uncompensable exercise - heat stress. *J.Appl.Physiol.* 84: 1858-1863, 1998.
3. Mack, G.W. and E.R. Nadel. Body fluid balance during heat stress in humans. In: *Environmental Physiology*, M.J. Fregly and C.M. Blatteis (Eds). New York: Oxford University Press, 1996, p. 187-214.

4. **Sawka, M.N.** Physiological consequences of hydration: exercise performance and thermoregulation. *Med.Sci.Sports Exerc.* 24: 657-670, 1992.
5. **Sawka, M.N., R.P. Francesconi, A.J. Young, and K.B. Pandolf.** Influence of hydration level and body fluids on exercise performance in the heat. *JAMA* 252: 1165-1169, 1984.
6. **Sawka, M.N., S.J. Montain, and W.A. Latzka.** Body fluid balance during exercise - heat exposure. In: *Body Fluid Balance: Exercise and Sport*, E.R. Buskirk and S.M. Puhl (Eds). Boca Raton: CRC Press, 1996, p. 143-161.
7. **Sawka, M.N., C.B. Wenger, and K.B. Pandolf.** Thermoregulatory responses to acute exercise-heat stress and heat acclimation. In: *Handbook of Physiology, Section 4, Environmental Physiology*, M.J. Fregly and C.M. Blatteis (Eds). New York: Oxford University Press, 1996, p. 157-185.

Los puntos de vista, opiniones y hallazgos que aparecen en este informe, corresponden a los autores, y no deben considerarse como una posición, política o decisión oficial del Departamento de la Armada, a menos que se especifique en otro documento oficial.

Se aprueba para distribuir al público de forma ilimitada.



CEMDE

CENTRO DE MEDICINA DEL EJERCICIO
Y REHABILITACION CARDIACA S.A.

Servicios

- Medicina Deportiva y Prescripción del Ejercicio.
- Fisioterapia y Reacondicionamiento Físico.
- Ortopedia y Traumatología Deportiva.
- Medicina Interna y Cardiología.
- Ecocardiografía, Pruebas de Esfuerzo, Holter y Monitoreo Presión Arterial de 24 horas.
- Rehabilitación Cardíaca.

Calle 33A No. 70A-185 Telefax PBX: 411 24 21 A.A. 9349

E-mail: cemde@col3.telecom.com.co - Medellín, Colombia

PATOLOGÍA CONDRAL EN EL DEPORTE Y SU REHABILITACIÓN

Dr. JUAN JOSÉ GONZÁLEZ ITURRI, Especialista en rehabilitación y medicina física y medicina de la educación física y el deporte. Profesor Asociado de Rehabilitación y Deporte. Universidad de Navarra. Pamplona. Badalona.

RESUMEN

Los problemas femoro-patelares son frecuentes en la práctica diaria tanto en las consultas de ortopedia como en las de rehabilitación y medicina del deporte.

El síndrome rotuliano es la expresión clínica dolorosa de un conflicto femoro-patelar, con presencia de una lesión más o menos localizada y con cierta evolución, del cartílago rotuliano.

La rótula y la tróclea femoral de las rodillas anatómicamente normales entran en conflicto por sobrecarga en la práctica deportiva. Es una anomalía funcional por deslizamiento de la rótula en el gesto de flexo-extensión tan repetido en el deporte.

Este problema se presenta en personas mal entrenadas, con base en un entrenamiento físico intenso o repentino; como también en las bien entrenadas, en las que los gestos repetidos, sobre todo los efectos de frenaje, producen microtraumatismos en la superficie posterior de la cara oculta de la rótula.

SUMMARY

The femoro-patellar problems are frequent in the daily practice so much in the orthopedics consultations like in those of rehabilitation and medicine of the sport.

The Patellar syndrome is the painful clinical expression of a conflict femoro-patellar, with presence of a lesion more or less located and with certain evolution, of the patellar cartilage.

The kneecap and the femoral trochlea of the knees anatomically normal they enter in conflict for overload in the

sport practice. It is a functional anomaly for slip of the kneecap in the flexo-extension expression so repeated in the sport.

This problem is presented in not well trained people, with base in an intense or sudden physical training; as well as in those well trained ones, in those that the repeated expressions, mainly the frenaje effects, produce microtraumatismos in the later surface of the hidden face of the kneecap.

Definición

El síndrome rotuliano doloroso es la traducción de un conflicto rótula-tróclea-femoral con un compromiso del cartílago más o menos intenso relacionado con la hiperactividad física.

Etiopatogenia

Se puede originar por errores frecuentes en la técnica deportiva o por la existencia de una amiotrofia del cuádriceps.

Sintomatología

Podemos encontrar cuatro hallazgos clínicos:

1. El síndrome doloroso.
2. El síndrome de inestabilidad.
3. El pseudo bloqueo rotuliano.
4. La aparición de derrames.

Diagnóstico

En el examen clínico podemos encontrarnos con hiperlaxitud articular, el signo de la bayoneta, genu-varo y un miotipo patológico. Las ayudas para el diagnóstico definitivo se pueden complementar mediante imágenes como la radiología clásica, la tonodensitometría con o sin artrografía, la artroescanografía y la resonancia magnética nuclear. Igualmente, la artroscopia también puede utilizarse como medio de diagnóstico.

Tratamiento

Inicialmente se realiza tratamiento médico conservador siendo muy importantes los consejos de higiene y economía articular rotuliana, la fisioterapia y el tratamiento quirúrgico complementado de una oportuna rehabilitación.

Rehabilitación

Debe programarse según la alteración de la morfología del sujeto y la etiopatogenia de la lesión.

Se recomienda utilizar el masaje decontracturante de los músculos periarticulares antes y después de cada sesión de refuerzo muscular; el masaje desfibrosante en zona celulálgica de tipo cyriax; el ultrasonido y las ionizaciones con salicilato cálcico o antiinflamatorios.

El objetivo de la rehabilitación es el de equilibrar nuevamente las fuerzas que controlan el equilibrio de la rótula en los planos horizontal, frontal y sagital. Se busca el restituir una buena movilidad rotuliana, recentrando la rótula con el fin de armonizar las acciones femoro-patelares reforzando la estabilidad de la rodilla y limitando el dolor.

La reeducación se ha de elaborar en cada deportista lesionado en función de la etiología, la edad, el examen físico y sobre todo por la importancia de las lesiones condrales.

El tratamiento a través del ejercicio supone técnicas de flexibilidad, de refuerzo muscular y al final, de actividad propioceptiva.

a) Flexibilidad

Debe estar dirigida hacia las estructuras cápsulo-ligamentosas retraídas y a los músculos hipo-extensibles; se trata de movimientos de las estructuras externas y posteriores.

- El alerón externo y la expansión de la fascia lata se estiran por movilizaciones pasivas de la rótula hacia adelante y hacia atrás; podemos realizarlas con el sujeto en decúbito dorsal, la extremidad mantenida en rotación interna y la rótula empujando hacia adelante pidiéndole una rotación externa con lo que el deportista determina la intensidad de la puesta en tensión.

- El bíceps femoral, el tensor de la fascia lata, los isquiotibiales y los gemelos, se flexibilizan con las técnicas clásicas de posturas manuales, de tensión-relajación, de auto estiramiento en posición de decúbito o en bipedestación.

b) Refuerzo muscular

Se refiere sobre todo al cuádriceps y a los rotadores internos de la pierna, sin olvidarnos del resto de la musculatura de la rodilla, la cadera y los tobillos.

1.b. El cuádriceps:

Son importantes las contracciones isométricas que involucran específicamente el vasto interno; se admite que las fibras inferiores de este músculo tienen la función de dirigir la rótula en el eje, en la garganta de la tróclea, participando en el control de la rotación externa de la pierna.

- A veces puede ser interesante comenzar la terapia de refuerzo muscular con la electroestimulación.

- La oposición manual en el borde superior interno de la rótula es mal tolerada; no obstante en aquellos casos en que no lo sea, es considerado como un buen ejercicio.

- La isometría la podemos realizar bien sea en extensión completa si no producimos dolor, o en flexión de 30°, 60° y hasta 90°. Cada caso es individual y lo

que nos marca la posición de realización del ejercicio es el dolor. Es importante realizar todo lo anterior situando la pierna en rotación interna pues de esta manera invertimos la oblicuidad del tendón rotuliano, se descarga el compartimento fémoro-patelar externo y se favorece la disminución del dolor durante la contracción muscular.

- Muchos autores preconizan las contracciones isométricas del cuádriceps realizadas contra la resistencia manual del fisioterapeuta, pero también otros se apoyan en la electroestimulación y en la mecanoterapia.

2.b. Los flexores rotadores internos:

Se trata del poplíteo, que controla la rotación externa en los primeros grados de flexión y los músculos de la pata de ganso, que intervienen después de los 60°. Es importante el trabajo de esta musculatura sobre todo en las condropatías que tienen como origen una mala posición externa de la rótula sobre una situación externa permanente de la tuberosidad tibial anterior.

El refuerzo se realiza:

- Contrarresistencia manual de descarga, con el deportista situado en decúbito lateral; en sedestación con la rodilla en posición de flexión a 30° y 60° aplicando la resistencia en el borde interno del pie. De este manera se involucra la cadena muscular estabilizadora: invertores del pie, rotadores internos de rodilla y rotadores externos de cadera.

- En carga parcial, con el sujeto en sedestación, el pie situado sobre un taburete que gira, resistiendo la rotación inducida por el fisioterapeuta sobre el taburete.

- En carga total, con el deportista en bipedestación, la rodilla flexionada y la pierna en rotación interna, la resistencia se realiza con base en una abducción de la cadera provocada por el fisioterapeuta.

3.b. Refuerzo de los isquiotibiales:

Para no alterar el equilibrio entre cuádriceps y flexores, el refuerzo de los isquiotibiales se justifica cuando hay una deficiencia manifiesta, realizándola en posición de sedestación y con la cadera flexionada, bien sea por contracciones isométricas en flexión de rodilla de 20° a 30° o por contracciones dinámicas de 0° a 45° y 60°.

c) Propiocepción

Tiene por objeto el hacer recuperar al vasto interno, los reflejos de defensa y de coordinación. Se intenta mejorar la velocidad de reacción con ejercicios adaptados, repetidos, buscando restablecer el instintivo reflejo de defensa. El deportista tiene que aprender su nuevo esquema corporal regional y el nuevo funcionamiento de la rótula.

Se utilizan técnicas clásicas de estabilización rítmicas y de descarga con o sin control visual; con carga parcial y total, sobre planos estables e inestables, con estímulos esperados o imprevistos y con cambios de posiciones. La progresión de esta reeducación se hace igualmente a través del paso por diversas posiciones.

Conclusión

El tratamiento conservador y la terapia física son los medios más adecuados para la rehabilitación de una patología en el deporte como la originada por los síndromes rotulianos. Es importante ser conscientes de que el tratamiento es un poco largo en una actividad en la que lo primero que se nos pide es la urgencia en la curación, y por lo tanto en la reinserción temprana al deporte.

En muchas ocasiones en el síndrome rotuliano doloroso no hay concordancia entre la sintomatología que refiere el paciente, la clínica, y los hallazgos en los estudios de imagen, por ello a veces la evolución es penosa y es necesario un programa terapéutico muy preciso, largo e incluso a veces un gesto quirúrgico que ha de ser tardío y lo menos agresivo posible. No existe una receta milagrosa en el tratamiento de los problemas rotulianos y la

rehabilitación tiene su papel, pero siempre ha de ser muy dirigida, individualizada y con control diario del deportista.

REFERENCIAS

1. **BRUNET, M.; STEWART, G.:** "Rehabilitación patelofemoral". Clinics in Sports Medicine. Patelofemoral problems. pp. 333-334, 1989.
2. **DAUBINET, G.:** "Traitement arthroscopique des chondropathies rotuliennes". J. Traumatologie du Sport, 4, pp. 195-197, 1987.
3. **DEJOUR, H.:** "Le syndrome rotulien douloureux". J. Traumatologie du Sport, 8, 3, pp. 111-113, 1991.
4. **FICAT, R.P.:** "Rééducation fonctionnelle et articulation femoro-patellaire, In: Geneu et medecine de rééducation". L. Simon, I. Vol. pp. 211, Masson Ed. 1978.
5. **KUSSON, J.L.; CHATELLIER, P.; PROCYK, S.; ROCHCONGAR, P.; WATTER, E.:** "Hyperfriction articulaire isolée et dégénérescence cartilagineuse: applications sportives d'une étude expérimental". J. Traumatologie du Sport, 8, pp. 198-201, 1991.
6. **MARATRAT, R.:** "La rééducation des syndromes rotuliens non opérés". Kinesithérapie. 1^a Ed. 7, 26296 A¹⁰. 1986.
7. **MERCHANT, A.:** "Lesiones del aparato extensor: clasificación y diagnóstico", de Ligament and extensor mechanism injuries of the knee, pp. 173-182, 1992.
8. **PUDDU, G.; CONTEDECA, F.; FRANCO, C.:** "La patología condral en la laxitud crónica de la rodilla". Avances Traum. Vol. 16, 2, 99-100, 1986.
9. **QU MIAN, Y.:** "The pathophysiology and principles of rehabilitation after cartilage injury". Medicine Sport Sci. Basel Karger, vol. 28, pp. 19-33, 1988.
10. **SCUDERI, G.:** "Lesiones del aparato extensor: tratamiento", de Ligament and extensor mechanism injuries of the knee, pp. 183-193, 1992.
11. **SEGAL, PH.:** "La pathologie rotulienne". J. Traumatologie du Sport, 5, 1-2, 1988.
12. **STEINKAMP, L.; DILLIGAM, M.; MARKEL, M.; HILL, J.; KAUFMAN, K.:** "Biomechanical considerations in patellofemoral joint rehabilitation". The American J. of Sport Medicina, vol. 21, 3, pp. 438-444, 1993.
13. **RODINEAU, J.; SABOURIN, F.; SAILLANT, G.:** "Le genou rotulien. Traitement médical, rééducation et traitement chirurgical". J. Traumatologie du Sport, 5, pp. 137-155, 1988.13.

El suplemento ideal para deportistas



Al realizar una intensa actividad física el organismo pierde gran cantidad de minerales disminuyendo un óptimo rendimiento.

MINERALIN tiene la fórmula más completa y balanceada que aporta los minerales esenciales para reponer dicho gasto y así optimizar la nutrición y el estado físico evitando la fatiga y la debilidad muscular.



Dos tabletas aportan

Calcio	500 mg
Magnesio	325 mg
Cinc	30 mg
Manganeso	5 mg
Molibdeno	250 mcg
Cromo	200 mcg
Yodo	116 mcg
Selenio	70 mcg

8 minerales para su salud

Sólo MINERALIN le suministra tres veces más calcio y magnesio

Laboratorios MINERALIN
Sinónimo de calidad

Tels.: 216 12 20 y 239 31 30

Línea de atención al cliente 9800 41 0800
www.paginasamarillas.com/mineralin.htm - E.Mail: mineralin@epm.net.co

EVALUACIÓN FUNCIONAL Y METABÓLICA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA.

JAN HELLER, MD, PhD. Facultad de Educación y Deporte, Universidad Carlos, Praga, República Checa.
Traducción: Mauricio Rico Sierra.

RESUMEN

Aun cuando la actividad física es un comportamiento que depende de la personalidad y los ambientes físico y social, puede darse únicamente por el movimiento muscular. Implica aumento de la actividad metabólica y estimula funciones fisiológicas diversas. La actividad física moderada disminuye las complicaciones resultantes del infarto del miocardio, parece reducir la incidencia de la enfermedad cardíaca isquémica, y puede retardar el envejecimiento. La respuesta al entrenamiento de resistencia aeróbica es individual, genética, pero siempre del tipo dosis-respuesta, con una intensidad umbral de 50% del consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}). La mejoría de la condición aeróbica con intensidades menores aún se debate. La cantidad, más que la intensidad del ejercicio, es crucial para mejorar el perfil de lípidos sanguíneo. La hipertensión arterial se controla mejor a intensidades de 40-70% del VO_{2max} , y probablemente la actividad física vigorosa beneficia más la enfermedad cardíaca isquémica y la diabetes mellitus que la moderada. La medición de la actividad física debe basarse en esquemas individualizados, considerando la carga de ejercicio y las respuestas fisiológicas personales. Las formas más comunes de medir la actividad física son 1) observaciones de tiempo y movimiento, 2) cuestionarios y diarios, 3) sensores de movimiento, 4) monitores de frecuencia cardíaca, 5) monitores de presión sanguínea, 6) determinación del consumo de oxígeno y el gasto de energía, 7) análisis bioquímico, 8) técnicas de medición electromiográfica y quinesiología y 9) evaluación del acondicionamiento físico.

PALABRAS CLAVE

Actividad física, dosis-respuesta, métodos, evaluación.

SUMMARY

Even when physical activity is a behavior that depends on

personality, social and physical environment, it can only be given by muscular movement. It implies increase of the metabolic activity and it stimulates diverse physiological functions. Moderate physical activity diminishes the complications from myocardial infarction, it seems to reduce the incidence of cardiac ischaemic disorders, and it can slow the aging process. The response to aerobic training is individual, genetic, but always of the type dose-answer, with an intensity threshold of 50% of the maximum oxygen uptake (VO_{2max}). The improvement of the aerobic condition with smaller intensities is still debated. Quantity but not intensity of the exercise is crucial to improve the blood lipid profile. Hypertension is controlled better with intensities of 40 – 70% of the VO_{2max} , and vigorous physical activity probably benefits more cardiac ischaemic disorders and diabetes mellitus than moderate physical activity. Measuring physical activity should be based on individual guidelines, considering the load of the exercise and personal physiological answers. The most common form of measuring physical activity are 1) observation of time and movement, 2) questionnaires and diaries, 3) movement sensors, 4) heart rate monitors, 5) blood pressure monitors, 6) oxygen consumption analysis and energy expenditure, 7) biochemical analysis, 8) electromyography and kinesiometric measurements and physical condition evaluation.

KEY WORDS

INTRODUCCION

La actividad física es una parte integral y compleja

del comportamiento humano que involucra componentes socioeconómicos y culturales, y depende de factores tales como: el tipo de trabajo, la personalidad, la composición corporal, el acondicionamiento físico, la cantidad y uso del tiempo libre, la disponibilidad de medios deportivos y recreacionales baratos, y la proximidad a unos ambientes naturales conducentes a la recreación activa. La persona promedio tiene poco o ningún control sobre la mayoría de estos factores. Sin embargo, las nuevas estrategias, basadas en un conocimiento más profundo de las características personales, variables psicológicas y factores ambientales, parecen útiles en las acciones fundamentadas en la combinación entre el médico, el sitio de trabajo y la comunidad (Markus 1995).

Puede hacerse actividad física como parte del trabajo o durante el tiempo libre, y ella se mide y evalúa a menudo como gasto energético (o calórico). Aunque la actividad física es un comportamiento, puede ocurrir como resultado exclusivo de la actividad muscular esquelética que se mantiene por la producción de energía. Así pues, la actividad física se interrelaciona con la generación de energía, y puede desencadenar una elevación de la actividad metabólica que persiste mucho después de suspenderse el movimiento observable. Todos los tipos de actividad física también implican una exigencia de las funciones fisiológicas del organismo, de manera que en la evaluación de la actividad física desde el punto de vista biológico puede ser útil describir los cambios de esas mismas funciones. Hay una estrecha relación entre la actividad y el acondicionamiento físicos. Este último se entiende usualmente como una serie de atributos que la gente tiene o alcanza, relacionados con la capacidad para hacer actividad física (Caspersen y cols. 1985).

En general, el acondicionamiento físico se refiere a las funciones fisiológicas y no al comportamiento. Sin embargo, la actividad física puede incrementar el acondicionamiento físico, y éste puede mejorar la capacidad individual para ser físicamente activo.

La evaluación de la actividad física es relevante en muchos aspectos de la salud, en particular en la epidemiología cardiovascular, la rehabilitación de pacientes cardíacos y pulmonares, y la medicina deportiva y ocupacional.

Aun cuando no hay una prueba fehaciente de que las

personas físicamente activas estén menos propensas a las enfermedades cardíacas isquémicas, ellas pueden, no obstante, sobrevivir a un episodio cardiovascular con más éxito que la gente sedentaria, y también pueden recuperar más rápido el nivel aceptable de acondicionamiento físico.

También hay alguna evidencia de que la actividad física puede retardar la declinación normal de las funciones cardiorrespiratoria, circulatoria y locomotora. Se ha lanzado una hipótesis de que la explicación puede no ser el envejecimiento *per se*, sino la escasa o insuficiente actividad física (Vuori, 1995).

La actividad física influye de manera positiva en la mayor parte de los componentes estructurales del sistema musculoesquelético que están relacionados con las capacidades funcionales y el riesgo de sufrir enfermedades degenerativas. Estos beneficios se obtienen por la actividad moderada en cantidad e intensidad (Vuori, 1995). Aparte de los efectos en el sobrepeso y la obesidad (particularmente la obesidad abdominal), la actividad física puede asimismo normalizar la presión sanguínea elevada, las anomalías de los lípidos y lipoproteínas sanguíneos y la tolerancia a la glucosa. Se ha probado además que tiene efectos benéficos en la diabetes no insulino dependiente, la enfermedad vascular periférica, los accidentes cerebrovasculares y la enfermedad cardíaca coronaria (Bouchard y Després, 1985). La actividad física también disminuye la ansiedad, la reactividad al estrés, la depresión, y puede tener igualmente efectos positivos en la autoestima, el comportamiento y otros indicadores de bienestar psicológico (Scully y cols 1998).

En general, hay un amplio acuerdo sobre los beneficios de la actividad física en la promoción de la salud. Sin embargo, surgen muchas preguntas en cuanto a los tipos, cantidades e intensidades necesarios para mejorarla.

Entre los varios indicadores de la salud, el acondicionamiento cardiorrespiratorio puede ser el que permite comprender mejor la "relación dosis-respuesta" con la actividad física. (Pate, 1995).

En los adultos inicialmente inactivos, el entrenamiento físico de resistencia aeróbica produce aumentos en el $\text{VO}_{2\text{máx}}$, que se relacionan directamente con la cantidad total del trabajo realizado. Sin embargo, con mayores

dosis de actividad puede ocurrir una respuesta menor (Pate, 1995). La respuesta individual (concepto de "respondedores y "no respondedores") y el factor genético también pueden jugar un papel en la variabilidad de la respuesta al ejercicio. Además, la relación dosis-respuesta para la actividad y el acondicionamiento físicos, se ha clarificado únicamente para intensidades por encima del umbral mínimo, es decir, aproximadamente 50% del VO_2 máximo individual. A intensidades menores, sólo en pocos estudios se han examinado los efectos del entrenamiento físico. Recientemente se ha encontrado alguna evidencia de que el entrenamiento a intensidades por debajo del 50% del VO_2 máximo, puede aumentar también el consumo máximo de oxígeno (Pate, 1995). Así pues, debe revisarse o reevaluarse el concepto de "intensidades de umbral mínimo" como un criterio de efectividad de la actividad física.

En lo que concierne a los factores de riesgo cardiovasculares, se han estudiado profusamente los efectos de la actividad física. Para normalizar el perfil de lípidos sanguíneo (y la elevación del colesterol HDL plasmático), parece hasta ahora que la cantidad total de ejercicio ejecutado en el entrenamiento es un determinante más crucial que la intensidad a la que se hace la actividad (Duncan y cols, 1991). Los análisis de la relación entre la intensidad de la actividad física y la presión sanguínea de reposo mostraron que el ejercicio de moderada intensidad (40-70 % del $\text{VO}_{2\text{máx.}}$) tiende a producir mayores disminuciones en la presión sanguínea basal, que el ejercicio de gran intensidad. No se ha encontrado una relación clara de dosis-respuesta a la tolerancia para la glucosa (Pate, 1995).

En lo que se refiere al efecto dosis-respuesta en la morbilidad y mortalidad de la enfermedad crónica, hay alguna evidencia de que la actividad física vigorosa es más provechosa que la actividad moderada en la terapia de la enfermedad cardíaca crónica, y la *diabetes mellitus* no insulino dependiente (Lee, y cols, 1995); pero ninguno de los estudios disponibles examinó el posible papel independiente de la actividad física, para determinar el riesgo de sufrir hipertensión (Pate, 1995).

En muchos estudios, sin embargo, no está bien definido el criterio de actividad física, y a menudo se basa en interpretaciones subjetivas. El principal problema es la

estandarización de la metodología. La actividad física puede describirse registrando las prácticas reales en términos de tipo, duración o intensidad de la carga de trabajo en condiciones ambientales definidas (criterios externos). De otra manera, puede determinarse por las respuestas fisiológicas y metabólicas individuales (criterios de carga de trabajo interna). Esta última puede variar mucho por factores como la edad, el sexo, el acondicionamiento físico y la condición psico-fisiológica de la persona; y la carga de trabajo impuesta no siempre puede ser proporcional a la respuesta funcional y metabólica del individuo. Una de las razones puede ser un enfoque no individualizado, porque el costo de energía y las demandas fisiológicas se estiman usualmente por la media del individuo. Así pues, la evaluación de la actividad física debe basarse en esquemas individualizados y en su medición directa de la actividad física en una persona.

Las formas más comunes de medir la actividad física son: 1) observaciones directas de tiempo y movimiento, 2) cuestionarios y diarios, 3) sensores de movimiento, 4) monitores de frecuencia cardíaca, 5) monitores de presión sanguínea, 6) determinación del consumo de oxígeno y el costo de energía, 7) análisis bioquímico, 8) técnicas de medición electromiográfica y quinesiología y 9) evaluación del acondicionamiento físico.

1. Observaciones de tiempo y movimiento. Establecen la actividad física al registrar los actos reales en términos de tipo, duración e intensidad. Se usan frecuentemente en medicina ocupacional, sesiones de entrenamiento y lecciones de educación física, pero no tienen en cuenta toda la variabilidad biológica individual e intra-individual de las personas.

2. Cuestionarios y diarios para recolectar la actividad. Tanto las auto encuestas como las entrevistas se han usado profusamente en la investigación epidemiológica cardiovascular. Se consideran prácticos porque implican economía en costos y estudios, considerando el volumen y la información detallada que aportan (Haskell y cols., 1992). La mayor parte de las encuestas se refieren a la participación en actividades físicas (perfil de actividad usual o típico), y también a la naturaleza y detalles de la misma (frecuencia, intensidad y duración). Las encuestas normalmente van desde historias por

tiempos cortos (es decir registros diarios), hasta historias cuantitativas por tiempos largos. Los diarios (auto encuestas) generalmente aportan datos muy detallados de, virtualmente, toda actividad física realizada, pero demandan un gran esfuerzo de las personas y hasta pueden producir cambios en las actividades físicas (tipo desviación) durante el período de seguimiento. El resumen de los diarios viene a configurar un Gasto de Energía, derivado de multiplicar los tiempos consumidos en una actividad dada, por la velocidad con que se produce el gasto de energía (calculada o estimada); y cuando los puntajes del gasto de energía se comparan con la calorimetría indirecta o con la ingesta de energía, se ha demostrado que ellos son unos índices muy exactos del consumo diario de energía. Sin embargo, el uso de los diarios cortos (uno a tres días), limita su representatividad y utilidad en el procedimiento de la encuesta de la actividad física. Las historias de actividad física por tiempos cortos son, básicamente, un recuento de la participación en ciertos tipos de ejercicio, por ejemplo los registrados cada quince minutos por varios días (Bouchard y cols., 1983). Un ejemplo de las encuestas largas de la actividad física, son los cuestionarios de registros por franjas de tiempo de una semana, un mes, un año y, los más recientemente usados, por la actividad física de toda la vida (Blair y colaboradores, 1991). Los mayores problemas con los mecanismos de encuesta se deben a que la actividad física es un comportamiento muy complejo de medir. Poco se sabe de la magnitud de las relaciones de la actividad física sobre la salud. Ella se basa en la cooperación de quienes responden las auto encuestas, y a menudo su confiabilidad y validez son incompletas. (Haskell y colabores, 1992).

3. Medición directa de la actividad física por sensores de movimiento mecánicos, electrónicos o mixtos (*podómetros*, contadores de movimiento, acelerómetros, etc.). Aportan una ventaja potencial sobre los datos de los informes personales al reducir las desviaciones inherentes a una mala memoria, y al supra o sub-registro. Los *podómetros* se han diseñado para contar pasos, y de esta manera dan una medida potencialmente útil de la actividad física. Sin embargo, la gran variabilidad intra e inter-instrumento, y la falta de un mecanismo de calibración estable, convierte a los *podómetros* en instrumentos poco adecuados para estimar la actividad física en el laboratorio o en el campo (Haskell y cols., 1992). Los sensores electrónicos de movimiento se han desarrollado para superar

la falta de estandarización y el pobre control de calidad que tienen los *podómetros* mecánicos. El LSI (monitor de actividad integrado a gran escala, por sus siglas en inglés) y el Caltrac (computador de actividad personal) son los dispositivos más usados, que aportan información tanto de la intensidad como de la cantidad de movimiento. Sin embargo, los estudios no han podido encontrar asociaciones significativas entre los estimados de actividad física por los sensores de movimiento, y otras medidas de la misma. La razón para ello puede estar en su construcción, ya que son sensibles únicamente al movimiento en el plano vertical. Así pues, se ha sugerido que los acelerómetros portátiles, tridimensionales, son superiores a los acelerómetros corrientemente disponibles (Haskell y cols., 1992).

4. Seguimiento de la frecuencia cardíaca. La medición de la frecuencia cardíaca por electrocardiograma o monitores de pulso se estableció hace tiempo como una herramienta clínica y también como un indicador de la severidad del estrés psicológico y físico. La interpretación de la frecuencia cardíaca en el contexto de la actividad física, es compleja. La frecuencia cardíaca no solamente refleja el metabolismo y la postura de la persona, sino también el estado emocional transitorio del individuo, las condiciones climáticas dominantes y los grupos musculares específicos que están activos. Así pues, la frecuencia cardíaca no es el cálculo directo de la actividad física, sino una medida del estrés relativo que se impone al sistema cardiovascular por la actividad. La relación entre la frecuencia cardíaca y la actividad física es más exacta a intensidades moderadas y vigorosas, que durante los bajos niveles de actividad (Armstrong, 1998). Durante los estados estables del ejercicio submáximo, la frecuencia cardíaca se relaciona linealmente con la velocidad del consumo de oxígeno y, por lo tanto, con el gasto de energía. El análisis de la frecuencia cardíaca por períodos prolongados, puede dar información útil de la magnitud y patrón de la actividad física en la vida diaria, y su gasto asociado de energía. Usar la frecuencia cardíaca para calcular el gasto de energía, se basa en estudios de comienzos de los años cincuentas, que demostraban en condiciones de laboratorio, una relación lineal entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno (Miller y cols., 1993). Ahora se ofrecen unos dispositivos relativamente nuevos,

radiotelemétricos, de bajo peso, para uso ambulatorio, que permiten análisis *en línea* de la frecuencia cardíaca virtualmente instantáneos.

5. Registro de la presión sanguínea (*modo Holter*). También se ha usado para determinar la respuesta cardiovascular individual a la actividad física (Siché y cols., 1997, McAuley, 1996). Los resultados pueden aportar una evaluación cuantitativa de la actividad física individual, pero el valor pronóstico del método parece ser relativamente limitado (Siché y cols., 1997).

6. Determinaciones del consumo de oxígeno y el costo de energía. La medición directa del consumo de oxígeno durante la actividad física puede dar información de las demandas de energía de la misma. Se ha demostrado que con los sacos de Douglas se obtiene una medición válida del consumo de oxígeno en el campo. Sin embargo este método implica usar aparatos voluminosos, y ha probado ser restrictivo, consumidor de tiempo y sujeto a errores potenciales. Además, no es posible medir la respuesta respiratoria durante los estados estables del ejercicio si se usan sacos de Douglas. Los sistemas telemétricos más modernos, exactos y de bajo peso, facilitan medir los requerimientos de energía de la actividad física, sin restringir sustancialmente el rendimiento de cada persona, y pueden dar resultados correctos de la medida (Hauswirth y cols., 1997, Schulz y cols., 1997). Los nuevos sistemas, que tienen flujómetros y analizadores de oxígeno y CO₂, son muy precisos y confiables, en contraste con los viejos que no estaban equipados con analizadores de CO₂ (Kawakami y cols., 1992).

7. Indicadores bioquímicos de la actividad física. Pueden determinar tanto las respuestas metabólica y bioquímica inmediatas (lactato, glucosa, indicadores del metabolismo lipídico), como respuesta bioquímica tardía a la actividad física (perfil de lípidos sanguíneo, concentraciones de fibrinógeno, indicadores del estrés oxidativo e inmune, etc.). La evaluación de estos parámetros es estrictamente individual, y su utilidad en grandes estudios epidemiológicos, limitada (MacAuley y cols., 1996).

8. Técnicas de medidas electromiográfica y

quinesiológica, o biomecánicas. Se usan para analizar la función y coordinación de los músculos en diferentes movimientos y posturas, en personas saludables o minusválidas, en ejercicios de habilidad o durante el entrenamiento, y en condiciones de laboratorio o durante las actividades físicas diarias (Clarys y Cabri, 1993). Debido a que hay unos 500 músculos esqueléticos en el cuerpo humano, y a que ellos pueden funcionar de forma irregular o compleja, es imposible examinarlos todos juntos durante la realización de habilidades motoras complicadas. Así pues, las evaluaciones electromiográfica y quinesiológica de la actividad física representan siempre un modelo de movimiento y postura muy simplificado, y su empleo en la práctica está limitado. Algo se ha logrado recientemente en el desarrollo e interpretación del electroencefalograma por telemetría en el espectro de la evaluación de la actividad física (Anzeneder, 1998).

9. Evaluación de la condición física (como un posible resultado de la actividad física). Se usa frecuentemente en los estudios de actividad física porque es relativamente fácil de medir. Sin embargo, el acondicionamiento se refiere a las funciones fisiológicas y no a la actividad física en sí misma. Como la actividad puede mejorar la condición física, y ésta mejora la capacidad del individuo para ser físicamente activo, entonces el acondicionamiento puede representar únicamente una medida muy indirecta de la actividad física.

Como se indicó antes, la evaluación de la actividad física no debe basarse únicamente en el conocimiento general del gasto de energía y la demanda metabólica, sino que también debe tenerse en cuenta la variabilidad individual en varias funciones y sistemas del organismo. Como todas las medidas aisladas de actividad física disponibles, están limitadas, y no son de una validez satisfactoria, sólo la combinación de muchos indicadores puede recomendarse con cierta seguridad.

REFERENCIAS

1. ANZENEDER, C.P.: Metodi d'indagine delle capacità abilitative cognitive nello sport. Scuola dello Sport, 41-42: 64-74, 1998.
2. ARMSTRONG, N.: Young people's physical activity patterns as

- assessed by heart rate monitoring. *J. Sports Sci.*, 16:S9-S16, 1998.
3. **BLAIR, S.N., DOWDA, M., PATE, R.R. et al.**: Reliability of long-term recall of participation in physical activity by middle-aged men and women. *Am. J. Epidemiol.*, 133:266-275, 1991.
4. **BOUCHARD, C., TREMBLEY, A., LEBLANC, C. et al.**: A method to assess energy expenditure in children and adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 37:461-467, 1983.
5. **BOUCHARD, C. et al.**: Physical Activity, Fitness, and Health. International Proceedings and Consensus Statement. Champaign, Human Kinetics, 1994.
6. **BOUCHARD, C. and DESPRÉS, J.-P.**: Physical activity and health: Atherosclerotic, metabolic and hypertensive diseases. *Res. Quart. Exerc. Sport*, 66:268-275, 1995.
7. **CASPERSEN, C.J., POWELL, K.E. and CHRISTENSON, G.M.**: Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.*, 100:126-131, 1985.
8. **CLARYS, J.P. and CABRI, J.**: Electromyography and the study of sports movements: A review. *J. Sports Sci.*, 11:379-448, 1993.
9. **DUNCAN, J.J., GFORDON, N.F., and SCOTT, C.B.**: Women walking for health and fitness. *J. Am. Med. Assoc.*, 266:3295-3299, 1991.
10. **HASKELL, W.L. et al.**: Cardiovascular benefits and assessment of physical activity and physical fitness in adults. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24:S201-S220, 1992.
11. **HAUSSWIRTH, C., BIGARD, A.X. and LE CHEVALIER, J.M.**: The Cosmed K4 telemetry system as an accurate device for oxygen uptake measurements during exercise. *Int. J. Sports Med.* 18:449-453, 1997.
12. **KAWAKAMI, Y. et al.**: Reliability of measurement of oxygen uptake by a portable telemetric system. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 65: 409-414, 1992.
13. **LEE, I., HSIEH, C., PAFFENBERGER, R.S.**: Exercise and longevity in men: The Harvard Alumni Health Study. *J. Am. Med. Assoc.*, 273:1179-1184, 1995.
14. **MACAULAY, D., MCCRUM, E.E., SCOTT, G. et al.**: Physical activity, physical fitness, blood pressure, and fibrinogen in the Northern Ireland health and activity survey. *J. Epidemiol. Community Health*, 50:258-263, 1996.
15. **MARCUS, B.H.**: Exercise behaviour and strategies for intervention. *Res. Quart. Exerc. Sport*, 66: 319-323, 1995.
16. **MILLER, W.C., WALLACE, J.P. and EGGERT, K.E.**: Predicting max HR and the HR-VO₂ relationship for exercise prescription in obesity. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25:1077-1081, 1993.
17. **PATE, R.R.**: Physical activity and health: Dose-response issues. *Res. Quart. Exerc. Sport*, 66: 313-317, 1995.
18. **SCHULZ, HELLE, S., HECK, H.**: The validity of the telemetric system Cortex X1 in the ventilatory and gas exchange measurement during exercise. *Int. J. Sports Med.*, 18:454-457, 1997.
19. **SCULLY, D., KREMER, J., MEADE, N.M. et al.**: Physical exercise and psychological well being: a critical review. *Br. J. Sports Med.*, 32:111-120, 1998.
20. **SICHÉ, J.P., MARQUES, F. CHARBONNIER, S. et al.**: Value of a predictive model of ambulatory blood pressure integrating physical activity. *Arch. Mal. Coeur. Vaiss.*, 90:1103-1109, 1997.
21. **VUORI, L.**: Exercise and physical health: Musculoskeletal health and functional capabilities. *Res. Quart. Exerc. Sport*, 66:276-285, 1995.

EVENTOS

CALENDARIO DE CONGRESOS

2000

21-25 Noviembre- Bayern (Alemania)

Curso básico II: Medicina del Deporte en teoría y práctica.
Dr. Helmut Pabst.- Hirtenweg 2ª.- 82031 Grünwald.-
Alemania.- Tl:89-6415167.- Fax: 89-6415157

6-8 Diciembre -París (Francia)

FIMS International Congress of the New Millennium
Sponsor: French Society of Sports Medicine
Website: www.sfms.asso.fr

14-16 Diciembre- Lisboa

VI Congreso de la Sdad. Portuguesa de Med. Deporte y Comité Olímpico de Portugal.- IV Congreso Luso-Español de Medicina del Deporte.
Comité Olímpico de Portugal.- Trav. Da Memoria
36-38.- 1300-403 Lisboa.- Tl: 213617260.- Fax: 213636967

2001

Montevideo (Uruguay)

XIX Congreso Panamericano de Medicina del Deporte.
Sdad. Uruguaya de Medicina del Deporte.- Achiras
1432/apt. 603.- CP 11300.- Montevideo.- Uruguay.- Tl: 598-2-7075976
Fax: 598-2-9023175

19-20 Enero- Toledo

II Curso Internacional de Medicina y Traumatología del Deporte.
Colegio de Médicos.- Canarias 3.- 45071 Oviedo.- Tl: 925-221619.-
Fax:
925-216912.- Web: www.ctv.es/users/docjimenez

25-27 Abril -Lausanne (Suiza)

XI Congreso mundial de la IASI (Asociación Internacional para la información deportiva)
Olympic Museum and Olympic Studies Centre.- Quai d'Ouchy 1.- 1001
Lausanne.- Suiza.- tl: 41.21.6216511.- Fax: 41.21.6216512.- Web: www.museum.olympic.org

18-19 Mayo Sevilla

Simposium Internacional Lesiones deportivas en el niño y adolescente.
Gestimedic Medicina Deportiva.- Av. Ramón y Cajal 9.
Edif. Viapol.- Portal A, planta 4, módulo 7.- 41003 Sevilla

28 Mayo- 2 Junio Isla Skiathos (Grecia)

X Congreso Mundial de Psicología del Deporte.
Dr. Athanasios Papaioannou.- Democritus Univ. of Thrace.-Dpt.Physical Education.- 69100 Comotini.- Grecia.-
E-mail: sportpsy@users.duth.gr
Web: users.duth.gr/sportpsy/

Octubre -Argentina

AMLAR 2001 (Asoc.Médica Latinoamericana de Rehabilitación-Sdad. Argentina de Medicina Física y Rehabilitación)
Av. Santa Fe 5380, 14° E.-1425 Buenos Aires.- Argentina.-Tl: 5411-47725200.- Fax: 5411-47720056

14-17 Noviembre -Oviedo

IX Congreso de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE)
XI Congreso Europeo de Medicina del deporte
I Congreso Iberoamericano de Medicina del Deporte
Prof. Dr. Miguel E. del Valle Soto.- Escuela Medicina del Deporte.- Catedrático Gimeno s-nº.- Web: http://www.q2c3.com/sportsmedicine01
33007 Oviedo.- Tl: 985-276540.- Fax: 985-257862.-
E-mail: miva@sci.cpd.uniovi.es

19-23 Noviembre- La Habana (Cuba)

II Congreso Cubano de Medicina Física y Rehabilitación.
Caribe Internacional Tours.- Paseo de La Habana 56,1º A.- 28036 Madrid.- Tl: 91-5630611.- Fax: 91-5635949.- E-mail: caribe@caribe.crossinf.com

2002

5-9 Junio-Budapest (Hungría)

XXVII Congreso Mundial de la FIMS de Medicina del Deporte.
Budapest Convention Centre.- Jagelló ut. 1-3.- 1123 Budapest.- Hungary.- Tl.: 36-1-4669345.- Fax: 36-1-3852127.-E-mail: conventioncentre@pannoniahotels.hu

2003

Santo Domingo (Rep.Dominicana)

XX Congreso Panamericano de Medicina del Deporte
Milton Pinedo.- Calle central # 375, Residencial Antares.- Casa B-7.- Los Mameyes.- Sto. Domingo.- Rep. Dominicana.- Fax: 809-5992152.- E-mail: mpinedo@codetel.net.do



COMEDAL
Cooperativa Médica de Antioquia

Centro

Carrera 43 No. 49-58 Piso 9
Pbx: 2161610 Fax: 2166111

El Poblado

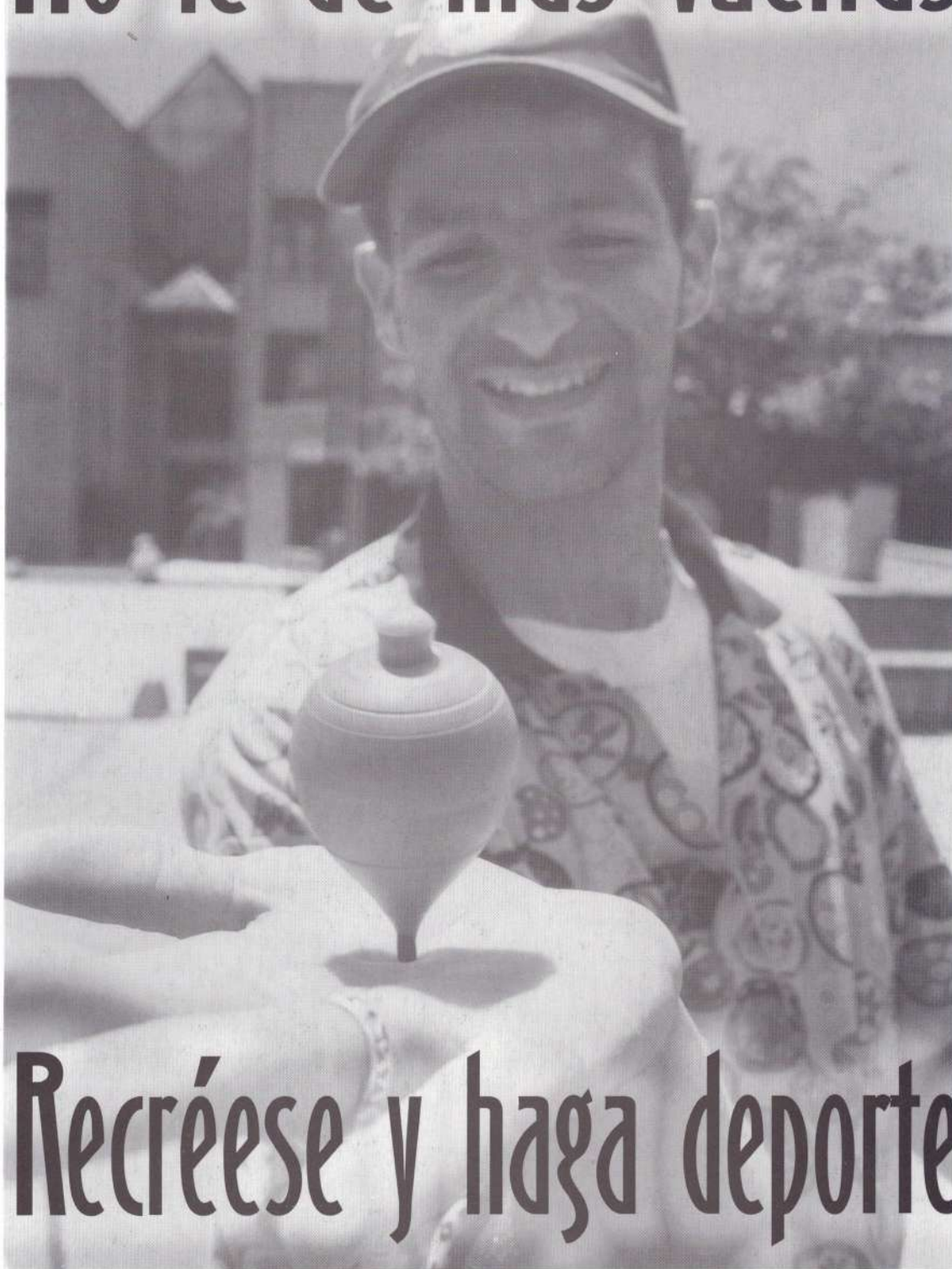
Calle 5ª No. 43B 25 Oficina 801
Pbx: 3110155 Fax: 3112823

Laureles

Av. Nutibara No. 73ª 21 Oficina 303
Pbx: 4129816 Fax: 4111848

www.comedal.com.co e-mail: comedal@epm.net.co

No le dé más vueltas



Recréese y haga deporte



**ALCALDÍA DE MEDELLÍN
ES HORA DE ACTUAR**

I'NDER

**INSTITUTO DE DEPORTES Y RECREACIÓN
MEDELLÍN**

Calle 47D N°75-240 • Teléfono: 260 66 11 • Fax: 260 39 74 • Línea 9800 425252 • e-mail: inder@epm.net.co • www.inder.com.co



INDEPORTES
ANTIOQUIA



INDEPORTES ANTIOQUIA Calle 48 N° 70-180 Tel: (574) 260 21 11 Fax: (574)260 02 76 E-mail: indeportes.medi@epm.net.co Medellín - Colombia
www.indeportesantioquia.gov.co