

BIBLIOTECA DE LA



Sociedad Española de Diabetes

2



DIABETES Y EJERCICIO

Coordinador
A. Novials

Grupo de trabajo de Diabetes y Ejercicio
de la Sociedad Española de Diabetes (SED)

DIABETES Y EJERCICIO



DIABETES Y EJERCICIO

*Grupo de trabajo de Diabetes
y Ejercicio de la Sociedad
Española de Diabetes (SED)*

Coordinadora
Anna Novials

Coordinadora de la Biblioteca SED: Ana Chico. Vocal de la Junta Directiva de la SED. Coordinadora de los Grupos de Trabajo

Edita:



©2006 Sociedad Española de Diabetes (SED)

©2006 Ediciones Mayo, S.A.

Aribau, 185-187 / 08021 Barcelona

Segre, 29 / 28002 Madrid

ISBN: 84-96537-27-7

Preimpresión: M4 Autoedición Asociados, S.L.

Depósito legal: B-1.831-06

Impresión: Press Line

Impreso en España-*Printed in Spain*

Reservados todos los derechos. No se puede reproducir ninguna parte de esta publicación, ni almacenarla en un sistema recuperable, ni transmitirla por ningún medio electrónico, mecánico, fotocopiado, en discos, ni de cualquier otra forma, sin la previa autorización escrita de los propietarios del *copyright*.

El empleo de los nombres registrados, marcas registradas, etc., en esta publicación, no significa –incluso en ausencia de declaración explícita– que tales nombres están exentos de las leyes y reglamentos protectores pertinentes y que por tanto pueden emplearse libremente.

Responsabilidad de productos: el editor no puede garantizar los datos sobre posología y aplicaciones de los medicamentos indicados en este libro. En cada uno de los casos, el usuario tiene que comprobar su precisión consultando otra literatura farmacéutica.

www.edicionesmayo.es



*Grupo de trabajo de Diabetes
y Ejercicio de la Sociedad
Española de Diabetes (SED)*

*Francisco Javier Ampudia
Águeda Caballero
José Enrique Campillo
Anna Gutiérrez
Serafín Murillo
Antonio Pérez*

Sociedad Española de Diabetes (SED)

Junta Directiva

Presidente. *Dr. Ramon Gomis*
Hospital Clínic i Provincial. Barcelona

Vicepresidenta 1ª. *Dra. Mirentxu Oyarzábal*
Hospital «Virgen del Camino». Pamplona

Vicepresidenta 2º. *Dra. Adela Rovira Loscos*
Fundación «Jiménez Díaz». Madrid

Secretaria. *Dra. Sharona Azriel Mira*
Hospital «Doce de Octubre». Madrid

Vicesecretario. *Dr. Juan Emilio Feliu Albiñana*
Institut de Recerca. Hospital «Vall d'Hebron». Barcelona

Tesorero. *Dr. Antonio Luis Cuesta Muñoz*
Complejo Hospitalario «Carlos Haya». Málaga

Vocal 1º. *Dr. Francisco Merino Torres*
Hospital Universitario «La Fe». Valencia

Vocal 2º. *Dra. Ana Chico Ballesteros*
Fundación Sardá Farriol. Barcelona

Vocal 3º. *Dr. José Antonio Mato Mato*
Hospital Ntra. Sra. de Cristal. Orense

Vocal 4º. *Dr. Josep Franch Nadal*
ABS Raval Sud-ICS Drassanes. Barcelona

Vocal 5º. *Dr. Alfonso López Alba*
Hospital Universitario de Canarias. Tenerife

ÍNDICE DE AUTORES

- **Pere Alastrue Pozo**
Máster en Psicología del Deporte y Actividad Física
- **Águeda Caballero Figueroa**
Servicio de Endocrinología y Nutrición. Hospital Universitario de Canarias
- **José Enrique Campillo Álvarez**
Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina. Universidad de Extremadura. Badajoz
- **Gemma Carreras González**
Servicios de Endocrinología y Nutrición y Pediatría. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona
- **Carme Comellas Berenguer**
Especialista en Medicina Deportiva y Traumatología. Fundación Althaia
- **Anna Gutiérrez Espinal**
Especialista en Endocrinología. Fundación Althaia
- **Serafín Murillo García**
Dietista y educador en Diabetes. Instituto de Diabetes. Fundación Sardà Farriol. Barcelona

- **Anna Novials Sardà**

Especialista en Endocrinología. Instituto de Diabetes.
Fundación Sardà Farriol. Barcelona

- **Antonio Pérez Pérez**

Servicios de Endocrinología y Nutrición y Pediatría.
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona

ÍNDICE DE CAPÍTULOS

Ejercicio físico y diabetes. Prólogo

A. Novials

1

**Concepto de ejercicio físico.
Aspectos fisiológicos y metabólicos**

JE. Campillo

3

**Beneficios del ejercicio. El ejercicio
como elemento terapéutico**

Á. Caballero

25

**Prescripción del ejercicio.
Evaluación clínica médico-deportiva**

C. Comellas, A. Gutiérrez

43

**Prescripción del ejercicio.
Métodos de adhesión y motivación**

P. Alastrue

59

**Prescripción del ejercicio físico
en la diabetes. Aplicación de programas
de ejercicio**

S. Murillo

67

**Prescripción del ejercicio físico
en la diabetes. Ajustes del tratamiento
y adaptación a las complicaciones tardías**

A. Pérez, G. Carreras

89

Índice alfabético de materias

109

Ejercicio físico y diabetes. Prólogo

A. Novials

El ejercicio es un componente importante en el manejo de la diabetes, de manera que puede ser utilizado para fomentar la salud y la calidad de vida de los pacientes afectados de dicha enfermedad. En este sentido, la presente monografía surge como iniciativa de los miembros del Grupo de Trabajo sobre Ejercicio, de la Sociedad Española de Diabetes, con la finalidad de acercar los conocimientos básicos y fundamentales del ejercicio a los profesionales interesados en la promoción de esta actividad.

La intención del libro ha sido proporcionar una visión amplia elaborada por distintos especialistas del tema, que han realizado una extensa revisión y han aportado parte de sus opiniones y experiencias. El primer capítulo trata sobre los aspectos fisiológicos y metabólicos que produce el ejercicio sobre el organismo en general y la diabetes en particular. En el siguiente capítulo se valoran los beneficios del ejercicio como elemento terapéutico, con especial interés en los estudios de prevención de la diabetes a través de la promoción de la actividad física en la población con alto riesgo. Los siguientes capítulos van dirigidos extensamente a la prescripción del ejercicio. Se describen los parámetros de evaluación clínica más importan-

tes y se valoran al mismo tiempo los métodos de adhesión y motivación para iniciar y seguir un programa de ejercicio. Finalmente, se comenta la aplicación de programas de ejercicio específicos, así como las estrategias y recomendaciones prácticas. Se analizan con especial consideración los ajustes del tratamiento y la adaptación a las complicaciones tardías, de modo que los pacientes con diabetes puedan practicar ejercicio con la máxima eficacia y seguridad.

Concepto de ejercicio físico. **Aspectos fisiológicos y metabólicos**

J.E. Campillo

Ejercicio físico y salud

El ejercicio físico practicado con regularidad es un elemento esencial para el mantenimiento de unas condiciones óptimas de salud sin distinción de edad, sexo o características étnicas. Numerosos estudios han demostrado que el ejercicio físico o la actividad deportiva practicados con regularidad ejercen un efecto preventivo sobre diversas enfermedades y es hoy una herramienta terapéutica en el tratamiento de las afecciones más prevalentes en los países desarrollados, como la diabetes tipo 2, el síndrome metabólico o las afecciones cardiovasculares.

Durante muchos siglos, el ejercicio ha estado proscrito por la sociedad en general y por la medicina en particular: el ejercicio como maldición divina. Quien tenía salud era quien vivía bien sin esforzarse mucho, al resguardo siempre de las inclemencias del tiempo. Hoy las cosas han dado un vuelco en los países desarrollados y se considera todo lo contrario. Una justificación de esta paradoja y de la razón de las ventajas de la actividad física la proporciona la moderna «medicina darwiniana o evolucionista». Según sus principios, muchas de las enfermedades que hoy nos afligen derivan de la incompatibilidad entre el diseño evolutivo de nuestro organismo y el uso que hoy le damos. En lo que con-

cierne al ejercicio y la salud, la medicina darwiniana señala que es una regla general en zoología que todos los animales deben gastar energía muscular para conseguir la energía de los alimentos. El ser humano habitante de países desarrollados es el único mamífero que es capaz de ingerir grandes cantidades de alimentos muy calóricos sin realizar el más pequeño esfuerzo muscular para lograrlos. Este alejamiento de nuestro diseño evolutivo (sedentarismo) favorece la enfermedad.

El ejercicio físico ejerce sus efectos saludables al actuar sobre diferentes niveles que se comentarán brevemente. Uno de los cambios se produce en los propios protagonistas del movimiento, como son los músculos, las articulaciones y los huesos. El ejercicio habitual aumenta la flexibilidad, la velocidad y la fuerza de contracción muscular mediante modificaciones anatómicas y fisiológicas: las fibras musculares aumentan en grosor y en número, mejoran su capacidad (enzimas y transportadores) para aprovechar la energía, y aumentan su vascularización para favorecer el aporte de los nutrientes y el oxígeno. El ejercicio mejora los movimientos de las articulaciones. Respecto a los huesos, el ejercicio físico favorece el depósito de calcio, lo que constituye una de las armas más eficaces para prevenir la osteoporosis.

El sistema cardiovascular y el aparato respiratorio son los encargados de llevar al músculo el oxígeno y los sustratos energéticos necesarios y de retirar los productos de desecho. Hay un músculo que siempre hace ejercicio cuando nos movemos: el corazón. El ejercicio físico habitual produce una adaptación beneficiosa tanto en la anatomía como en la función del corazón, de las arterias y de los pulmones. El ejercicio físico aumenta la capacidad de las arterias para conducir la sangre, por eso mejora la presión arterial y previene o trata la enfermedad vascular coronaria o periférica; también actúa positivamente sobre la elasticidad y la contractilidad cardíacas y por eso se usa en el

tratamiento de la insuficiencia cardiaca. El sedentarismo se considera un factor de riesgo cardiovascular. Sobre el aparato respiratorio, el ejercicio físico favorece la fortaleza de los músculos respiratorios y esto permite aumentar el volumen pulmonar reclinable, es decir que hace trabajar a secciones de nuestros pulmones que no están trabajando en caso de llevar una vida sedentaria.

Ya que el ejercicio físico requiere un gasto energético, uno de los efectos beneficiosos del ejercicio físico se ejerce sobre el metabolismo de las grasas y de la glucosa. Es de destacar que la práctica habitual de ejercicio físico es la única medida no farmacológica capaz de elevar los niveles de colesterol HDL, el colesterol «bueno». También los triglicéridos se reducen con el ejercicio físico continuado. Igualmente son bien conocidos los efectos beneficiosos del ejercicio físico sobre la hiperglucemia, que actúa en dos niveles fundamentales: por una parte, el ejercicio físico favorece el consumo de glucosa por el músculo; por otra, es la única medida no farmacológica capaz de reducir la resistencia del músculo a la acción de la insulina. Ambas acciones son muy beneficiosas para la diabetes, por eso el ejercicio físico es uno de los pies del trípode que, junto con la dieta y la medicación, debe sustentar un correcto tratamiento de la diabetes.

El ejercicio físico y el deporte ejercen efectos beneficiosos sobre aspectos psicológicos y antropométricos. Quien lo realiza de forma reglada y habitual modifica sus hábitos de vida y su aspecto físico. La persona que se inicia en algún deporte deja con facilidad el tabaco, pierde peso y sigue con más facilidad una dieta saludable. Una persona que practique un deporte de forma reglada durante unos meses modifica sus parámetros antropométricos y en especial reduce la grasa en las localizaciones más complicadas, como es la cintura o los muslos, con sus correspondientes beneficios saludables y estéticos. Quien prac-

tica un deporte o una actividad física reglada aumenta la producción de endorfinas y encefalinas, en principio para compensar las molestias musculares y articulares que desencadena la propia actividad física, pero el efecto colateral de estas hormonas del placer es proporcionar al practicante una percepción de bienestar y de alegría, lo que permite que quienes practican un deporte tengan una mejor actitud ante los problemas de la vida y una mayor resistencia a la frustración y a la ansiedad.

La realización habitual de ejercicio físico o la práctica de algún deporte pone en sintonía a nuestro organismo con su diseño evolutivo. Este ajuste ejerce acciones favorables sobre nuestro organismo tanto de índole física como psíquica. En conjunto, estas influencias favorables previenen numerosas enfermedades y ayudan a su tratamiento. Una de las enfermedades más sensibles al ejercicio físico en sus aspectos preventivos y terapéuticos es la diabetes mellitus.

Tipos de ejercicio físico y sus beneficios para la salud

La práctica del ejercicio físico tiene muchos propósitos, pero conviene distinguir la finalidad lúdica, de entretenimiento, de diversión, con aquella que tiene por misión la prevención o el tratamiento de determinadas enfermedades. En este último caso, el ejercicio debe ser prescrito con rigor y conocimiento de causa para su mayor eficacia. Más adelante se describirá cómo debe realizarse un ejercicio físico para que goce de virtudes terapéuticas; ahora se definirán algunos conceptos fundamentales.

Los términos «actividad física», «ejercicio físico», «actividad deportiva» y «forma física» con frecuencia se usan como sinónimos, cuando en realidad no lo son. Aunque las definiciones de estos conceptos pueden ser diferentes según la disciplina que se considere, este texto se centrará en los que atañen a la ciencia médica.

La actividad física es la energía que se consume con el movimiento, sea cual sea. Las mejores actividades físicas son las cotidianas: andar, montar en bicicleta, subir y bajar escaleras, tareas domésticas, actividades laborales, tareas manuales de ocio, etcétera. Muchas de ellas forman parte de nuestra rutina. El ejercicio físico, por el contrario, es el conjunto de movimientos planificados y diseñados específicamente para gozar de buena salud o tratar alguna enfermedad. Incluye actividades como andar a paso ligero, trotar, correr, practicar ciclismo, aeróbic en un gimnasio, la jardinería y horticultura habitual, y cualquier deporte. Desde el punto de vista médico, se entiende como deporte todo ejercicio físico que se rige por unas normas, se ejerza con fines competitivos o no.

Se consideran dos tipos fundamentales de ejercicio: aeróbico y anaeróbico. En la tabla 1 se resumen sus características fundamentales.

Para el tratamiento de la diabetes y del resto de las enfermedades metabólicas relacionadas con el síndrome metabólico, y para la prevención y el tratamiento de problemas cardiovasculares, es más conveniente prescribir el ejercicio aeróbico que el anaeróbico.

Un concepto que debe tenerse siempre en cuenta con respecto a las virtudes terapéuticas y preventivas del ejercicio es el concepto de «forma física», «eficiencia física» o «*fitness*». Existen muchas definiciones de este concepto que dependen del uso que se quiera darle. En principio, «forma física» es el conjunto de atributos morfológicos, dinámicos, hormonales y metabólicos que se adquieren cuando se realiza un ejercicio físico de forma habitual, programada y progresiva. La mayor eficacia terapéutica de un plan de ejercicio físico se consigue cuando éste conduce a cambiar la forma física del paciente. Un ligero paseo por la tarde, caminar hasta casa desde una parada anterior de

TABLA 1. Características fundamentales de los ejercicios aeróbicos y anaeróbicos

EJERCICIO AERÓBICO

Ejercicio de baja intensidad y larga duración como caminar, correr, nadar, montar en bicicleta o practicar esquí de fondo

Características

Las necesidades metabólicas de oxígeno son satisfechas por el aparato cardiovascular y respiratorio

Nutrientes utilizados

Grasas y carbohidratos. La glucosa se metaboliza por las vías aeróbicas y no se produce mucho lactato

Diagnóstico

Frecuencia cardiaca de menos del 80% del máximo según edad y niveles de lactato en sangre por debajo del umbral anaeróbico (menos de 4 mmol/L)

EJERCICIO ANAERÓBICO

Ejercicio de gran intensidad y corta duración como carreras de velocidad, levantamiento de pesas y picos de actividad en otros deportes como el fútbol o el tenis. También últimas etapas de un ejercicio muy intenso

Características

Las necesidades metabólicas de oxígeno no son satisfechas por el aparato cardiovascular y respiratorio

Nutrientes utilizados

Carbohidratos. La glucosa se metaboliza por la vía anaeróbica y se produce mucho lactato

Diagnóstico

Frecuencia cardiaca mayor del 80% del máximo según edad y niveles de lactato en sangre por encima del umbral anaeróbico (más de 4 mmol/L)

metro o autobús, cuidar el jardín, todas son actividades placenteras que influirán beneficiosamente en el estado de ánimo del paciente y le harán perder unas pocas calorías. Sin embargo, si siempre se lleva a cabo la misma actividad física, ésta apenas

Tabla 2. Ejemplo del «drama calórico» del ejercicio físico referido a una mujer de 70 kilos

| Actividad | Duración (min) | Kilocalorías |
|---------------------------|----------------|--------------|
| Comer dos croissants | 10 | +420 |
| Correr al 60% $VO_{2máx}$ | 60 | -420 |
| Caminar a 5 km/hora | 60 | -210 |

reportará beneficios al paciente, que no alcanzará una forma física cardiovascular y metabólica. Por eso, siempre que sea posible, y desgraciadamente en muchos casos no lo es, hay que programar ejercicios de más intensidad y sobre todo que estén planificados para que sean progresivos, que supongan un espíritu de entrenamiento, de superación de dificultades crecientes. Es en estas condiciones cuando el ejercicio influye beneficiosamente sobre todos los parámetros cardiovasculares, respiratorios y metabólicos.

Ejercicio físico y gasto calórico

Una de las razones para la utilización del ejercicio físico en la prevención y tratamiento de la obesidad, la diabetes y otras enfermedades metabólicas es que el ejercicio físico supone un incremento del gasto energético. Pero esta realidad fisiológica conviene situarla en su justo término: el ejercicio físico consume muy pocas kilocalorías en proporción a las que aporta cualquier alimento. En la tabla 2 se muestra un ejemplo de esta situación.

La cuestión es que la evolución ha dotado al músculo de los animales de una gran eficiencia; es decir, puede realizar trabajo con un mínimo de gasto energético. De otro modo, ¿cómo sería rentable para un pájaro descender desde lo alto de una torre para atrapar un insecto o una miga de pan y luego volver a ven-

cer la gravedad hasta su nido? ¿Cómo hubiéramos evolucionado los humanos, durante millones de años de hambrunas, sin ser capaces de perseguir a las piezas de caza durante días trotando por las sabanas africanas?

Todo ejercicio físico implica contracción muscular, y para que ésta se realice se necesita un aporte de energía. Por eso, el ejercicio físico supone siempre un gasto energético adicional al resto de los conceptos como gasto metabólico basal en reposo, termogénesis inespecífica y efecto térmico de los alimentos. Esta contribución es muy variable y depende de las características de la persona (sexo, masa corporal, porcentaje graso, edad) y del grado de actividad física realizada. A la hora de prescribir un ejercicio físico hay que evaluar el impacto calórico que va a tener en ese paciente en particular. Esto es un problema difícil de resolver desde un punto de vista práctico. A continuación, se analizan las ventajas y desventajas de las diferentes posibilidades.

Uno de los procedimientos habituales que se utilizan para calcular el gasto energético de un determinado tipo de ejercicio en una persona es recurrir a las numerosas tablas que se encuentran en todos los manuales o en Internet. En primer lugar, hay que rechazar todas las tablas que no expresen el gasto energético en función del peso corporal. Todo el mundo puede entender que los músculos de las piernas de una persona de 110 kilos no consumen la misma energía caminando una hora que los de otra de 70 kilos. Entre las tablas que tienen en cuenta la masa corporal deben diferenciarse dos tipos: aquellas que en el cómputo de gasto calórico incluyen todos los conceptos, es decir, que proporcionan gasto metabólico total durante la realización del ejercicio físico, y aquellas que sólo indican las calorías gastadas imputables exclusivamente a la actividad física (tabla 3). Éstas son las más adecuadas, ya que se puede hacer una evaluación más ajustada del gasto calórico total del paciente: se calcula primero la actividad metabólica en reposo uti-

Tabla 3. Gasto energético aproximado, por encima del valor basal en reposo, de algunas actividades

| Actividad | kcal/kg/h | Actividad | kcal/kg/h |
|-------------------------|-----------|-------------------|-----------|
| Yacer despierto | 0,1 | Ciclismo de paseo | 2,5 |
| Trabajar sentado | 0,5 | Bailar | 3,5 |
| Trabajo ligero de pie | 1,0 | Cabalgar | 4,0 |
| Fregar platos, planchar | 1,5 | Serrar madera | 6,5 |
| Barrer o fregar suelos | 1,5 | Correr | 7,0 |
| Caminar 5 km/h | 2,0 | Remar con fuerza | 10,0 |

lizando cualquiera de los procedimientos reconocidos, y luego se le suma el gasto ocasionado por la actividad física calculado mediante las tablas correspondientes.

Otra manera de evaluar el gasto energético por el ejercicio físico es a través de las adaptaciones respiratorias y cardiocirculatorias. El ejercicio físico incrementa el consumo de oxígeno, la frecuencia cardiaca y el ritmo respiratorio, y estos parámetros se correlacionan, dentro de determinados límites, con el gasto calórico y la intensidad de la actividad física realizada. Lo ideal sería realizar una evaluación individual de la frecuencia cardiaca media durante la realización del ejercicio físico, mediante un *holter*, pero si no es posible puede recurrirse a tablas como la que se muestra en la tabla 4.

Últimamente se está recurriendo a los llamados equivalentes metabólicos (MET) para unificar criterios y facilitar la tarea de evaluar el gasto metabólico del ejercicio físico. Un MET equivale al número de calorías que un individuo consume cuando está en reposo, viene a ser equivalente a un consumo de oxígeno de 3,5 mL/kg/min. La ventaja de los MET es que unifica el gasto metabólico. Un individuo obeso, sentado, gasta 1 MET y uno delgado también gasta 1 MET, aunque en valores absolutos el gasto metabólico de uno y otro sea muy diferente. Cuando estas

Tabla 4. Valores aproximados de ritmo respiratorio, frecuencia cardiaca, consumo de oxígeno y gasto calórico en diversas actividades físicas en adultos

| Actividad | Volumen respiratorio L/min | Consumo O ₂ L/min | Frecuencia cardiaca Latidos/min | Gasto calórico kcal/kg/h |
|------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Muy ligera | 10 | 0,5 | 80 | 1,5 |
| Ligera | 10-20 | 0,5-1,0 | 80-100 | 2,5-3,0 |
| Moderada | 20-35 | 1,0-1,5 | 100-120 | 4,0-5,0 |
| Pesada | 35-50 | 1,5-2,0 | 120-140 | 6,5-8,0 |
| Muy pesada | 50-65 | 2,0-2,5 | 140-160 | 8,5-11,0 |

personas caminen una hora, cada una habrá consumido 3 MET. Existen en Internet numerosas tablas de actividades físicas y sus correspondientes MET, algunas muy detalladas. En la tabla 5 se muestra un resumen.

Se debe prescribir el ejercicio físico que ocasione el mayor gasto energético dentro de las posibilidades físicas y familiares de cada cual. Pero siempre hay que advertir que el ejercicio físico sólo puede ser una medida coadyuvante a un plan de alimentación, cuando se trate de reducir peso. Sólo aquellas personas que puedan comprometerse a realizar una actividad deportiva con una cierta intensidad, y durante más de una hora diaria, pueden esperar una reducción significativa de peso, atribuible al ejercicio.

¿Qué sustratos metabólicos utiliza el músculo durante un ejercicio moderado?

La figura 1 muestra un diagrama esquemático del consumo de sustratos energéticos durante un ejercicio moderado, entre 30 y 60% del volumen máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$), que corresponde a una caminata a 5 km/hora o a un trote continuado.

Tabla 5. Valores en MET de algunas actividades físicas referidas a un adulto de 70 kg

1. Actividades ligeras (50 a 200 kcal/h):

| | |
|-------------------|-----|
| Leer sentado | 1,0 |
| Conducir un coche | 1,6 |
| Trabajar sentado | 1,5 |
| Trabajar de pie | 2,0 |
| Labores del hogar | 2,5 |

2. Actividades moderadas (200 a 300 kcal/h)

| | |
|--------------------|-----|
| Ciclismo tranquilo | 3,0 |
| Golf | 3,5 |
| Caminar a 5 km/h | 4,0 |

3. Actividades intensas (más de 300 kcal/h)

| | |
|--------------------------|-----|
| Tenis | 4,5 |
| Aeróbic | 6,0 |
| Squash | 8,0 |
| Carrera moderada 10 km/h | 10 |

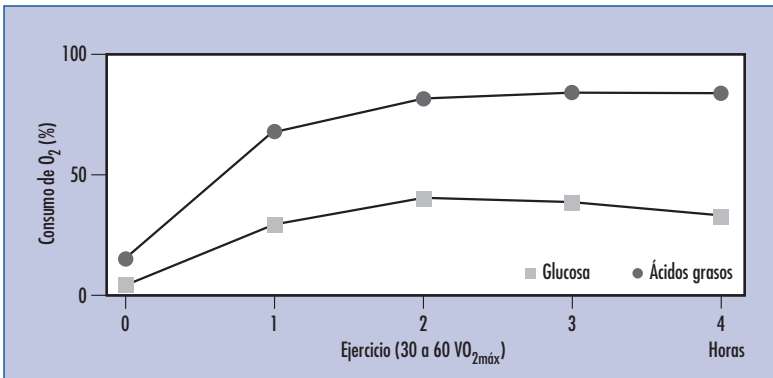


Figura 1. Diagrama del consumo de sustratos energéticos durante un ejercicio moderado

Durante el reposo, el músculo obtiene el 90% de su energía del metabolismo de los ácidos grasos. Este aporte, si el individuo está en ayunas, procede fundamentalmente de los ácidos grasos

liberados por la hidrólisis de los triglicéridos del tejido adiposo, que depende del estricto balance entre las hormonas que favorecen la lipólisis (adrenalina y glucagón) y la insulina, que la inhibe. La proporción de glucosa consumida por el músculo en reposo es muy pequeña y apenas llega a cubrir el 10% de las demandas energéticas. Cuando comienza a realizarse el ejercicio, se activa una serie de hormonas (fundamentalmente adrenalina y glucagón) que tienen como misión movilizar los depósitos de reserva para proporcionar combustible al músculo. Los dos combustibles fundamentales son la glucosa (20% de las demandas) y los ácidos grasos (80% de las demandas energéticas).

Las hormonas contrarreguladoras aceleran la glucogenólisis hepática y el hígado se convierte en un órgano secretor de glucosa. Durante los primeros minutos de ejercicio, se incrementa notablemente el consumo de glucosa por el músculo. Al tratarse de un ejercicio aeróbico, de moderada intensidad, la glucosa se degrada fundamentalmente por la vía aeróbica. Este consumo de glucosa puede mantenerse a lo largo de varias horas de ejercicio. En ausencia de ingestión de glúcidos, y dado que el depósito de glucógeno hepático y muscular es limitado, el aporte de glucosa desde el hígado es proporcionado por la gluconeogénesis; la glucosa se fabrica fundamentalmente a partir del glicerol que llega al hígado desde el tejido adiposo.

La adrenalina y el glucagón estimulan la lipólisis del tejido adiposo. Los ácidos grasos liberados llegan al músculo unidos a albúmina. El glicerol es convertido en glucosa en el hígado. Este proceso se ve favorecido porque durante el ejercicio moderado se duplica el flujo sanguíneo en el tejido adiposo (facilita la retirada de los ácidos grasos liberados) y se incrementa diez veces en el músculo (facilita el aporte de sustratos). Durante el ejercicio moderado, el transporte de ácidos grasos por la albúmina pasa de 2 mol/mol en reposo a 6 mol/mol durante el ejercicio.

Cuando se practica el ejercicio aeróbico de intensidad moderada como el que se describe, la glucosa y los ácidos grasos se metabolizan a través del ciclo tricarboxílico, ya que el aporte de oxígeno es el adecuado. Estas circunstancias pueden variar si se incrementa la intensidad del ejercicio realizado. Cuando el ejercicio excede una intensidad del 85% de la $VO_{2máx}$, que es un nivel deportivo intenso y por lo tanto no adecuado a la función terapéutica de la que se trata en estas líneas, se producen cambios en el metabolismo muscular y en la utilización de sustratos. Con esa intensidad, la deficiencia relativa en el aporte de oxígeno obliga a que parte de la glucosa tenga que degradarse por la vía anaeróbica a lactato. Aumenta el lactato en sangre y contribuye a la sensación de fatiga. Los ácidos grasos para ser metabolizados en el ciclo tricarboxílico necesitan un cebador como el citrato, que debe proceder de la glucosa, así que en ciertas intensidades puede llegar a estar limitada la oxidación de los propios ácidos grasos por no disponer de suficiente glucosa. Ésta es la razón de la importancia de los depósitos de reserva de glucógeno muscular en relación con la fatiga en el ejercicio de larga duración (ciclismo, maratón) y la justificación de todas las dietas ricas en hidratos de carbono que se ingieren los días previos a la carrera.

En definitiva, el ejercicio físico recomendado desde estas páginas es beneficioso porque contribuye a aumentar el consumo de glucosa y a vaciar los depósitos grasos, y cuando esto se realiza con espíritu deportivo, con asiduidad y una correcta programación, permite una reordenación del metabolismo que produce cambios beneficiosos para la salud.

Ejercicio físico y adaptaciones metabólicas

Por lo tanto, si el ejercicio físico, o el deporte, se realiza con un cierto nivel de intensidad, a diario y aumentando progresivamente su grado de dificultad, entonces, además del aumento del gasto calórico, se produce en el organismo una serie de modifi-

caciones metabólicas y hormonales beneficiosas para la salud en general y para el tratamiento de la diabetes en particular. Se alcanza el *fitness* o forma física metabólica, ya que aumentan las actividades de determinadas enzimas relacionadas con el metabolismo de lípidos y de hidratos de carbono, las células expresan en sus membranas una mayor concentración de receptores, incluso cambia la afinidad de éstos por sus ligandos y también aumenta la expresión de transportadores en las membranas celulares. En estas condiciones, el efecto beneficioso del ejercicio físico se expande más allá de la hora en la que se está practicando: dura las 23 horas restantes.

Una de estas modificaciones favorables que puede ejercer el ejercicio físico es la reducción de la resistencia a la acción de la insulina, que es un factor tan importante en muchos diabéticos y que condiciona su tratamiento y la evolución de la enfermedad. Numerosos estudios en animales de experimentación, en individuos sanos y en diabéticos, han demostrado que el entrenamiento físico, incluso con intensidades moderadas, influye positivamente en diversos factores que están relacionados con la sensibilidad a la insulina: mejora la sensibilidad a la hormona, favorece la asimilación de la glucosa por el músculo, aumenta la actividad de la lipoproteinlipasa, mejora el perfil lipídico al reducir la proporción entre colesterol total/colesterol HDL y reduce el perímetro de la cintura.

El ejercicio físico y el sistema cardiovascular

El músculo que se está ejercitando necesita un incremento del aporte de nutrientes y de oxígeno para producir energía, y precisa que se retiren a gran velocidad los productos de desecho metabólico como el CO₂ o el lactato. Esto requiere que la sangre circule con mayor facilidad por el músculo, a mayor velocidad y con mayor caudal, y por lo tanto se requiere la intervención del aparato cardiocirculatorio.

A lo largo de la práctica regular del ejercicio físico se produce una serie de adaptaciones cardiovasculares beneficiosas. Éstas sólo se logran con un ejercicio físico realizado habitualmente y con patrones de entrenamiento, como se comentará más adelante. Ahora se van a considerar los principales parámetros cardiocirculatorios que se ven influidos favorablemente por la práctica de ejercicio físico o deporte.

Al cabo de unas semanas de realizar el programa de ejercicio físico, se observa un descenso de la frecuencia cardiaca en reposo y también durante la realización de un ejercicio físico de intensidad submáxima, sin que habitualmente se aprecien modificaciones en la frecuencia cardiaca máxima con el entrenamiento. Es decir, una persona que antes de comenzar el programa cuando trotaba a 12 km/h mantenía una frecuencia cardiaca de 140 latidos/min, al cabo de unas cuantas semanas realizará el mismo esfuerzo a 130 latidos/min. Esta evolución se traduce en una mejora de la eficacia del corazón que incrementa el volumen minuto no sólo mediante el aumento de la frecuencia, sino también mediante el aumento de la fracción de eyección, es decir del porcentaje de sangre que el corazón bombea por minuto. Hay que tener en cuenta que, a consecuencia del entrenamiento aeróbico de larga duración, las cavidades del corazón aumentan, lo que mejora su capacidad de llenado. Las paredes del corazón son algo más gruesas que en la población no entrenada y están mejor vascularizadas. Los vasos sanguíneos que irrigan el corazón ejercitado tienen una mayor capacidad de dilatarse durante un esfuerzo físico a la vez que aumenta el número de capilares en relación con las fibras del músculo cardiaco. Cuando el programa de ejercicio físico es correcto, el corazón (como cualquier otro músculo) se desarrolla de una forma armónica sin que se produzcan desequilibrios entre el volumen de las cavidades cardiacas y los espesores de las paredes y la vascularización.

Tras unas semanas de programa de ejercicio físico, los valores de presión arterial disminuyen en reposo y durante el ejer-

cicio experimentan menos incrementos que en los individuos no entrenados. El producto de la presión arterial sistólica por la frecuencia cardiaca, que es un índice de la sobrecarga a que está sometido el corazón, disminuye con el entrenamiento. Esta adaptación hace que el ejercicio físico aeróbico esté recomendado como tratamiento de la hipertensión arterial leve-moderada, junto a medidas higiénico-dietéticas como la pérdida de peso en caso de obesidad y el control del estrés. El ejercicio aeróbico produce una vasodilatación en los músculos que reduce la resistencia vascular periférica y, en consecuencia, disminuye la presión arterial diastólica durante el ejercicio.

En cuanto a la vascularización periférica, es decir, los pequeños vasos que aportan la sangre a las fibras musculares de los músculos esqueléticos, también aumentan en número y capacidad de dilatarse en ejercicio. De esta forma, el incremento de la densidad capilar permite que llegue con mayor facilidad la sangre a las fibras musculares del corazón y músculos esqueléticos, aportando el oxígeno y nutrientes necesarios para la contracción muscular.

Otro aspecto interesante del entrenamiento es que consigue aumentar tanto el volumen plasmático como el número de hematíes y la concentración de hemoglobina. Además, el músculo es capaz con el entrenamiento aeróbico de extraer más oxígeno de la sangre (aumenta la diferencia arteriovenosa de oxígeno), de forma que al salir la sangre del músculo lleva menos oxígeno de lo que llevaría en el caso de una persona no entrenada. El músculo entrenado, además, tiene mayor capacidad de utilizar el oxígeno que le llega por los capilares (mayor capacidad oxidativa) debido a un incremento en el número y tamaño de las mitocondrias y a un aumento en la actividad de las enzimas oxidativas. Asimismo, como ya se ha visto, es capaz de incrementar la utilización de las grasas como sustrato energético, retrasando la utilización del glucógeno muscular, que es muy

limitado. El umbral anaeróbico en personas entrenadas aparece con esfuerzos físicos más altos. Esto significa que la persona entrenada es capaz de realizar intensidades de ejercicio mayores sin fatigarse.

El consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) es un parámetro que indica la capacidad del trabajo físico de un individuo y refleja de forma global el sistema de transporte de oxígeno desde la atmósfera hasta su utilización en el músculo. Este parámetro se incrementa en personas entrenadas.

La programación saludable del ejercicio físico

El objetivo de un programa de ejercicio físico debe ser mejorar el nivel de salud a través del desarrollo equilibrado de las cuatro cualidades físicas principales: resistencia, fuerza, flexibilidad y velocidad. Procediendo de este modo se logra una mejora de la condición física más armónica y se crea un hábito de vida activa que permite contrarrestar los riesgos del sedentarismo y complementar el tratamiento de diversas enfermedades como es el caso de la diabetes.

Todo programa de ejercicio físico, como la prescripción dietética, debe ser personalizado, adaptado a las condiciones individuales (edad, sexo, condiciones familiares y laborales, situación fisiológica como embarazo y grado de afectación patológica cuando exista).

Antes de prescribir un programa de ejercicio físico, hay que hacer una evaluación, lo más completa posible, del estado de salud y condición física de cada individuo. En el caso del paciente diabético hay que hacer una evaluación previa del grado de desarrollo de complicaciones que pudieran limitar el programa de ejercicio físico. La evaluación de la condición física previa de cada individuo debe realizarse sobre dos premisas fun-

damentales: nivel previo de actividad física y nivel previo de condición física.

Se debe cuantificar la actividad física que el individuo desarrolla en el momento del estudio y que debe incluir tanto las tareas realizadas durante su vida profesional o doméstica, como el ejercicio en sus ratos de ocio (caminar, cuidar el jardín, manualidades). La población según el nivel de actividad física se puede clasificar en tres grupos: a) activos, que realizan una actividad física en su tiempo libre que consume más de 2.000 kcal/semana; b) moderadamente activos, con actividad física en su tiempo libre que consume entre 500 y 2.000 kcal/semana; c) sedentarios, que no realizan ningún ejercicio físico y su actividad es inferior a 500 kcal/semana.

Para evaluar la condición física es necesario valorar las cualidades físicas básicas: resistencia, fuerza, flexibilidad y velocidad. En relación con la prescripción de ejercicio físico para el tratamiento de la diabetes, lo más importante es realizar una evaluación de la resistencia. La mejor forma de realizar esta evaluación es mediante la ergometría o prueba de esfuerzo, siendo el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2máx}$) la variable que mejor refleja el estado de esta cualidad. Existen numerosas pruebas alternativas, en las que se trata de incrementar de forma controlada la frecuencia cardiaca del paciente mediante un ejercicio físico y medir cuál es su respuesta al esfuerzo. Uno de estos métodos, con el que se cuenta con una buena experiencia, es la llamada prueba del escalón, cuya técnica se puede consultar en la referencia indicada en la bibliografía.

Prescripción del entrenamiento de resistencia

La resistencia es la capacidad de mantener un ejercicio determinado durante el mayor tiempo posible. El entrenamiento de esta cualidad es el que aporta mayores beneficios para la salud en general y para el diabético en particular. Las actividades

más adecuadas para este entrenamiento son aquellas que incluyen el ejercicio de grandes grupos musculares de forma rítmica y continua, con una intensidad y duración moderadas (caminar, trotar, nadar, montar en bicicleta, etc).

La cuantificación de la intensidad del ejercicio se puede hacer de muchas formas: porcentaje del $VO_{2m\acute{a}x}$, $MET_{m\acute{a}x}$ o de la frecuencia cardiaca máxima. Se aconseja que la frecuencia cardiaca (FC) durante el ejercicio no sobrepase el 70-75% de la frecuencia cardiaca máxima para la edad del paciente. La forma más sencilla de cálculo sea $FC_{m\acute{a}x} = 220 - \text{edad}$. Una de las formas de cálculo más utilizadas en pacientes con enfermedad coronaria es el método de Karvonen, que consiste en calcular la diferencia entre la $FC_{m\acute{a}x}$ y la de reposo; al 60 u 80% de esta cifra, se le suma la FC de reposo:

$FC \text{ de reserva (FC \acute{u}til)} = [(FC \text{ m\acute{a}xima} - FC \text{ en reposo}] \times 60 \text{ a } 80\% + FC \text{ en reposo}$

La intensidad y la progresión del entrenamiento se puede monitorizar mediante la anotación de las frecuencias cardiacas logradas durante el ejercicio físico medidas mediante pulsómetro o la autopalpación. Si todo va bien, al cabo de unas semanas el paciente realizará el mismo ejercicio con menor frecuencia cardiaca o podrá incrementar la intensidad del ejercicio con la misma frecuencia cardiaca.

La duración de cada sesión debe de ser de al menos 45 minutos y debe de permitir un gasto energético sobre el basal de unas 300 kcal. La frecuencia de sesiones necesarias para la adquisición de la forma física debe ser de al menos tres veces por semana.

En todas las personas, sobre todo en las de más edad, el entrenamiento de resistencia debe complementarse con un entrenamiento de la fuerza para desarrollar la musculatura y combatir la tendencia a la sarcopenia. Esto se puede lograr con pesas

o con máquinas que oponen resistencia al movimiento. En general, se recomienda para el entrenamiento de fuerza con fines saludables, un mínimo de 8 a 10 ejercicios que incluyan los grupos musculares principales (extremidades inferiores, extremidades superiores y abdominales). La frecuencia debe de ser de dos veces por semana, intercalados entre los entrenamientos de resistencia, con un número de 8 a 12 repeticiones de cada ejercicio por serie y para tres series. Es conveniente que al principio las cargas sean bajas y se vayan incrementando todo lo que se pueda.

Cada sesión de ejercicio debe de constar de las siguientes etapas: a) Pre calentamiento: con una duración de 5 a 10 minutos, que tiene como objetivo evitar lesiones y producir una adaptación hemodinámica gradual. Ejercicios con una frecuencia cardíaca de 10 a 20 latidos por encima del reposo. b) Fase principal: con una duración aproximada de 40 a 50 minutos en la que se sigue los ejercicios programados. Volver a la calma: de 10 minutos de duración permite la relajación y la vuelta gradual al estado hemodinámico inicial.

La progresión del entrenamiento dependerá de la capacidad de cada individuo, de su estado de salud y de los objetivos propuestos. Hay tres fases de progresión: 1. Etapa de inicio: suele durar de 4 a 6 semanas. Las características del ejercicio debe ser: tres veces por semana, menos de 45 minutos cada vez y no superar el 50% de la $FC_{máx}$. 2. Fase de mejora: suele durar cinco o seis meses. Se incrementa progresivamente la intensidad hasta lograr el objetivo del 70 al 80% de la $FC_{máx}$, la duración se incrementa progresivamente hasta los 60 minutos y la frecuencia aumenta a más de tres días a la semana. 3. Fase de mantenimiento. A partir del sexto mes se mantiene el ritmo de intensidad y frecuencia, pudiendo aumentar ligeramente la intensidad o la duración según las posibilidades de cada individuo. Esta fase debe de durar toda la vida.

Hay que hacer un seguimiento de los resultados del entrenamiento, que en el caso del paciente diabético debe estar centrado en evaluar el grado de control metabólico, detección de la aparición o progresión de complicaciones, mejora de las condiciones antropométricas (índice de masa corporal y perímetro de cintura) y estado cardiovascular.

Bibliografía

American Diabetes Association. Diabetes mellitus and exercise. *Diabetes Care*. 2002; 25 (supl 1) 64-68.

Campillo JE. *El Mono Obeso*. Barcelona: Editorial Crítica, 2004.

Hu FB, Manson JE. Walking. The best medicine for diabetes? *Arch Intern Med*. 2003; 163: 1.397-1.398.

Jones NL, Killian KJ. Exercise limitation in health and disease. *N Engl J Med*. 2000; 343: 632-641.

Tall AR. Exercise to reduce cardiovascular risk. How much is enough? *N Engl J Med*. 2002; 347: 1.522-1.523.

Torres MD, Sancho L, Pérez G, Campillo JE. Physical exercise, physical fitness, nutritional patterns, and tobacco and alcohol consumption in a population of young Spanish people. *Biol Sport*. 2004; 21: 249- 259.

Beneficios del ejercicio. El ejercicio como elemento terapéutico

Á. Caballero

Introducción

Existen evidencias de que el ejercicio físico ejerce unos importantes beneficios sobre la salud y de que los hábitos de vida sedentaria están asociados con un incremento de numerosas enfermedades crónicas y una disminución de la longevidad. Además, existen datos acerca de que el ejercicio físico reduce el riesgo de enfermedades crónicas como la diabetes mellitus tipo 2, osteoporosis, obesidad, depresión, cáncer de mama, de colon y de páncreas.

Adicionalmente existen evidencias claras acerca del beneficio que la práctica de ejercicio físico tiene sobre diversos factores de riesgo cardiovascular (figura 1). De esta manera, el ejercicio físico contribuye de una forma global a la reducción del riesgo de enfermedad cardiovascular y en particular a la disminución en la incidencia de cada uno de esos factores de riesgo sobre los que actúa.

A todo ello se suman los indudables beneficios psicológicos que la práctica del ejercicio físico implica y que puede contribuir a mejorar el cumplimiento terapéutico en determinadas patologías crónicas como la diabetes, lo que contribuye globalmente a una mejora en la calidad de vida de estos pacientes. Finalmente, no hay que olvidar los beneficios económicos que en concepto de gasto sanitario esto puede suponer.

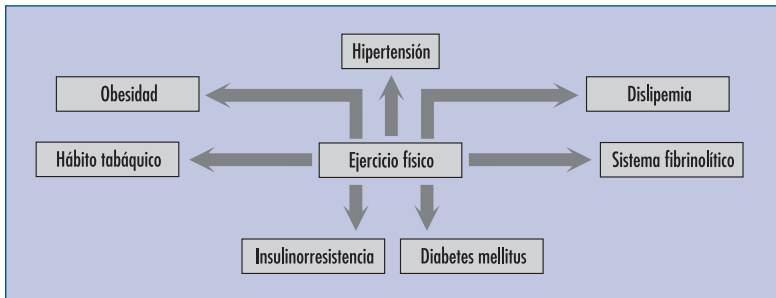


Figura 1. Beneficios del ejercicio sobre factores de riesgo cardiovascular

De esta forma, la práctica de ejercicio físico se considera una herramienta útil tanto en la prevención como en el manejo terapéutico de diversas patologías, dado los beneficios que su práctica reporta (tabla 1).

Beneficios sobre factores de riesgo y enfermedad cardiovascular

Enfermedad cardiovascular

La actividad física habitual también previene el desarrollo de arteriopatía coronaria y reduce síntomas en pacientes con enfermedad cardiovascular establecida.

Existe una relación directa entre la inactividad física y la mortalidad cardiovascular, siendo la inactividad física un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedad cardiovascular.

Así, la práctica regular de ejercicio físico aeróbico incrementa la capacidad de ejercicio y tiene un papel importante tanto en la prevención primaria como secundaria de la enfermedad cardiovascular.

Estudios prospectivos y epidemiológicos acerca de la actividad física han documentado de forma consistente una menor inci-

Tabla 1. Beneficios del ejercicio físico

| |
|---|
| Sobre factores de riesgo cardiovascular <i>Enfermedad cardiovascular</i> Hipertensión arterial Dislipemia Insulino-resistencia y diabetes mellitus Obesidad Hábito tabáquico Sistema fibrinolítico |
| Prevención de neoplasias Colon Mama Páncreas |
| Psicológicos ↓ Respuesta al estrés ↓ Ansiedad ↓ Depresión ↑ Autoestima |
| Económicos |

dencia de episodios cardiovasculares en individuos físicamente más activos y en buena forma. Otros estudios han aportado datos similares mediante la medida de la capacidad de ejercicio como un indicador de actividad física habitual. Estos datos satisfacen los criterios requeridos para inferir una relación gradual causal de evidencia epidemiológica con una mayor reducción de enfermedad cardiovascular en los individuos con mayor nivel de actividad física. Esta relación es dosisdependiente entre la cantidad de ejercicio realizado y la mortalidad por cualquier causa y de origen cardiovascular en la población de mediana y avanzada edad. El mayor efecto potencial se obtiene en los individuos sedentarios que se hacen moderadamente activos. Además, la mayoría de los efectos beneficiosos del ejercicio físico sobre la mortalidad cardiovascular se obtiene, en función de la

edad, mediante la práctica de una actividad física de moderada intensidad (40-60% de la frecuencia cardiaca máxima).

Asimismo, los pacientes con enfermedad cardiovascular pueden beneficiarse del ejercicio físico, incluidos aquellos con fallo cardiaco. Esta mejoría tras entrenamiento físico es el resultado del incremento del uso de oxígeno como energía con un aumento de la capacidad ventilatoria máxima y de la habilidad de los músculos para extraer oxígeno de la sangre. Estos cambios pueden también beneficiar a individuos con función ventricular izquierda alterada en los que la adaptación tras realizar ejercicio está mediada por mecanismos hormonales, metabólicos, neurológicos y de función respiratoria, y pueden producirse con ejercicios de baja intensidad.

El ejercicio parece que también reduce el riesgo de accidente cerebrovascular isquémico y hemorrágico en un 20-27% en individuos con actividad física moderada-elevada con respecto a individuos con menor actividad física.

Existen evidencias acerca del efecto favorable del ejercicio sobre algunos parámetros relacionados con el proceso de la inflamación, como la elevación de la proteína C reactiva, cuyas implicaciones en la aterosclerosis son conocidas. Así, el ejercicio reduce la actividad aterogénica de los monocitos con una disminución concomitante en la producción de citocinas de carácter aterogénico.

Pero la actividad física no sólo previene sino que también es un arma terapéutica en relación con diversos factores de riesgo cardiovascular ya establecidos, como hipertensión arterial, resistencia a la insulina e intolerancia hidrogenada, hipertrigliceridemia, niveles disminuidos de colesterol HDL y obesidad. La magnitud del efecto del ejercicio sobre éstos depende de sus características, de factores de variación individual y de si el ejerci-

cio produce una reducción ponderal concomitante. En algunos individuos, el beneficio puede ser de tal magnitud que incluso implique que no se necesiten de otras intervenciones terapéuticas. Este efecto puede aumentar con otros cambios en el estilo de vida, como la composición de la dieta y la pérdida de peso.

Algunos de los efectos de la actividad física sobre los factores de riesgo cardiovascular son debidos a *efectos agudos* tras una sesión de ejercicio y no dependen de un entrenamiento tras ejercicio prolongado o mejoría del estado físico. Por ejemplo, los niveles de triglicéridos se reducen tras ejercicio durante más de 72 horas y los niveles de colesterol HDL, también de forma transitoria, se incrementan por el ejercicio. El ejercicio también reduce de forma aguda la presión arterial sistólica y este efecto puede persistir durante más de 12 horas. La práctica de ejercicio también tiene efectos favorables agudos sobre la homeostasis de la glucosa. Estos efectos agudos aportan soporte adicional para las recomendaciones en la práctica de ejercicio de moderada intensidad la mayoría, si no todos, los días de la semana.

Metabolismo lipoproteico

Diversos estudios avalan el efecto beneficioso de la práctica del ejercicio sobre el metabolismo lipídico. En un metanálisis de 52 estudios con entrenamiento físico de más de 12 semanas de duración que incluye 4.700 individuos, se demostró un incremento del colesterol HDL (4,6%) y una disminución en los niveles de triglicéridos y colesterol LDL de un 3,7 y 5%, respectivamente. En general, se ha podido determinar una disminución de las concentraciones de colesterol LDL (1-5%) y triglicéridos (1-4%) con incremento en los niveles de colesterol HDL (3-5%) en ambos sexos.

El incremento del colesterol HDL asociado al ejercicio se correlaciona estrechamente con cambios en el peso corporal. Además, este incremento puede variar en función de la intensidad y tipo de actividad física en ambos sexos. Algunos, aunque

no todos los estudios, han encontrado diferencias en cuanto al beneficio que el ejercicio produce sobre el perfil lipoproteico en función del sexo. Así, el efecto del aumento de los niveles de colesterol HDL es más pronunciado en varones.

Además de estos efectos sobre el perfil lipoproteico desde el punto de vista de los factores de riesgo clásicos, también se han observado modificaciones en los niveles de lipoproteína(a), que se reducen, así como modificaciones cualitativas favorables en las partículas LDL.

Estos efectos beneficiosos también se obtienen en individuos con cardiopatía isquémica establecida. Se han documentado, en este sentido, un incremento en los niveles de colesterol HDL y una disminución de triglicéridos, así como reducción en los niveles de colesterol total y niveles de colesterol LDL.

Por otra parte, el ejercicio regular en individuos con sobrepeso de ambos sexos aumenta el efecto beneficioso sobre los niveles de lipoproteínas de una dieta pobre en grasas saturadas y pobre en colesterol. Así, el ejercicio, junto con la pérdida de peso, puede disminuir las concentraciones de colesterol LDL y limitar la reducción de colesterol HDL que ocurre tras una reducción en grasa saturada de la dieta.

Además, la realización de ejercicio físico de resistencia tiene efectos beneficiosos sobre la distribución del tejido adiposo y este hecho tiene relevancia en la reducción del riesgo cardiovascular.

Los mecanismos mediante los cuales el ejercicio ejerce un efecto beneficioso sobre el metabolismo lipoproteico no son del todo conocidos. Sin embargo, parece que el ejercicio incrementa la actividad de la lipoproteinlipasa, lo que favorece la lipólisis de los triglicéridos ricos en lipoproteínas como paso inicial para la elevación de los niveles de colesterol HDL. Secundaria-

mente, la reducción de la actividad de la lipasa hepática, que cataliza la conversión de las partículas HDL2 a HDL3, retrasa el catabolismo de las HDL2 que son más cardioprotectivas.

Hipertensión arterial

La relación entre el ejercicio físico y la incidencia de hipertensión arterial (HTA) ha sido observada en diferentes poblaciones, con una asociación inversa entre la práctica de ejercicio físico y el riesgo de desarrollo futuro de hipertensión arterial. Esta asociación no es tan evidente en el sexo femenino.

El ejercicio físico tiene un efecto independiente sobre la reducción de las cifras tensionales, con una disminución de 8-10 mmHg tanto en presión arterial sistólica como diastólica. Al menos 44 ensayos con 2.674 individuos han avalado el efecto del ejercicio sobre la presión arterial de reposo o basal, con una reducción media en presión arterial sistólica (PAS) y presión arterial diastólica (PAD) de 3,4 y 2,4 mmHg, respectivamente. Un determinante del efecto del ejercicio es la presión arterial basal con reducciones de 7,4 y 5,8 mmHg, respectivamente, en PAS y PAD en hipertensos. Esto sugiere que el ejercicio puede ser la única terapia requerida en algunos individuos con HTA leve. Sin embargo, este efecto sobre la presión arterial no se correlaciona con factores como frecuencia, duración o intensidad del ejercicio. Asimismo, se ha registrado una disminución significativa y temprana en la hipertrofia ventricular izquierda a las 16 semanas de comienzo de ejercicio físico.

Los mecanismos potenciales mediante los cuales el ejercicio físico contribuye a este efecto beneficioso sobre la presión arterial están mediados por la reducción de la resistencia vascular periférica (RVP). Así, pequeños cambios en el diámetro de la luz vascular tendrían un gran impacto en la resistencia vascular. La reducción de RVP tras ejercicio físico se debe tanto a una adaptación neurohumoral como estructural, así como a una

respuesta vascular alterada a estímulos vasoactivos. El aumento de la actividad del sistema nervioso simpático (SNS) es una de las características en la HTA esencial con una mayor liberación de norepinefrina que provoca vasoconstricción e incremento de RVP secundariamente. La reducción plasmática de los niveles de norepinefrina tras entrenamiento físico ha sido observada en algunos estudios. Por otra parte, la hiperactividad del SNS se ha asociado con un incremento en el grosor de la pared vascular, por lo que la práctica del ejercicio físico puede desempeñar un papel como medida preventiva sobre la remodelación vascular que se asocia a la HTA. Numerosos estudios transversales y longitudinales avalan los cambios en las estructuras vasculares que ocurren en el músculo en respuesta al entrenamiento físico. Estos cambios incluyen no sólo remodelación vascular (incremento longitud y del diámetro) sobre vasos ya existentes sino, además, fenómenos de angiogénesis.

Con respecto al sistema renina-angiotensina, la evidencia actual sugiere que el efecto antihipertensivo del ejercicio poco tiene que ver con él. Se ha observado en normotensos una reducción en los niveles de renina y angiotensina II tras ejercicio que, sin embargo, no se ha registrado de forma consistente en individuos con HTA.

El efecto antihipertensivo del entrenamiento físico se asocia a algunos factores genéticos, y algunos autores sugieren que dichos factores influyen hasta en un 17% en la reducción de la presión arterial de reposo. De forma global, sin embargo, este efecto es pequeño dado que probablemente existen interacciones entre múltiples *loci* y factores ambientales no conocidos.

Resistencia a la insulina, metabolismo hidrocarbonado y diabetes mellitus

Existen factores genéticos y ambientales implicados en la etiología de la diabetes mellitus tipo 2. Entre estos últimos están la obesidad y la distribución de la grasa corporal, específicamente

la distribución de la grasa intrabdominal. Si se actúa sobre la inactividad física y la dieta mediante una modificación del estilo de vida, se está interviniendo, por tanto, sobre el desarrollo de la diabetes mellitus tipo 2. Por otra parte, también se sabe que la diabetes tipo 2 es una enfermedad dinámica en la que los pacientes frecuentemente se hacen insulino pénicos, dado que su fisiopatología incluye defectos tanto en la acción de la insulina (resistencia a la insulina) como en su secreción (déficit de insulina). El defecto en la acción de la insulina o insulinoresistencia puede ser genético o adquirido, como sucede en situaciones de obesidad abdominal. Además, la hiperglucemia crónica y el incremento de los ácidos grasos libres pueden contribuir a la resistencia a la insulina. Se sabe que el ejercicio mejora la sensibilidad a la insulina traduciéndose en una modalidad de tratamiento.

Uno de los efectos agudos del ejercicio en la diabetes mellitus tipo 2 es la disminución de la glucemia, actuando de forma sinérgica con la insulina en los tejidos sensibles a ésta. La mayoría de los pacientes con diabetes mellitus tipo 2 obesos muestra una disminución de los niveles de glucemia tras el ejercicio físico correlacionada con su duración e intensidad, así como con la glucemia preejercicio. Esta reducción en los niveles de glucemia se atribuye a la disminución en la producción hepática de glucosa con un incremento paralelo de su consumo por parte del músculo esquelético. La disminución de la producción hepática de glucosa se debe a un mecanismo de *feed-back* negativo asociado a niveles mantenidos de insulina durante el ejercicio y a niveles elevados de glucemia antes del ejercicio. Este efecto reductor de la glucemia es, además, mantenido tras un ejercicio de mediana intensidad. Durante ejercicios de corta duración y de alta intensidad, las glucemias sanguíneas frecuentemente se incrementan en obesos con diabetes mellitus tipo 2 que tienen hiperinsulinemia y permanecen así hasta 1 h después del ejercicio debido al incremento de hormonas contrarreguladoras.

Sin embargo, la respuesta al ejercicio de los niveles de glucemia en individuos delgados con diabetes mellitus tipo 2 es variable y no tan predecible como en los obesos. Su causa reside tanto en un defecto en el mecanismo glucorregulador no pancreático como en una afectación del mecanismo de *feed-back* antes mencionado.

Numerosos estudios han mostrado que el ejercicio incrementa la sensibilidad a la insulina a nivel esplácnico y periférico en individuos con diabetes mellitus tipo 2 y que persiste 12-24 horas tras éste. Y es que la captación de glucosa mediada por insulina ocurre primariamente en el músculo esquelético y está relacionada directamente con la masa muscular e inversamente con la masa grasa. Sin embargo, el efecto de una sesión de ejercicio aislada sobre la acción de la insulina se pierde a los pocos días y tiene escaso beneficio en la diabetes mellitus tipo 2. Por lo tanto, las recomendaciones para disminuir la resistencia a la insulina en diabetes mellitus tipo 2 son la actividad física regular realizada con una intensidad baja-moderada.

Además, el ejercicio físico reduce la hiperglucemia posprandial, y con relación al efecto sobre el control glucémico se ha evidenciado en un metanálisis de nueve estudios una disminución de la hemoglobina glucosilada (HbA_{1c}) del 0,5-1%, con cambios favorables también en la tolerancia a la glucosa. En estos estudios, los periodos de entrenamiento variaron entre seis semanas y 12 meses, pero la mejora en la tolerancia a la glucosa se observó en estadios tan precoces como tras siete días consecutivos de entrenamiento. Estos cambios beneficiosos generalmente se deterioran a las 72 horas del último ejercicio en la diabetes mellitus tipo 2 y son un reflejo del último ejercicio realizado individualmente más que del nivel de entrenamiento.

En la diabetes mellitus tipo 2 existe un incremento de los factores de riesgo cardiovascular como HTA y dislipemia. La hi-

pertensión arterial es un factor de riesgo cardiovascular que ocurre hasta en un 60% de los afectados de diabetes mellitus tipo 2. Algunos estudios, aunque no todos, han evidenciado una disminución de la presión arterial en individuos con diabetes mellitus tipo 2 con la práctica del ejercicio físico.

Asimismo, la práctica del ejercicio en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 se ha relacionado con un perfil lipídico menos aterogénico, traducible en un efecto beneficioso sobre mortalidad cardiovascular. Diversos ensayos han demostrado una disminución en los niveles de triglicéridos, colesterol total y cociente colesterol HDL/colesterol total, mientras que otros estudios no han encontrado cambios. Algunos datos sugieren que este efecto reductor favorable sobre triglicéridos y colesterol total en diabéticos tipo 2 se alcanza mejor mediante pérdida ponderal, aunque los cambios inducidos en los lípidos mediante el ejercicio son independientes del peso corporal. Estos cambios sobre lipoproteínas producidos por el ejercicio también dependen de la intensidad, duración y frecuencia del ejercicio.

De forma adicional, otro de los efectos observados tras la práctica de ejercicio y que contribuye a la disminución del riesgo cardiovascular en estos pacientes es su acción sobre los mecanismos de lesión endotelial implicados en la patogénesis de la arteriosclerosis. En este sentido, se ha descrito una disminución de marcadores como la trombomodulina.

Se ha demostrado una correlación inversa entre la actividad física y la mortalidad por cualquier causa. Este hecho tiene también importancia en la diabetes mellitus tipo 2 con evidencias de una relación entre el ejercicio, la mortalidad y el control glucémico. Aunque el riesgo de muerte se incrementa con un estatus glucémico menos favorable, el efecto adverso de la hiperglucemia sobre la mortalidad parece que se reduce con una mejoría del estado físico.

El ejercicio y la dieta son los pilares fundamentales en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2, siendo su combinación más efectiva que su uso aislado para mantener una pérdida de peso adecuada y una mejoría del control metabólico. La pérdida ponderal conduce a una disminución en la resistencia a la insulina y puede ser más beneficiosa en la progresión de la diabetes mellitus tipo 2 cuando la secreción de insulina aún es adecuada.

El ejercicio también está implicado en los cambios en la distribución de la grasa corporal. La pérdida de la grasa visceral es uno de los beneficios del ejercicio que implica una mejoría en los índices metabólicos. Además, se sabe que la obesidad abdominal es un factor de riesgo cardiovascular y de desarrollo de diabetes mellitus tipo 2. Sin embargo, en el contexto de la diabetes mellitus tipo 2 este beneficio puede ser difícil de alcanzar, dado que, para mejorar el peso y la composición corporal, el ejercicio regular debe tener una intensidad moderada (50% frecuencia cardiaca máxima) con una frecuencia de cinco veces o más por semana en sesiones de aproximadamente una hora y mantenida durante un periodo prolongado.

El impacto de la diabetes sobre el estilo de vida y la salud y los ajustes psicológicos que se requieren pueden tener consecuencias en la salud psicológica y en el control glucémico. Existen efectos psicológicos favorables del ejercicio regular en la diabetes mellitus tipo 2: una menor activación del sistema nervioso simpático al estrés cognitivo con una reducción favorable de la puntuación en escalas de depresión, mejora de la autoestima y reducción de las alteraciones emocionales asociadas a episodios vitales estresantes.

Este beneficio de tipo psicológico puede facilitar que el paciente acepte más fácilmente los cambios dietéticos. Dada la influencia favorable que esto puede tener sobre el control glucémico, debe aconsejarse la práctica de ejercicio regular para conseguir una reducción de estrés y un aumento del bienestar psicológico y de calidad de vida en dicha población.

La relación entre actividad física y posible prevención de la diabetes mellitus tipo 2 se sustenta en la observación de que el abandono de estilos de vida más tradicionales en determinados grupos sociales con una mayor actividad física ha supuesto un aumento de la prevalencia de diabetes. Esta observación también se confirma por el incremento de la prevalencia de diabetes en grupos que han emigrado o que viven en un entorno urbano al compararlos con los que permanecen en el entorno rural.

Estudios transversales y epidemiológicos retrospectivos también han avalado una relación directa entre la actividad física y la tolerancia a la glucosa en determinadas poblaciones. Así, en individuos sin diabetes, los niveles de glucosa y de insulinemia son significativamente mayores en aquellos más inactivos. Además, diversos estudios prospectivos ya han demostrado una relación entre la aparición de diabetes mellitus tipo 2 y unos hábitos de vida más sedentarios.

Por otra parte, también se ha demostrado el efecto que el ejercicio físico y la pérdida de peso ejercen sobre la prevención de diabetes mellitus tipo 2. Así, en el estudio Diabetes Prevention Program (DPP), 3.234 individuos con intolerancia a la glucosa de más de 25 años fueron asignados de forma aleatorizada a modificaciones en el estilo de vida que incluían ejercicio físico (>150 minutos/semana de moderada intensidad), metformina o placebo. Tras 2,8 años de seguimiento, la incidencia de diabetes fue de 4,8, 7,8 y 11 casos/100 persona-año en estos tres grupos con una disminución de un 58% en la aparición de diabetes a los 2,8 años entre los individuos asignados a intervención sobre estilo de vida. Esta intervención supuso una pérdida ponderal media de 4 kg y un incremento (8-MET-h/semana) en la actividad física, siendo esta intervención más potente que el uso de metformina, que redujo la aparición de diabetes mellitus tipo 2 en un 31%.

El ejercicio físico fue también una de las estrategias de intervención para la prevención de diabetes en el estudio sueco de

Malmö realizado en varones entre 47-49 años. Entre aquellos que presentaban una intolerancia a la glucosa al inicio, al menos el doble desarrolló diabetes a los seis años de seguimiento si no habían participado en el programa de tratamiento. Una de las limitaciones de este estudio es que los participantes no fueron asignados de forma aleatoria a los grupos de intervención terapéutica. A los 12 años de seguimiento, la mortalidad total fue de un 6,5/1.000 personas-año en el grupo de intervención frente a un 14/1.000 personas-año en el grupo control.

En esta misma línea destaca el estudio de seis años de duración realizado en China. Al comienzo del estudio, 577 individuos con intolerancia a la glucosa fueron identificados mediante cribado y distribuidos de forma aleatoria a uno de los cuatro grupos de tratamiento: ejercicio, dieta, dieta y ejercicio, grupo control. La incidencia acumulativa de diabetes a los seis años fue significativamente menor en los grupos de intervención con ejercicio en comparación con el grupo control (ejercicio= 41%; ejercicio y dieta= 46%; dieta= 44%; control= 68%). Esta diferencia mantuvo su significación incluso tras el ajuste por diferencias al inicio en el índice de masa corporal y glucemia basal.

Algunas evidencias, también acerca de la efectividad de la intervención sobre el estilo de vida, derivan de otro estudio aleatorizado, el Finnish Diabetes Prevention Study, en el que la incidencia acumulativa de diabetes fue del 11% en el grupo de intervención y de 23% en el grupo control. En el grupo de intervención terapéutica se realizaron cambios dietéticos y la práctica de ejercicio físico (mínimo 30 minutos al día y de moderada intensidad) con un objetivo de pérdida ponderal de al menos el 5%.

La reducción relativa del riesgo tanto en DPP como en el estudio de Tuomilehto fue la misma, de un 58%. Por lo tanto, existe una evidencia firme y consistente acerca de que los programas terapéuticos que incluyen un incremento de la actividad física y

una pérdida moderada de peso reducen la incidencia de diabetes mellitus tipo 2 en individuos con intolerancia a la glucosa.

En contraste a lo que sucede en la diabetes mellitus tipo 2, no existen evidencias convincentes acerca de la mejoría del control glucémico con el ejercicio en la diabetes mellitus tipo 1. Este hecho se debe presumiblemente a una menor importancia de la resistencia a la insulina en la fisiopatología de esta última. Sin embargo, con la práctica de ejercicio físico se puede obtener un mismo control glucémico, aunque con menos dosis de insulina con efectos favorables añadidos sobre hipertensión arterial y otros factores de riesgo cardiovascular, además de los de carácter psicológico.

Obesidad

El ejercicio físico es una importante terapia coadyuvante a la dieta para el alcance y mantenimiento de la pérdida ponderal. Parece ser efectivo en el mantenimiento a largo plazo de la pérdida ponderal y es uno de los más potentes factores pronósticos de control del peso a largo plazo. La mayoría de los estudios controlados muestra sólo una modesta reducción ponderal (2-3 kg) en el grupo asignado al ejercicio. Cuando se añade la dieta a la estrategia terapéutica, la pérdida ponderal media es de 8,5 kg.

Por otra parte, la composición corporal y la distribución de la grasa están muy relacionadas con la mortalidad cardiovascular y pueden mejorar con la práctica de ejercicio físico. Los individuos de ambos sexos físicamente activos tienen un cociente cintura/cadera más favorable que los individuos sedentarios.

Sistema fibrinolítico

Existen evidencias acerca del posible efecto beneficioso del ejercicio sobre el sistema fibrinolítico con una mejoría en determinados parámetros hemostáticos asociados a trombosis. Así, la práctica de ejercicios de resistencia durante más de seis meses en población de edad avanzada se ha correlacionado con una dis-

minución en los niveles de fibrinógeno (13%), un aumento del activador tisular del plasminógeno y una reducción del PAI-1.

La práctica de ejercicio de moderada intensidad durante ocho semanas en varones también redujo la adhesión plaquetaria, tanto en reposo como tras ejercicio, en comparación con controles con un retorno a los valores basales a las 12 semanas. También se ha documentado una correlación inversa entre el ejercicio y la viscosidad plasmática en un estudio observacional con 3.522 individuos. Otros estudios han demostrado un efecto favorable sobre enzimas fibrinolíticas en jóvenes y en pacientes tras infarto agudo de miocardio.

Hábito tabáquico

Al menos ocho estudios han examinado el efecto adyuvante del ejercicio sobre el abandono del hábito tabáquico, aunque la mayoría de los estudios son pequeños y los resultados no están sujetos a un metanálisis comparativo. Existen resultados que avallan un 11,9% de abstinencia al año entre los individuos sometidos a un programa de ejercicio frente a un 5,4% en el grupo control. Estos datos, aunque preliminares, parecen indicar que la actividad física facilita el abandono del hábito tabáquico a largo plazo mediante el incremento de la tasa de deshabitación inicial.

Beneficios en grupos de edad avanzada

El desarrollo y mantenimiento de la resistencia aeróbica, flexibilidad en las articulaciones y fuerza muscular son factores importantes si se considera la práctica de ejercicio en grupos de edad avanzada. Individuos de ambos sexos, en estos grupos de edad, muestran una mejoría comparable en programas de ejercicio cuando su cumplimiento es elevado. Además, la práctica de ejercicio físico tanto aeróbico como de resistencia puede prolongar su autonomía a más largo plazo en actividades cotidianas. La práctica de ejercicio físico de resistencia aislado tie-

ne solamente un efecto moderado sobre factores de riesgo cardiovascular en comparación con el ejercicio aeróbico, pero aporta efectos beneficiosos sobre el metabolismo hidrocarbonado mediante el desarrollo y mantenimiento de la masa muscular y por su efecto sobre el metabolismo basal. Así, la práctica de ejercicio físico en este grupo de población se recomienda de forma sistemática por su efecto favorable sobre la fuerza y masa muscular, densidad mineral ósea, capacidad funcional, así como por la prevención y rehabilitación de problemas musculoesqueléticos. La práctica de ejercicio en grupos de edad avanzada es tan segura como beneficiosa en la mejora de la flexibilidad y la calidad de vida.

Beneficios psicológicos

Además de los beneficios físicos del ejercicio, la práctica de ejercicio físico aeróbico de corta y larga duración se asocia con una mejoría en varios índices funcionales psicológicos. Estudios transversales revelan que, comparados con individuos sedentarios, las personas activas presentan mejores resultados en escalas de función cognitiva, demuestran una respuesta cardiovascular reducida al estrés y menos síntomas de ansiedad y depresión. En individuos que incrementan sus niveles de actividad física no se aprecia un mayor riesgo de depresión en relación con aquellos que ya eran activos. Sin embargo, quienes eran activos y se hicieron inactivos presentan 1,5 veces más riesgo de depresión.

El ejercicio reduce la depresión en hombres sanos de edad avanzada, en individuos con enfermedad cardíaca y depresión mayor. El ejercicio también mejora la autoconfianza y autoestima, atenúa las respuestas cardiovascular y neurohumorales al estrés mental y reduce algunos tipos de comportamiento. Aunque el ejercicio generalmente no ha demostrado mejorar las funciones cognitivas, periodos cortos de ejercicio pueden tener a corto plazo efectos favorables.

Beneficios económicos

Los beneficios económicos que la práctica del ejercicio físico puede tener sobre la salud son sustanciales y pueden implicar una reducción anual de los costes médicos directos con potenciales ahorros si se aplican a toda la población. Este beneficio ha de ser también considerado en la relación coste-beneficio de la rehabilitación cardiaca.

Bibliografía

Eyre H, Kahn R, Robertson RM, FAHA and the ACS/ADA/AHA Collaborative Writing Committee. Preventing cancer, cardiovascular disease, and diabetes: a common agenda for the American Cancer Society, the American Diabetes Association, and the American Heart Association. *CA Cancer J Clin.* 2004; 54(4): 190-207.

Folkins CH, Sime WE. Physical fitness training and mental health. *Am J Psychol.* 1981; 36: 373-389.

Katzmarzyk PT, Janssen I. The economic costs associated with physical inactivity and obesity in Canada: an update. *Can J Appl Physiol.* 2004; 29(1): 90-115.

Knowler WC, Barret-Connor E, Fowler SE, Hamman RF, Lachin JM, Walker EA, Nathan DM, Diabetes Prevention Program Research Group. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med.* 2002; 346: 393-403.

Kraus WE et al. Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. *N Engl J Med.* 2002; 347(19): 1.483-1.492.

Shephard RJ, Balady GJ. Exercise as cardiovascular therapy. *Circulation.* 1999; 99(7): 963-972.

Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman D, Castañeda-Sceppa C. Physical activity/exercise and type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2004; 27(19): 2.518-2.539.

Stratton JR et al. Effects of physical conditioning on fibrinolytic variables and fibrinogen in young and old healthy adults. *Circulation.* 1991; 83: 1.692-1.697.

Thompson PD, et al. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease. *Circulation.* 2003; 107(24): 3.109-3.116.

Ussher MH, West R, Taylor AH, McEwen A. Exercise interventions for smoking cessation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2000;(3):CD002295

Prescripción del ejercicio. **Evaluación clínica médico-deportiva**

**C. Comellas
A. Gutiérrez**

Introducción

En la promoción de la salud, la actividad física o ejercicio físico es una de las medidas que contribuyen en gran medida a mejorar la esperanza y la calidad de vida de la población. El modo de vida actual ha llevado a una existencia cada vez más sedentaria.

Niveles moderados de ejercicio físico producen beneficios considerables, los médicos de atención primaria tienen el deber de informar a sus pacientes y aconsejar y prescribir ejercicio físico de forma adecuada.

La prescripción de ejercicio físico no es igual en todos los grupos de pacientes, dependerá de la edad, del sexo, de las preferencias y enfermedades de base existentes. La diabetes es una de las afecciones que pueden beneficiarse de una actividad física adecuada.

El objetivo de este apartado es constituir un instrumento válido para los profesionales que se interesen en el tema de actividad física y salud.

Evaluación médico-deportiva previa al ejercicio

Es importante realizar una valoración médica antes de iniciar el programa, así como una apropiada revisión médico-deportiva.

¿Por qué la evaluación médica?

- Para saber si existe cualquier enfermedad que pueda manifestarse o agravarse con el ejercicio. Hay personas que corren un alto riesgo al hacer ejercicio físico y deben limitarse a practicarlo únicamente con supervisión médica.
- La información obtenida en una evaluación médica puede usarse para desarrollar la planificación y programación del ejercicio y las posibilidades de rendimiento.
- Para la prevención de lesiones a nivel musculoesquelético.

Aunque una evaluación médica global es útil y deseable antes de la programación de ejercicios para todo el mundo, ésta es imprescindible para las personas de alto riesgo de enfermedades coronarias o de síntomas de trastornos cardiopulmonares o metabólicos, en hombres mayores de 40 años y mujeres mayores de 50.

Factores principales de riesgo coronario

A continuación, se enumeran los principales factores de riesgo coronario, según los datos del American College of Sports Medicine.

- Diagnóstico de hipertensión o presión arterial sistólica superior a 160 o diastólica superior a 90 mmHg, o con medicación antihipertensiva.
- Colesterol sérico superior a 6,20 mmol/L (superior a 240 mg/dL).
- Fumador.
- Diabetes mellitus.
- Historia familiar de enfermedades coronarias o de otras enfermedades ateroscleróticas en padres o en hermanos antes de los 55 años.

Sistemática de un examen médico-deportivo previo

Historia clínica

La realización de la historia clínica debe ser exhaustiva y detallada, y recabar los siguientes datos.

- Antecedentes familiares de interés: se debe indagar fundamentalmente sobre enfermedades coronarias, muerte súbita, diabetes y alteraciones lipídicas.
- Antecedentes patológicos personales: es preciso recabar información sobre las enfermedades padecidas y las actuales, ingresos hospitalarios, intervenciones quirúrgicas y medicaciones.
- Alergias.
- Hábitos tóxicos: alcohol, tabaco, otros...
- Alimentación: número de tomas al día, tipos de alimentos, cantidad de agua.
- Ritmo sueño/vigilia: horas de sueño, turno laboral, insomnio.
- Historial deportivo: deporte, nivel deportivo, ritmo de competiciones, número de horas de dedicación semanal, intensidad del entrenamiento.
- Historial laboral: tipo de trabajo (activo, sedentario), sustancias tóxicas.
- En mujeres: edad de la primera menstruación, cantidad de pérdidas mensuales, días entre ciclos, días de pérdidas, dolor. En deportistas mayores, edad de la menopausia.
- Preguntas guía:
 - ¿Cuándo se le ha efectuado la última analítica?

– ¿Ha tenido sensación de fatiga, edemas en las extremidades inferiores, tos persistente, hiperreactividad bronquial, asma de esfuerzo, disnea nocturna, taquicardia ante pequeños esfuerzos...?

– ¿Algún médico le ha diagnosticado un problema cardiaco?
¿Ha notado dolor en el pecho al realizar algún esfuerzo o en reposo durante el último mes?

– ¿Ha perdido el conocimiento o el equilibrio por sentirse mareado?

– ¿Padece alguna alergias cutáneas o respiratorias?

– ¿Ha sufrido fracturas, artrosis, dolor articular inespecífico, osteoporosis...?

Cineantropometría.

Estudio de la composición corporal

Se trata de una serie de medidas protocolizadas que sirven para determinar unos parámetros que, al compararlas con el resto de la población, pueden ayudar al conocimiento de las características físicas de los deportistas.

- El índice de masa corporal diagnosticará un bajo peso en relación con la talla, sobrepeso o un grado de obesidad. Detecta estados de malnutrición, sobrealimentación o trastornos de conducta alimentaria.

- Relación peso-talla según la edad, talla superior a la normal, igual o inferior.

- Composición corporal: más que la relación peso-talla, en los deportistas proporciona una mejor información la composición corporal, que permite valorar el porcentaje de grasa, el muscular y el óseo. Lo ideal es un porcentaje graso pequeño y uno bueno muscular. Esto informará de la constitución del individuo o somatotipo, si su constitución es predominantemente mesomórfica, ectomórfica o endomórfica.

Los resultados obtenidos en el estudio se pueden comparar con la constitución de los deportistas del mismo deporte, lo que permite el consejo deportivo considerando su constitución y el deporte escogido.

La cineantropometría no es un estudio imprescindible para el deportista recreativo, pero sí que resulta estimulante en las revisiones posteriores poder valorar los cambios en su constitución.

Dinamometría

- Estudio de la fuerza, extremidades superiores, columna y extremidades inferiores.
- Fuerza explosiva, fuerza de resistencia.
- Hay multitud de programas, de protocolos y de aparatos dinamométricos. Para deportistas de competición, se suele utilizar la plataforma de fuerzas tipo test de Bosco.

Espirometría basal

Se trata de una prueba de valoración funcional respiratoria, que mide los flujos y volúmenes respiratorios. Se ha de realizar sistemáticamente a todos los deportistas, ya que patrones restrictivos en un 20% respecto a los valores de referencia hacen necesario un estudio de hiperactividad bronquial ante el esfuerzo.

En estos casos, se hará la prueba de esfuerzo con analizador de gases, con espirometría previa y postesfuerzo a 5, 10 y 20 minutos, valorando si aumenta la restricción de los parámetros ventilatorios. Si es positivo, será necesaria una nueva prueba con broncodilatadores, para determinar el grado de patología y orientación diagnóstica.

Electrocardiograma en reposo

- Frecuencia cardiaca, intervalo PR, QRS y QT.
- Morfología de la P del complejo QRS y onda T.
- Determinación del eje cardiaco.

Hay anomalías electrocardiográficas, control del ritmo, bloqueos y lesiones isquémicas que contraindican la realización de la prueba de esfuerzo.

Exploración por aparatos y sistemas

Aparato cardiocirculatorio

- Control tensional, una presión arterial superior a 200 mmHg/120 ya contraindica la práctica de la prueba de esfuerzo.
- Frecuencia cardiaca en reposo, normal, bradicardia, taquicardia.
- Auscultación cardiaca, control del ritmo, soplos, latidos anormales, una arritmia ventricular no controlada es una contraindicación absoluta para realizar la prueba de esfuerzo.
- Pulsos periféricos.
- Valoración del retorno venoso, presencia de insuficiencia vascular extremidades inferiores o varices. Electrocardiograma en reposo ya comentado.

Aparato respiratorio

- Auscultación pulmonar (frecuencia respiratoria).
- Control vías respiratorias, buena permeabilidad nasal, desviaciones del tabique nasal.
- Control caja torácica, tórax en quilla, tórax *escabatum*, índice de movilidad torácica, superior e inferior o diafragmática.
- Espirometría en reposo ya comentada.

Aparato digestivo

- Palpación abdominal, control de masas o visceromegalias. Valorar la presencia de hernias.

Palpación de ganglios linfáticos

- Presencia de adenopatías o adenitis.

Examen neurológico

- Sensibilidad, zonas de anestesia o hiperestesia.

- Reflejos, hiporreflexia, hiperreflexia, abolición de reflejos.
- Fuerza y tono muscular, amiotrofia, hipertrofia, espasticidad.

Funciones sensoriales

- Trastornos de visión, conjuntivitis.
- Trastornos de audición, sordera, hipoacusia.

Piel

- Micosis, pie de atleta, acné.
- Eccemas, atopia, eritemas, dermatitis, etc.

Estudio otorrinolaringológico

- Rinitis, sinusitis, otitis, amigdalitis.

Exploración dental

- Estructuración dentaria, caries.

Estudio del aparato locomotor

Flexibilidad

- Buscar desequilibrios musculares, músculos que tienen tendencia al acortamiento, isquiotibiales, gemelos, paravertebrales, recto anterior del cuádriceps, extensores de muñeca, extensores de los dedos de los pies.
- Hiperlaxitud.

Fuerza muscular

- Musculatura débil, frecuentemente los abdominales y el vasto interno del cuádriceps.
- Contracturas.

Movilidad articular

- Control comparativo bilateral de las articulaciones.

Columna vertebral

- En bipedestación: control pélvico, si hay disimetrías de extremidades inferiores.
- Desviaciones, actitud postural escoliótica, escoliosis, hiperlordosis, hipercifosis.

Cadera

- Eje normal o *coxa vara*, *coxa valga*. Anomalía rotacional de extremidades inferiores.

Rodilla

- Eje normal, *genu varo*, *genu valgo*, *genu recurvatum*, *genu flexum*.

Pies

- Las callosidades, si las hay, pueden proporcionar una importante información del apoyo plantar, así como también el calzado usado.
- Podoscopio o control dinámico plantar, plataforma de fuerzas.

Realización de la prueba de esfuerzo: ergometría

- Valoración funcional de la capacidad de trabajo físico y de las variables fisiológicas de potencia y resistencia.
- Los objetivos son valorar la aptitud para el ejercicio, la respuesta cardiorrespiratoria individual al ejercicio y el rendimiento, y detectar problemas en la respuesta al esfuerzo. Establecer un diagnóstico funcional.
- Es necesario que el deportista esté en todo momento monitorizado para valorar el trazado electrocardiográfico en ejercicio y en la fase de recuperación.
- La prueba de esfuerzo consiste en la administración de cargas progresivas de trabajo con intensidades crecientes que se aplicarán hasta alcanzar el nivel submáximo del rendimiento.

- El protocolo del test elegido es necesario que sea el indicado para su nivel deportivo, deporte que practica y edad.
- Ha de ser un protocolo estándar que se pueda repetir en diferentes ocasiones, que tenga fiabilidad y validez. Tiene que respetar los derechos del deportista y que pueda proporcionar una interpretación directa de los resultados.

Aplicaciones prácticas

Los médicos de familia tienen el deber de «prescribir» actividad física, lo que es muy distinto de «aconsejar» actividad física. La prescripción es más individualizada en función de las características del paciente, profesión y horarios.

En el documento marco para la elaboración del Plan de Salud de Cataluña en 1991, se establece que en el año 2000 todos los profesionales de la salud conocerán la importancia de la práctica de ejercicio físico regular para la salud de la población y que seguramente tendrán que prescribir ejercicio físico a un 50% de sus pacientes.

Es importante incorporar en la historia clínica habitual la pregunta sobre el nivel de actividad física; es bueno identificar a los pacientes que no alcancen el nivel, intentar que estos pacientes adopten un programa de ejercicio físico regular, ayudar al paciente a escoger el tipo de actividad más eficaz para su salud y establecer objetivos realistas y a corto plazo.

No es habitual que el médico de familia pueda realizar una valoración tan exhaustiva como la explicada anteriormente, pero sí que puede servir de pauta de valoración:

1. La historia clínica y preguntas guía es prácticamente la misma que las de valoración de salud, tan sólo hace falta añadir algunos parámetros.

2. Espirometría, imprescindible en pacientes con problemas respiratorios, bronconeumopatías crónicas, asma alérgica, etcétera.

3. Cineantropometría; no es necesario llevar a cabo todas las valoraciones, pero sí que es aconsejable conocer el índice de masa corporal propuesto por la OMS:

$$\text{Índice de masa corporal} = \frac{\text{Peso (kg)}}{[(\text{Estatura (m)})]^2}$$

Normal: 18,5-24,9

Obesidad grado 1: 25-29,9

Obesidad grado 2: 30-39,9

Obesidad grado 3: $\geq 40,0$

4. El electrocardiograma es imprescindible en cualquier edad. Existen diferentes opiniones, aunque últimamente se considera en muchos artículos como imprescindible, ya que sirve para identificar a las personas que necesitan una valoración más detallada; si hay antecedentes de muerte súbita en un familiar directo antes de los 40 años, se aconseja un ecocardiograma.

5. Frecuencia cardíaca y presión arterial.

6. Auscultación cardíaca y respiratoria en reposo, pulsos periféricos.

7. Exploración neurológica, reflejos, tono muscular.

8. Control del aparato locomotor, sobre todo en problemas de columna o de eje de extremidades inferiores.

9. Prueba de esfuerzo, para determinar el comportamiento cardiorrespiratorio durante el ejercicio y la recuperación.

Test de Harvard

Se trata de subir y bajar de un taburete de 40 cm para las mujeres, de 50 cm para los hombres y de 35 cm para los niños menores de 12 años, siguiendo el ritmo de un metrónomo a 120.

Si es posible, debe ser monitorizado, si no lo es, debe utilizarse pulsímetro.

Se valora el índice cardiaco o capacidad cardiaca para hacer ejercicio.

Valoraciones previas: presión arterial en reposo y frecuencia cardiaca en reposo.

Ejecución de la prueba: subir y bajar del taburete a ritmo del metrónomo durante 3 minutos. Al acabar, parar y sentarse.

Valoraciones: presión arterial postejercicio. Frecuencia cardiaca al final, a un minuto de la recuperación y al minuto y medio.

La frecuencia cardiaca del minuto y medio se ha de dividir por dos (si es 100 será 50) y a este valor le llamamos P1, que es un valor necesario para el resultado final.

La fórmula de este protocolo es:

Índice cardiaco= Índice cardiaco: $(18.000/5,5 \times P1)$

Los resultados se interpretan según los siguientes datos:

Excelente, más de 90.

Bueno entre, 80 y 89.

Normal entre, 65 y 79.

Regular entre, 55 y 64.

Bajo, menor de 55.

Se valora de nuevo la recuperación de la frecuencia cardiaca y la presión arterial.

Explicaciones de los resultados

Aptitud para la práctica deportiva, deporte más aconsejado según su edad y nivel deportivo, la intensidad más correcta, la duración, la frecuencia y el ritmo de progresión.

Las mejoras que se quieren conseguir y en qué ayudarán en las actividades de la vida diaria.

Si presenta un resultado bajo, se aconseja una mayor valoración con un protocolo tipo Bruce o con cinta ergonómica y con osciloscopio. Hay una serie de patologías de riesgo que, si están asociadas a diabetes, pueden requerir este tipo de prueba de esfuerzo, como son cardiopatías e hipertensión no controlada.

Recomendaciones para aumentar el nivel de actividad física

1. Tipo de actividad. Las más aconsejables son las dinámicas, con la participación de grandes grupos musculares, y aeróbicas, es decir, sin déficit de oxígeno (se puede mantener una charla mientras se realizan, como correr despacio, caminar, nadar, bicicleta, etc.).

2. Intensidad de ejercicio: debe ser individualizada para cada persona y ha de ser suficiente para proporcionar una mejora, pero sin cansar demasiado (50-60% del consumo máximo de oxígeno).

3. Duración del ejercicio, de 30 y 60 minutos, continuo o intermitente.

4. La frecuencia debe ser de 3 a 5 días por semana.

5. Se ha de programar una progresión correcta según el nivel de cada persona.

«Hay un ejercicio físico correcto y aconsejado para cada uno»

Cualquier tipo de actividad física ha de estar relacionada con la edad, el sexo, la fisiología y los antecedentes patológicos. A los pacientes afectados de hipertensión arterial, cardiopatías, diabetes, estrés u osteoporosis, se debe prescribir actividad física regular y pautarla como agente terapéutico.

Contraindicaciones para la práctica deportiva

1. Todos los procesos evolutivos malignos.
2. Cardiopatías: insuficiencia ventricular izquierda grave, cardiopatía descompensada, flúter y fibrilación auricular, bloqueo auriculoventricular, extrasístoles lesionales (multifocales, bigeminismo, R sobre T), taquicardia ventricular, estenosis mitral, cardiopatía obstructiva, ángor espontáneo e infartos complicados (asistolia, aneurismas, extrasístoles, hipertensión arterial).
3. Endocrinología: tetania hipocalcémica.
4. Neurología: miopatías, miastenia, esclerosis lateral amiotrófica, siringomielia.
5. Hematológica: enfermedad de Vaquez, hemopatías malignas.

Hay contraindicaciones temporales, como los procesos infecciosos, pericarditis, tuberculosis, hipertiroidismo asociado a taquicardias, meningitis, hernia inguinal hasta que se efectúe el tratamiento quirúrgico...

Posible plantilla de revisión médico-deportiva

| | | |
|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Datos personales | Nombre | |
| | Fecha de nacimiento | |
| | Deporte que practica | |
| Anamnesis | Antecedentes familiares | |
| | Antecedentes patológicos propios | |
| | Antecedentes quirúrgicos | |
| | Medicaciones | |
| | Hábitos tóxicos | |
| | Relación sueño/vigilia | |
| | Antecedentes ginecológicos | |
| Peso | Talla | Índice de masa corporal |
| Frecuencia cardiaca en reposo | | Presión arterial en reposo |
| Espirometría | | |
| Electrocardiograma en reposo | | |
| Auscultación cardiaca | | |
| Auscultación respiratoria | | Permeabilidad nasal |
| Palpación de pulsos periféricos | | |
| Palpación abdominal | | |
| Tono muscular | | |
| Piel | | |
| Pupilas | | |
| Control odontológico | | |
| Control agudeza visual | | |
| Control otorrinolaringológico | | |
| Flexibilidad | | |
| Fuerza muscular | | |
| Movilidad articular | | |
| Columna vertebral | | |
| Cadera | Rodilla | Pies |

Test de Harvard

Frecuencia cardiaca
en reposo

Inmediatamente
después de ejercicio
Recuperación 1^{er} minuto
Recuperación 3^{er} minuto

Presión arterial
en reposo

Inmediatamente
después de ejercicio
Recuperación 1^{er} minuto
Recuperación 3^{er} minuto

Índice cardiaco

Ritmo durante el test

Observaciones sobre los resultados

Prescripción del ejercicio. **Métodos de adhesión y motivación**

P. Alastrue

Cómo motivar la práctica deportiva

Introducción

Es sabido por todos que la práctica regular de deporte o actividad física es muy beneficiosa para el organismo. Recibimos constantemente información sobre las ventajas del ejercicio físico y nos previenen de las posibles consecuencias negativas del sedentarismo. Pero lo cierto es que todavía una gran parte de la población no hace ningún tipo de ejercicio físico de forma regular. No se trata, pues, de una cuestión de desinformación. Como tampoco es un problema de falta de oferta, ya que constantemente nos llegan promociones y ofertas para acceder a instalaciones deportivas con bajo coste y con unas infraestructuras adecuadas a cualquier usuario.

Por lo tanto, ¿a qué se debe el hecho de que la gente no haga lo que sabe que le puede beneficiar y que, además, puede evitarle riesgos y alteraciones para su organismo?, y lo que resulta más preocupante, ¿qué lleva a una persona a abandonar una actividad física tiempo después de haberla iniciado?

Para encontrar respuestas a estas preguntas habrá que considerar aspectos propios de la persona como la motivación, las expectativas, impedimentos para la práctica deportiva, personalidad... Si, desde el punto de vista médico, se considera oportuno reco-

mendar un programa de actividad física a una persona con diabetes o informar a los pacientes con riesgo de ser diabéticos de que el ejercicio puede prevenir la diabetes, antes habrá que considerar todos estos factores para poder orientar de forma efectiva a la persona y garantizar su adhesión al ejercicio físico regular.

Aspectos que se deben tener en cuenta ante la intención de practicar ejercicio físico

Motivación

Es necesario conocer qué es lo que realmente motiva a la persona que necesita ser tratada. Algunos pacientes no tienen ningún tipo de interés hacia los programas de ejercicio físico. En estos casos, se diría que la persona no está motivada.

Esta afirmación es parcialmente cierta, ya que se puede considerar que esta persona no cree que la actividad física o el deporte puedan satisfacer ninguna de sus necesidades básicas.

Un principio elemental de la motivación es el siguiente principio: *«lo que motiva a una persona es satisfacer sus necesidades»*.

Es decir, si se tiene en cuenta esta afirmación, resulta evidente e imprescindible saber cuáles son las necesidades del paciente y si dentro de éstas se encuentra la práctica deportiva. En el caso de que la persona encuentre necesario practicar deporte, también hay que plantearse con qué intención lo hace (estética, salud, vida social, diversión, para reducir el riesgo de complicaciones de la diabetes, para intentar mejorar el control metabólico de su diabetes, mantener el peso, disminuir la ansiedad...).

Se trata, pues, de averiguar de qué manera la práctica del deporte puede garantizar que estas necesidades realmente se cubran y hacer que la persona se dé cuenta de ello. Por ejemplo, si una persona está poco motivada por su imagen física pero mucho por hacer nuevas amistades, el aeróbic le resultará poco

motivador porque le supone mucho esfuerzo; en cambio, una clase de gimnasia suave le puede garantizar que va a cubrir sus necesidades sin ningún tipo de inconvenientes.

Objetivos

Otro de los términos utilizados para nombrar las necesidades es el de objetivos. Lo que motiva a la gente es conseguir aquello que se ha marcado, sus metas. Evidentemente hay objetivos que no son percibidos por la persona como una necesidad, pero los que son considerados como algo necesario son los que la persona busca con más determinación y son los que inducen a una conducta perseverante.

Muchas veces una persona es demasiado exigente con sus metas y se crea unas expectativas que son desmesuradas sobre los beneficios que la práctica deportiva le puede reportar a corto plazo. Esto, indefectiblemente, conlleva el abandono, ya que ve cómo sus objetivos quedan lejos, provocándole frustración. Por otro lado, los objetivos que resultan demasiado fáciles de conseguir son percibidos por la persona como poco motivadores, por lo que el reto se desvanece. Si una persona a la que se le recomienda hacer ejercicio manifiesta unas metas desajustadas, ya sea por exceso o bien por defecto, hay que hacerle reflexionar y mostrarle que de esta manera no podrá mantener su interés y optará rápidamente por abandonar.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que los objetivos han de estar muy bien definidos, entendiendo que hay objetivos a largo, medio y corto plazo.

Muchas veces las personas se plantean objetivos a largo plazo pero no consideran los objetivos intermedios, ni piensan en cuáles van a ser las metas cotidianas para que finalmente se pueda conseguir el objetivo. Por ello, es preciso mentalizar a la persona de que ha de considerar cuáles son los pequeños pasos que diariamente ha de seguir para que obtenga su meta final.

Evaluación de la intención de practicar ejercicio físico

Aunque se puede realizar esta evaluación de muchas formas, a continuación se presenta una propuesta de aspectos del paciente que deben ser valorados después de haberle informado de la necesidad de practicar alguna actividad física. A partir de esta referencia, se puede estructurar la evaluación como mejor convenga.

Principalmente se evaluará:

- *Historial de actividad física*: sería conveniente saber cuántas veces ha iniciado y abandonado los diferentes programas de ejercicios. También se debe comprobar si había practicado deporte durante la infancia y/o la juventud.

- *Los motivos*: éste es el apartado en el que se deben valorar cuáles son sus motivaciones. En el caso de que no manifieste ninguna, debería recordársele cuáles pueden ser, como por ejemplo mejorar el control metabólico de su diabetes, la imagen corporal, la salud, hacer nuevas amistades, relajarse, buscar tiempo para uno mismo...

- *Los objetivos*: para poder evaluar este apartado se puede formular la siguiente pregunta: ¿Qué querría usted conseguir haciendo ejercicio, en tres meses? Resulta necesario recoger los objetivos con detalle e intuir si son desmesurados o demasiado fáciles de conseguir. Si se detecta una falta de coherencia en este apartado hay que comunicarlo e intentar ajustarlos a la realidad. Recuérdese que es necesario considerar tanto los objetivos a largo plazo como los objetivos a medio y a corto plazo.

- *Autoeficacia percibida*: hay personas que no se ven capaces de hacer ejercicio físico, tal vez por que, simplemente, no han hecho nunca deporte. El sentimiento del ridículo, de falta de capacidad, el miedo a tener hipoglucemia o las malas experiencias previas pueden hacer que una persona no quiera hacer actividad física.

• *Barreras*: una vez recogida toda esta información, hace falta considerar el último aspecto, los impedimentos. Muchas veces, las personas pasan por alto las dificultades reales y diarias que pueden surgir para practicar ejercicio. Hay que conseguir que el paciente verbalice cuáles son las barreras para que sea consciente de ellas, ya que de esta forma se evitarán frustraciones y abandonos por no haber ajustado suficientemente los factores de *voluntad de practicar ejercicio con posibilidad de practicar ejercicio*. Algunas de las barreras más frecuentes son:

- Percepción de falta de tiempo.
- Sensación de cansancio.
- Obligaciones familiares.
- Fuerza de voluntad.
- Accesibilidad a las instalaciones.
- Dificultad económica.
- Falta de apoyo social.

Una vez considerados todos estos puntos, ya se está en disposición de recomendarle una actividad física.

Recomendar la práctica deportiva

Uno de los hechos que pueden condicionar la decisión de practicar o no deporte es la información disponible. Es necesario hacer saber al paciente diabético cuáles son las ventajas y características de la práctica deportiva o del ejercicio físico regular. Del mismo modo, es conveniente describir la actividad que se le está recomendando. Es preciso conocer las características de cada actividad física para que cuando se aconseje, se sepa a ciencia cierta que se ajusta a las necesidades de la persona y que no le provocarán ningún inconveniente.

Sería muy adecuado que el médico pudiera ofrecer la primera orientación sobre cuál sería la actividad física más recomendable para el paciente.

Como última consideración, resulta imprescindible que se derive a los pacientes a centros deportivos y clubes especializados, con profesionales realmente formados y que sean conocedores de las características de la persona en concreto.

Para poder valorar lo que le supone a un paciente diabético hacer ejercicio, podría responder al siguiente cuestionario (adaptado del libro de la ADA):

Perfil de actividad:

1. Mi día normal cuenta con

..... horas de sueño

..... horas de poca actividad (leer, conducir, ver la televisión...)

..... horas de actividad moderada (andar, cuidar el jardín, trabajo doméstico...)

..... horas de actividad intensa (ejercicio aeróbico, trabajos pesados, deportes de competición...)

2. Las actividades físicas que más me divierten son:

.....

3. Las actividades físicas que me gustaría aprender son:

.....

4. Percibo los factores siguientes como obstáculos a la hora de hacer ejercicio (marcar los que convenga):

..... tiempo

..... poco apoyo familiar

..... edad

..... dolor al hacer ejercicio

..... dinero

..... poca habilidad/coordinación

..... artritis

..... poca energía

..... miedo a la hipoglucemia

..... falta de instalaciones adecuadas

..... aburrimiento

Bibliografía

American College of Sports Medicine. Guidelines of exercise testing and prescription, 4.^a ed. Filadelfia: Lea and Febiger, 1998.

Anderson BJ, Rubin RR, ed. Psicología práctica en diabetes. Barcelona: American Diabetes Association. Ed. Medical Trends, S.L., 2003.

Capdevila LI. Actividad física y estilo de vida saludable. Barcelona: UAB, 1999.

Caspersen CJ, Powel KE, Christenson GM. Physical Activity, Exercise, and physical fitness. Public Health Rep. 1985.

Costill D. Fisiología del esfuerzo y el deporte. Barcelona: Paidotribo, 2002.

Cruz J. Psicología del deporte. Barcelona: Martínez Roca, 1997.

Drobnic F, González de Suso JM, Martínez García JL. Bases científicas para un óptimo rendimiento. Girona: Masferfarm, 2004.

Martínez Lopez E. Pruebas de aptitud física. Barcelona: Paidotribo, 2002.

Serra Majem LL. Consejo y prescripción de ejercicio físico como instrumento de promoción de la salud en atención primaria. Temas actuales de actividad física y salud. Barcelona: Menarini, 2000.

Viadé A. Psicología del rendimiento físico. Barcelona: Editorial UOC, 2003.

Williams JM. Psicología del deporte. Madrid: Biblioteca Nueva, 1991.

Prescripción del ejercicio físico en la diabetes.

Aplicación de programas de ejercicio

S. Murillo

Introducción

La prescripción del ejercicio es una práctica individual en la cual se debe lograr la correcta interacción entre el conocimiento científico y las técnicas de comportamiento. Su aplicación debe realizarse de una forma flexible, con el objetivo de incrementar la adherencia a largo plazo al programa propuesto y la consecución de los objetivos individuales marcados inicialmente.

Si bien se basa en la ciencia, y en su evidencia, la finalidad de la prescripción es lograr un cambio de comportamiento del individuo para que incorpore el ejercicio dentro de sus hábitos. El profesional que prescribe ejercicio debe intervenir sobre el perfil de salud y el comportamiento de un individuo que ha tomado la decisión de iniciar la práctica de ejercicio físico regular, y para ello deberá aplicar todas las herramientas disponibles con el fin de reforzar sus motivaciones.

En el caso del paciente con diabetes, el objetivo de salud adquiere una gran importancia al ser el ejercicio una parte del tratamiento. Además, aporta otra serie de efectos positivos asociados a la prevención de complicaciones, como son la mejora de la

forma física, reducción del riesgo cardiovascular, disminución de la grasa corporal y, en algunos casos, la mejora del control glucémico. También produce interesantes beneficios psicológicos, de gran ayuda para facilitar la adaptación a la enfermedad.

Por otro lado, no se debe olvidar que la práctica de ejercicio físico puede comportar una serie de riesgos. La recomendación de que los pacientes con diabetes participen en programas de ejercicio se basa en el hecho de que los beneficios superan ampliamente los riesgos.

La prescripción de ejercicio debe considerar los potenciales riesgos y conseguir los máximos beneficios mediante una adecuada selección de los individuos, un buen diseño del programa de ejercicio, monitorización del proceso y una correcta educación del paciente.

Elementos de la condición física relacionados con la salud

Habitualmente, se ha considerado el nivel de condición cardiorespiratoria del individuo como un indicador de salud. En realidad, los cambios en el estado clínico de un individuo no siempre se asocian a cambios en su consumo de oxígeno. Estudios recientes demuestran que la participación en programas de ejercicio de intensidad suave a moderada (los cuales tienen un bajo efecto sobre el consumo máximo de oxígeno) puede tener un efecto beneficioso en la prevención de diferentes enfermedades, incluyendo enfermedad cardiovascular, hipertensión o diabetes tipo 2.

Por ello, en el diseño de un programa de ejercicio se deben tener en cuenta todos los elementos de la condición física relacionados con la salud, no sólo aquellos relacionados con el consumo de oxígeno. Estos elementos son:

– Resistencia cardiorrespiratoria: capacidad de realizar trabajos que impliquen la participación de grandes grupos musculares a lo largo de periodos prolongados. Es básica en el mantenimiento de la salud cardiovascular.

– Fuerza-resistencia muscular: capacidad del músculo para realizar una tensión o fuerza submáxima de forma repetida o para mantener una contracción muscular durante un periodo prolongado.

– Flexibilidad: capacidad funcional de las articulaciones de moverse a lo largo de todo su arco de movimientos.

– Composición corporal: se utiliza el porcentaje de masa corporal grasa como indicador para evaluar la composición corporal de una persona. Los porcentajes óptimos se sitúan por debajo del 15% en hombres y del 22% en mujeres. Se considera obeso cuando el porcentaje es superior al 25% en hombres y al 33% en mujeres.

El programa de ejercicio debe fraccionarse mediante la práctica de diferentes tipos de ejercicio que permitan trabajar cada uno de estos elementos de la condición física que provocarán beneficios para la salud.

Por otro lado, existen otros elementos de la condición física, como son la velocidad, el equilibrio, la coordinación o la potencia, que no están relacionados con la salud, sino con el rendimiento físico. Estos elementos no serán objetivos directos del programa de entrenamiento.

Para conseguir la mejora de estos elementos de la condición física, la prescripción de ejercicio deberá considerar factores como son el tipo de ejercicio, duración, intensidad, el ritmo de progresión o el horario del ejercicio. Estos factores se denomi-

nan «componentes de la prescripción de ejercicio físico». La adaptación de estos factores, según las características y necesidades de cada paciente, permite la seguridad y la efectividad de ejercicio al paciente diabético.

Programa para la mejora de la resistencia cardiorrespiratoria

La resistencia cardiorrespiratoria es considerada como el componente más importante de la forma física. Esto se debe al gran número de beneficios que produce y a la reducción de los factores de riesgo cardiovascular que se ocasionan al incrementar su nivel.

Según el American College of Sports Medicine (ACSM) y la American Diabetes Association (ADA), los componentes que debe incluir una prescripción de ejercicio físico para la mejora de la resistencia cardiorrespiratoria son:

- Tipo (o tipos) de ejercicio.
- Intensidad.
- Duración.
- Frecuencia.
- Ritmo de progresión.
- Horario.

Tipo de ejercicio

Se consideran idóneas las actividades aeróbicas, aquellas de carácter más o menos intenso que implican la participación de grandes grupos musculares durante periodos prolongados. Por ejemplo, caminar, correr, nadar, ciclismo, esquí de fondo, patinaje, baile, montañismo, *trekking*, etc.

Uno de los objetivos de la prescripción es lograr un incremento del consumo calórico total del individuo. El mínimo debe ser de unas 700 Kcal por semana, siendo recomendado superar las

2.000 Kcal. Para ello es necesario adaptar los diferentes componentes de la prescripción (frecuencia, intensidad, duración y tipo de ejercicio) teniendo siempre en cuenta las características de cada paciente (tabla 1).

Las actividades aeróbicas que requieren carrera o saltos se consideran de alto impacto (tabla 2). Generalmente, estas actividades se asocian a una mayor incidencia de lesiones musculoesqueléticas (especialmente en principiantes o con sobrepeso). Este riesgo se hace especialmente evidente en ancianos y, en cualquier caso, debe ser considerado en pacientes con neuropatía periférica.

En las etapas iniciales de un programa de ejercicio, puede ser preciso un control estricto de la intensidad del ejercicio (sobre todo en pacientes con complicaciones de la diabetes). Para ello se indicarán actividades que puedan realizarse con una intensidad constante. Entre estas actividades, se incluye caminar o bicicleta estática.

Intensidad

Es el porcentaje de la capacidad máxima a la que se debe realizar el ejercicio. Es el componente del ejercicio más difícil de prescribir.

En la prescripción de la intensidad, siempre se debe tener en cuenta la duración del ejercicio. El producto de la intensidad y la duración se denomina volumen de entrenamiento y se considera como el factor determinante de la mejora de la condición física.

De ello deriva que la mejora sea similar cuando se realizan actividades de baja intensidad pero de larga duración que cuando la duración es corta pero la intensidad es alta, siempre y cuando el coste total de la actividad (expresado en kcal) sea similar.

Tabla 1. Gasto energético de diferentes actividades

| Actividad | MET* | kcal por hora** |
|---------------------------------|-------------|------------------------|
| Aeróbic | 6-9 | 440-660 |
| Alpinismo | 4-8 | 300-600 |
| Bowling | 2-4 | 150-300 |
| Baile | 3-7 | 220-510 |
| Balonmano | 8-12 | 600-880 |
| Caminar (a 3 km/h) | 2 | 150 |
| Caminar (a 6 km/h) | 4,5 | 330 |
| Caminar (a 6 km/h en pendiente) | 6 | 440 |
| Cavar | 4-7 | 300-510 |
| Ciclismo (<15 km/h) | 3-6 | 220-440 |
| Ciclismo (>15 km/h) | 6-8 | 440-600 |
| Correr (8 km/h) | 8,7 | 640 |
| Correr (10 km/h) | 10,2 | 750 |
| Correr (15 km/h) | 16,3 | 1.200 |
| Cortar césped | 3-8 | 220-600 |
| Esquí alpino | 5-8 | 370-600 |
| Esquí de fondo | 6-12 | 440-880 |
| Fútbol | 5-12 | 370-880 |
| Gimnasia | 3-8 | 220-600 |
| Golf | 2-3 | 150-220 |
| Juegos de mesa | 2-3 | 150-220 |
| Montañismo | 3-7 | 220-510 |
| Natación (moderado) | 4-6 | 300-440 |
| Natación (intenso) | 6-8 | 440-600 |
| Pesca | 1,5-3 | 110-220 |
| Patinaje | 5-8 | 370-600 |
| Remo | 3-6 | 220-440 |
| Relación sexual | 2-5 | 150-370 |
| Tenis | 4-9 | 300-660 |
| Trabajo de oficina | 1,5-2,5 | 110-180 |
| Voleibol | 3-6 | 220-440 |

*1 MET: tasa de metabolismo basal, 3,5 mL O₂/kg peso/minuto.

**Las calorías gastadas durante una determinada actividad están calculadas para un individuo de 70 kg.

Tabla 2. Ejemplos de actividades aeróbicas según el impacto musculoesquelético (basado en Pollock y Gilmore, 1990)

| Impacto bajo | Impacto alto |
|----------------------------|---------------------------|
| Caminar | Correr |
| Ciclismo | Básquet, voleibol |
| Bicicleta estática | Saltar a la cuerda |
| Natación, juegos acuáticos | Actividades de salto |
| Remo | Aeróbic (de alto impacto) |
| Aeróbic (de bajo impacto) | Esquí alpino |
| Esquí de fondo | |

Además, es indiferente si la actividad es continua o discontinua. El efecto de un ejercicio fraccionado en diferentes sesiones a lo largo de un día es equivalente al que se realiza en una sola sesión.

Por otro lado, los ejercicios realizados con alta intensidad se asocian a un mayor riesgo cardiovascular y de lesiones musculoesqueléticas y, además, suelen tener unos niveles de adherencia más bajos que aquellos realizados con baja intensidad.

De acuerdo con el American College of Medicine Exercise (ACSM) se necesita realizar ejercicios con un mínimo del 55-65% de la frecuencia cardiaca máxima ($FC_{máx.}$) para conseguir mejoras en el consumo de oxígeno de un individuo.

Esto depende de las condiciones de cada individuo y, por ello, aquellas personas con un bajo nivel de forma física al inicio del programa de entrenamiento pueden conseguir una gran mejora al realizar ejercicios por debajo del 55-65% de la $FC_{máx.}$. En cambio, individuos con un buen nivel de entrenamiento requerirán intensidades superiores.

En conclusión, el ACSM recomienda intensidades de ejercicio para adultos sanos alrededor del 55-90% de la $FC_{máx.}$. Dado el incre-

mento de riesgo asociado al aumento de la intensidad en el ejercicio, los programas de ejercicio para pacientes con diabetes deberán primar la prescripción de ejercicios con baja o moderada intensidad. Si las complicaciones de la diabetes lo permiten, se recomienda que el ejercicio sea prescrito con una intensidad que corresponda al 55-79% de la $FC_{m\acute{a}x}$, o bien al 40-74% de la FC de reserva.

Se suelen utilizar diferentes métodos para prescribir y monitorizar la intensidad del ejercicio. Éstas son la frecuencia cardiaca, el consumo de oxígeno y la escala de percepción del esfuerzo (EPE). Los pacientes normalmente encuentran fácil la utilización tanto de la frecuencia cardiaca como de la EPE y por tanto serán los métodos más indicados.

El uso de la frecuencia cardiaca como método en la prescripción del ejercicio se basa en la relación lineal existente entre el ritmo cardiaco y la intensidad del ejercicio. A medida que se incrementa la intensidad de un ejercicio, aumenta también la frecuencia cardiaca del individuo (esto ocurre en ejercicios aeróbicos continuos).

La prescripción se realiza a partir de la $FC_{m\acute{a}x}$, la cual de forma ideal se debería obtener como resultado de una prueba de esfuerzo. Esto sería recomendable para los pacientes con complicaciones cardiovasculares, neuropatía autonómica o aquellos tratados con medicaciones que puedan alterar la respuesta cardiaca al ejercicio (como betabloqueadores).

En la mayoría de los casos no es posible conocer la verdadera $FC_{m\acute{a}x}$ y, por lo tanto, se deberá estimar mediante una ecuación:

$$FC_{m\acute{a}x} = 220 - \text{edad (en años)}.$$

Los dos métodos más comunes para prescribir los objetivos de frecuencia cardiaca durante el ejercicio son el método del por-

centaje de la $FC_{\text{máx}}$ y el método del porcentaje de la FC de reserva.

El método del porcentaje de la $FC_{\text{máx}}$ se basa simplemente en multiplicar la $FC_{\text{máx}}$ por los porcentajes recomendados (por 0,55 y 0,79) para determinar el límite máximo y mínimo de frecuencia cardiaca durante el ejercicio.

El método del porcentaje de la FC de reserva necesita conocer la FC de reposo del individuo y la $FC_{\text{máx}}$ (real o teórica). Los límites máximo y mínimo se establecerán según las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} \text{Límite bajo: } & 0,4 (FC_{\text{máx}} - \text{FC de reposo}) + \text{FC de reposo} \\ \text{Límite alto: } & 0,74 (FC_{\text{máx}} - \text{FC de reposo}) + \text{FC de reposo} \end{aligned}$$

Por otro lado, el uso de escalas de percepción del esfuerzo (EPE) es otro método válido para prescribir y monitorizar la intensidad del ejercicio. Habitualmente, se suele utilizar junto con la monitorización de la frecuencia cardiaca y de forma única en aquellos pacientes en los que no es clínicamente indicado conocer la frecuencia cardiaca.

La escala más utilizada suele ser la escala de Borg 6-20 (tabla 3).

Duración

Su relación es inversa a la intensidad del ejercicio. Para programas de 3 a 5 sesiones semanales con intensidad ligera o moderada (55-79% de la $FC_{\text{máx}}$) se aconsejan sesiones de 20 a 60 minutos de ejercicio de resistencia cardiorrespiratoria.

Existe la posibilidad de fraccionar el ejercicio en varias sesiones en un mismo día. De este modo, se alcanzan beneficios similares a los de una sola sesión de ejercicio. Para ello, cada una de estas sesiones ha de tener una duración superior a los 10 minutos.

Tabla 3. Escalas de percepción del esfuerzo (Borg GA. Rating of Perceived Exertion Scales, RPE-Scales. Med Sci Sports Exerc. 1982; 14: 377-387)

| | |
|-----|-----------------|
| 6 | |
| 7 | Muy, muy ligero |
| 8 | |
| 9 | Muy ligero |
| 10 | |
| 11 | Bastante ligero |
| 12* | |
| 13* | Un poco duro |
| 14* | |
| 15* | Duro |
| 16* | |
| 17 | Muy duro |
| 18 | |
| 19 | Muy, muy duro |
| 20 | |

*Zona recomendada de entrenamiento de resistencia cardiorrespiratoria para la mayoría de las personas sanas (ACSM, 1991). Instrucciones para el individuo (modelo adaptado a una prueba de esfuerzo progresiva, ASCM, 1991): «Durante la prueba de esfuerzo progresiva, queremos que ponga mucha atención en cómo siente de intenso o duro el esfuerzo. Debe valorar la sensación total de esfuerzo y fatiga. No considere cualquier otro factor como el dolor de piernas, la falta de respiración o la intensidad del ejercicio. Debe concentrarse en su sensación total, interna, de esfuerzo. No subestime o sobrestime esta sensación, intente ser tan preciso como pueda.»

Frecuencia

La mejora cardiorrespiratoria se produce a partir de la realización de dos sesiones de entrenamiento semanales. Por otro lado, se ha comprobado que los beneficios no se incrementan al realizar más de cinco sesiones semanales.

El trabajo muscular produce efectos beneficiosos sobre el control glucémico, que se mantienen de las 12 hasta las 72 horas posteriores a su realización (esto depende de la intensidad y la

duración del ejercicio). Para aprovechar al máximo estos efectos, se pautará realizar ejercicio un mínimo de 3 días a la semana (días no consecutivos), siendo recomendado realizar hasta cinco sesiones semanales.

Si existen dificultades para adaptar la medicación o la dieta al ejercicio, se recomendará realizarlo a diario. De este modo, se producirán menos oscilaciones en el control glucémico debidas a la variabilidad del ejercicio.

En pacientes obesos, y con el objetivo de incrementar el gasto calórico, será preferible programar de 6 a 7 sesiones semanales. Además, en las primeras semanas, si se realizan ejercicios que comporten un desplazamiento del peso corporal (correr, deportes de equipo o actividades de alto impacto), se aconseja realizar el ejercicio en días alternos, o bien alternar un día de este tipo de ejercicio con otro que no suponga cargar con el propio peso (natación, bicicleta o actividades de bajo impacto).

Ritmo de progresión

Los mecanismos de adaptación al ejercicio obligan a revisar periódicamente la prescripción de ejercicio inicial. La velocidad en el ritmo de progresión depende de varios factores, como el nivel de entrenamiento, edad, peso, estado de salud (presencia de complicaciones de la diabetes), preferencias personales y, por supuesto, los objetivos individuales marcados inicialmente.

Se establecerán tres etapas de progresión: inicial, de mejora y de mantenimiento.

Etapas de progresión

Etapas de progresión
Se trata de una etapa de adaptación al ejercicio en la que se deberán incluir ejercicios suaves de gimnasia junto con actividades aeróbicas de bajo impacto y realizadas con baja intensidad. El objetivo es preparar al individuo para la práctica de

ejercicio evitando lesiones y experiencias desagradables producidas por el ejercicio (fatiga, agujetas o malestar general).

La duración inicial de las sesiones será de más de 10-15 minutos, que deberían aumentar progresivamente.

Por lo general, esta etapa dura de cuatro a seis semanas, siempre según la capacidad de adaptación del paciente, ya que en personas con un nivel de condición cardiorrespiratoria bajo se deben prever de seis a 10 semanas, mientras que si la condición inicial es buena bastará con dos o tres semanas.

Etapas de mejora de la condición aeróbica

Suele ser la fase más larga, normalmente de cuatro a seis meses. En ésta se producen las mejoras más importantes y evidentes. De igual forma que en la etapa inicial, esta fase tendrá una mayor duración en personas de edad avanzada, de muy bajo nivel de condición aeróbica o que sufran complicaciones de la diabetes.

La duración del ejercicio se incrementará en 15 a 60 minutos cada 2-3 semanas hasta llegar a los objetivos programados. La intensidad se incrementa dentro del intervalo (de 55 a 79%), según la adaptación individual de cada individuo.

Etapas de mantenimiento de la condición aeróbica

El objetivo principal de esta fase es el mantenimiento del nivel alcanzado en las etapas iniciales. El esquema de trabajo será similar al diseñado para la etapa de mejora, pero variando la prescripción con el fin de mantener la motivación del individuo.

Programa para la mejora de la fuerza y la resistencia muscular

El ejercicio de fuerza-resistencia muscular se refiere a las formas de ejercicio que utilizan la fuerza muscular para mover un peso o trabajar contra una resistencia. Este tipo de

ejercicio proporciona diferentes beneficios a las personas con diabetes.

En otras épocas se había considerado este tipo de ejercicio como peligroso en los pacientes con antecedentes de enfermedad cardiovascular o con complicaciones microvasculares o neurológicas.

Actualmente, es considerado como un tipo de ejercicio seguro siempre que se tomen las precauciones adecuadas; se trata de realizar una adecuada selección y supervisión de los individuos.

Los beneficios que este tipo de ejercicio produce son la mejora de la fuerza y de la resistencia muscular, aumento de la flexibilidad, aumento de la sensibilidad a la insulina y de la tolerancia a la glucosa, mejoría en la composición corporal y disminución de los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular.

La seguridad de este tipo de ejercicios esta bien documentada en pacientes geriátricos, con enfermedad cardiovascular o con diabetes.

Para ello, los pacientes deben aprender a realizar los ejercicios correctamente. Se deben mover los pesos mientras espiran el aire de los pulmones de forma rítmica, sin retener la respiración. Se debe inspirar en la fase de relajación y espirar cuando se mueve el peso. Es de gran importancia evitar realizar la maniobra de Valsalva.

Además, se debe comenzar el ejercicio con un adecuado calentamiento, así como finalizarlo con un periodo de enfriamiento progresivo. Estos periodos tendrán una duración de 5 a 10 minutos y consisten en realizar unos minutos de ligera actividad aeróbica y unos cuantos ejercicios de estiramiento. Con ello se consigue preparar la musculatura para el ejercicio y adaptar el ritmo cardiovascular al ejercicio que se va a realizar.

Tipos de ejercicio

Se incluyen ejercicios gimnásticos que utilizan el propio cuerpo como resistencia, diferentes tipos de gomas elásticas o muelles, tubos elásticos, pesos libres (pesas o barras), máquinas que proporcionan resistencia mediante poleas, cadenas, cilindros hidráulicos o sistemas electromagnéticos.

Se clasifican los ejercicios según la resistencia sea constante (si la carga se mantiene a lo largo del ejercicio) o variable (si la resistencia cambia a lo largo del ejercicio, especialmente al utilizar poleas). Por su parte las contracciones musculares se clasifican en isométricas o estáticas (la fuerza se aplica sin movimiento), isotónica o dinámica (la fuerza aplicada produce movimiento) o isocinética (cuando una fuerza variable es aplicada para mover una resistencia a velocidad constante).

Intensidad

Para establecer las cargas de trabajo iniciales, se utilizan diferentes métodos. Uno de los más seguros es comenzar con el peso más bajo que pueda ser utilizado para llevar a cabo entre 6 y 10 repeticiones. En todo momento, el pulso cardiaco y la presión arterial deberán mantenerse dentro de valores normales. Si el paciente tolera el peso correctamente se deberá incrementar primero el número de repeticiones hasta llegar primero a 10-15 y después hasta 15-20 repeticiones (incrementos cada 1-2 semanas). Después de este periodo, y si el paciente tolera bien el ejercicio y el peso, demostrando realizar correctamente los ejercicios, el número de series de cada ejercicio será incrementado de 2 a 3, aumentando también el peso utilizado. Habitualmente, se utilizarán pesos de 1 a 2,5 kg para los ejercicios del tren superior y de 2,5 a 5 kg para los del tren inferior.

El número de ejercicios realizados dependerá del número de series y del total de repeticiones en cada serie. El espacio de re-

cuperación entre series debe ser suficiente para lograr una recuperación total. Normalmente, se establecen de 1-2 minutos en entrenamientos con intensidad moderada y de hasta 2-5 minutos cuando la intensidad es alta.

Para aquellos pacientes que deben limitar su entrenamiento a utilizar pesos ligeros, los circuitos de pesas pueden ser una buena opción. En este tipo de ejercicio se alternan ejercicios realizados con musculatura de la parte superior con otros realizados con la parte inferior y cortos periodos de recuperación entre series (habitualmente de 30 a 60 segundos). Los ejercicios se realizan con intensidad media-baja, de un 40-60% de 1 RM (1 RM es el peso máximo que se puede utilizar para realizar una sola repetición de un ejercicio). Se harán unas 10-15 repeticiones en cada ejercicio. Estos circuitos de pesas incluirán un total de 8 a 12 ejercicios diferentes.

En cualquier caso, se deben realizar ejercicios que incluyan todos los grupos musculares:

- Piernas y caderas (glúteos, cuádriceps, bíceps femoral y gemelos).
- Pectorales (pecho).
- Hombros (deltoides y trapecio).
- Espalda (dorsal).
- Brazos (bíceps y tríceps).
- Abdominales.

Para cada grupo muscular se debe mantener un periodo de recuperación de como mínimo 48 horas. Se recomienda un mínimo de dos sesiones por semana para producir efectos fisiológicos positivos.

La mejora de la fuerza y la resistencia muscular se basa en dos principios básicos: principio de la sobrecarga y principio de la resistencia progresiva.

El principio de la sobrecarga establece que la fuerza y la resistencia de un músculo sólo se incrementan cuando el músculo se contrae durante un periodo determinado hasta su máxima capacidad de fuerza o de resistencia, es decir, con cargas superiores a las que normalmente tiene que vencer. El músculo mejora su funcionalidad (se adapta) después de llegar a un estado de fatiga.

El principio de resistencia progresiva indica que la resistencia que un músculo debe vencer para mejorar su capacidad funcional debe ser aumentada progresivamente hasta encontrar su grado de desarrollo deseado.

Programas para la mejora de la flexibilidad

La inclusión de programas de ejercicio dirigidos a la mejora de la flexibilidad se basa en la evidencia de los múltiples beneficios que se derivan de este tipo de ejercicio. Entre ellos se incluye el fortalecimiento de las zonas articulares y la mejora del tono muscular. Además, algunos estudios demostraron la capacidad de este tipo de ejercicio en la prevención y tratamiento de lesiones musculoesqueléticas.

Los ejercicios de estiramientos incrementan la flexibilidad de los tendones mediante dos tipos de efectos sobre la unión del músculo con el tendón: la inhibición del reflejo mediado por mecanorreceptores y la tensión viscoelástica. El incremento de la tensión sobre la unidad musculotendinosa se detecta mediante propioceptores en el tendón y en el músculo, los cuales inhiben posteriores contracciones agonistas del músculo e inducen la relajación de la unidad agonista. El objetivo de esta inhibición refleja es prevenir las lesiones asociadas a un estiramiento excesivo y puede explicar los incrementos de flexibilidad (a corto plazo) que se producen después de realizar estiramientos.

Los principales efectos de los estiramientos implican las propiedades viscoelásticas del tendón. Se consigue, por un lado, un incremento transitorio de la longitud de la unidad músculo-tendón resultante de la relajación de los complejos actina-miosina y, por otro, un último incremento mediante la alteración de los alrededores de la matriz extracelular.

El efecto más fácilmente apreciable es la mejora que se produce sobre la flexibilidad del tendón y en los límites de sus movimientos. La edad a menudo produce una sustancial reducción tanto de la flexibilidad del tendón como de sus límites de movimiento. Esto es debido a cambios bioquímicos en la unidad musculoesquelética y a otros factores mecánicos en la estructura muscular. Estos cambios ocasionan la reducción de la fuerza de tensión y el aumento de la rigidez del tendón.

Esta pérdida de flexibilidad puede disminuir significativamente la capacidad del individuo para realizar actividades cotidianas y realizar ejercicio físico.

La pérdida de flexibilidad se asocia a la edad y es especialmente importante en aquellos individuos que, además, son sedentarios. Se relaciona la falta de flexibilidad del psoas iliaco, el cuádriceps, el cuadrado lumbar y los isquiotibiales, junto con la pérdida de fuerza y resistencia muscular de la zona abdominal, con patologías en la zona lumbar.

Por otro lado, es de gran importancia el trabajo de la flexibilidad del cuello, hombro y zona dorsal, ya que de lo contrario puede ir limitándose la capacidad para realizar actividades cotidianas.

Tipo de ejercicio

Los métodos más efectivos para trabajar la flexibilidad son los dinámicos lentos con final estático (10-30 segundos) o la facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP).

Para el primer método, se trata de realizar un estiramiento a velocidad lenta y constante, sosteniendo la posición final durante unos 30 segundos. Debe realizarse lentamente y sólo hasta un punto donde se siente una molestia mínima (la sensación de tensión debería disminuir a medida que se mantiene el estiramiento, si no disminuye, se debería reducir ligeramente la posición de estiramiento). En ningún caso se debe realizar rebote.

La FNP se ha utilizado ampliamente en atletas como método para incrementar la flexibilidad. Se realizan con la ayuda de un compañero (o fisioterapeuta) e involucran tanto movimientos activos como pasivos. Habitualmente se coloca la articulación en posición de estiramiento estático con el músculo relajado. Después de unos 20 segundos se contrae el músculo unos 10 segundos realizando una fuerte contracción isométrica contra una fuerza externa que actúa en la dirección del estiramiento. Después, se realizará un segundo estiramiento (potencialmente mayor que el primero).

Actividades como el yoga, *tai-chi* también son beneficiosas y producen mejoras de la flexibilidad, pudiéndose integrar en el programa de ejercicio físico.

Intensidad

Se debe sentir tensión pero no dolor. La intensidad del estiramiento ha de ser suficiente para notar una leve sensación de molestia, que tenderá a disminuir a medida que aguantamos el estiramiento.

Duración

Es conveniente realizar de tres a cinco repeticiones de cada estiramiento. Cada estiramiento se debe mantener unos 10 a 30 segundos, con un periodo de descanso entre ejercicios de unos 10 a 30 segundos.

Frecuencia

Un mínimo de dos a tres veces por semana, siendo recomendable realizarlos a diario.

Otros factores

Antes de realizar los estiramientos, es aconsejable realizar alguna actividad de tipo aeróbico que aumente la temperatura corporal y la irrigación sanguínea de la zona que se va a estirar (por ejemplo, 5-10 minutos de carrera suave).

Se deberán realizar ejercicios de estiramiento tanto en las fases de calentamiento como en la fase de enfriamiento posterior a la actividad y, además, se debería combinar siempre el entrenamiento de fuerza con ejercicios de estiramiento.

Cabe recordar que la flexibilidad mejora día a día y que una vez que el rango de movimientos se ha incrementado o desarrollado hasta el nivel deseado es fácil mantener ese rango de movimientos.

Conclusiones

La prescripción de ejercicio físico en el paciente diabético debe estar dirigida a conseguir los máximos beneficios con los mínimos riesgos. Cabe tener en cuenta que el ejercicio tiene un notable efecto tanto en la prevención como en el tratamiento de la diabetes y que, por otro lado, las posibles complicaciones crónicas asociadas a la evolución de la enfermedad indican la necesidad de realizar un control estricto de los posibles riesgos.

Esta prescripción de ejercicio debe tener en cuenta todos los elementos de la condición física relacionados con la salud. Entre ellos, la mejora de la resistencia cardiorrespiratoria sigue siendo el objetivo, aunque en los últimos años algunos estu-

Ejemplo de programa de ejercicio para pacientes diabéticos. Edad adulta. Principiantes

| | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Calentamiento | 5' carrera suave 5' estiramientos | 5' carrera suave 15' estiramientos | 5' carrera suave 5' estiramientos | 5' carrera suave 15' estiramientos | 5' carrera suave 5' estiramientos |
| Resistencia cardio-respiratoria | 30' bicicleta estática (130 ppm) | | 30' bicicleta estática (130 ppm) | | 30' bicicleta estática (130 ppm) |
| Resistencia muscular | | | | | |
| Enfriamiento | 5' caminar suave 5' estiramientos | | 5' caminar suave 5' estiramientos | | 5' caminar suave 5' estiramientos |
| Tiempo total | 50' | 20' | 50' | 20' | 50' |
| Observaciones | | | | | |

**Ejemplo de programa de ejercicio para pacientes diabéticos. Edad adulta.
Nivel avanzado**

| | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 |
|--|---|---|--|--|---|
| Calentamiento | 5' carrera suave 5' estiramientos | 5' carrera suave 5' estiramientos | 5' carrera suave 5' estiramientos | 5' carrera suave 5' estiramientos | 5' carrera suave 5' estiramientos |
| Resistencia cardio-respiratoria | 30' bicicleta estática (130-140 ppm) 20' carrera a pie (130 ppm) | 20' bicicleta estática (130 ppm) | 30' bicicleta estática (130-140 ppm) 20' natación (120-140 ppm) | 20' bicicleta estática (130 ppm) | 30' bicicleta estática (130-140 ppm) 20' carrera a pie (130 ppm) |
| Resistencia muscular | | hombro, espalda, pierna 6 ejercicios 2 series × 10 rep Descanso 1' | | pectoral, brazo, abdominal 6 ejercicios 2 series × 10 rep Descanso 1' | |
| Enfriamiento | 5' caminar suave 5' estiramientos | 10' estiramientos | 5' caminar suave 5' estiramientos | 10' estiramientos | 5' caminar suave 5' estiramientos |
| Tiempo total | 70' | 75' | 70' | 75' | 70' |
| Observaciones | | | | | |

dios aconsejan añadir ejercicios para la mejora de la resistencia muscular, pues ha quedado demostrado su efecto sobre los factores de riesgo cardiovascular asociados a la diabetes e incluso sobre el control glucémico de pacientes con diabetes tipo 2.

No se debe olvidar la inclusión de ejercicios dirigidos a la mejora de la flexibilidad, ya que gracias a ellos se obtendrá un incremento de la calidad de vida del paciente y se evitará, en parte, la aparición de lesiones musculoesqueléticas.

Bibliografía

American College of Sports Medicine. The Recommended Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness, and Flexibility in Healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1988; 30 (6).

American Diabetes Association/American College of Sports Medicine. Joint Statement: Diabetes Mellitus and Exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29 (12).

American Diabetes Association. Handbook on Exercise in Diabetes. American Diabetes Association, 2002.

Colberg S. The Diabetes Athlete: Prescription for exercise and sport. *Human kinetics*, 2001.

Fletcher G et al. Benefits and recommendations for physical activity programs for all Americans (Statement on Exercise). *Circulation.* 1996; 94: 857-862.

Generalitat de Catalunya, Departament de Sanitat i Seguretat Social. Guia per a la promoció de la salut per mitjà de l'activitat física, 1994.

Prescripción del ejercicio físico en la diabetes.

Ajustes del tratamiento y adaptación a las complicaciones tardías

**A. Pérez
G. Carreras**

En los pacientes con diabetes, a los beneficios que conlleva la práctica de ejercicio físico para la población no diabética (mejoría de la coordinación y de la forma física, diversión, afianzamiento de la autoestima, etc.) se añaden otros, derivados de la propia diabetes, y que variarán según el tipo y características de la enfermedad. Sin embargo, tanto el inicio de los programas de ejercicio físico como la adhesión a éstos son muy bajos en la población con diabetes. A ello contribuye en primer lugar los aspectos relacionados con las dificultades que comporta un cambio de conducta, pero también la escasa dedicación a la promoción y, sobre todo, a la prescripción de esta medida terapéutica por parte del personal sanitario. La falta de formación sobre los aspectos relacionados con el ejercicio físico, así como la falta de tiempo del personal sanitario, están relacionados con esta escasa dedicación. En segundo lugar, los ajustes del tratamiento necesarios en algunos pacientes ante la práctica de ejercicio y la presencia de complicaciones tardías también contribuyen

a la baja adhesión al ejercicio físico de la población con diabetes. Este capítulo revisará estos dos últimos aspectos.

Ejercicio físico y control glucémico

En general, la práctica de ejercicio físico conlleva una disminución de la glucemia en los pacientes con diabetes tipo 2 y un aumento de la sensibilidad a la insulina que dura 12-72 horas. Estos efectos contribuyen a que la práctica regular de ejercicio físico mejore el control glucémico a largo plazo en los pacientes con diabetes mellitus tipo 2, especialmente en aquellos en los que predomina la resistencia a la insulina. Así mismo, en la actualidad se dispone de abundantes datos de estudios epidemiológicos y de intervención que apoyan que la actividad física reduce el riesgo de desarrollar diabetes tipo 2. En este sentido, dos estudios recientes demuestran que la modificación de la dieta y el aumento de la actividad física reducen en un 58% el riesgo de desarrollar diabetes en individuos con intolerancia a la glucosa.

En los pacientes con diabetes tipo 1 o aquellos con diabetes tipo 2 en los que predomina la deficiencia de insulina, los efectos del ejercicio físico sobre la glucemia son más variables, pudiendo provocar disminución, aumento o ninguna modificación. Ello se debe a que los cambios hormonales fisiológicos que se producen en las personas no diabéticas durante el ejercicio no ocurren por falta del ajuste automático de la insulina. Por tanto, los cambios de la glucemia con el ejercicio dependerán fundamentalmente de los niveles de insulina existentes. En estos pacientes, la práctica de ejercicio físico, aunque reduce los requerimientos de insulina, no suele mejorar el control glucémico a largo plazo. En consecuencia, el ejercicio no debe indicarse con este objetivo, pero sí por muchas otras razones relacionadas con la salud y, especialmente en niños y jóvenes, con el placer de practicar deporte, formar parte de un equipo y no sentirse diferente de los demás.

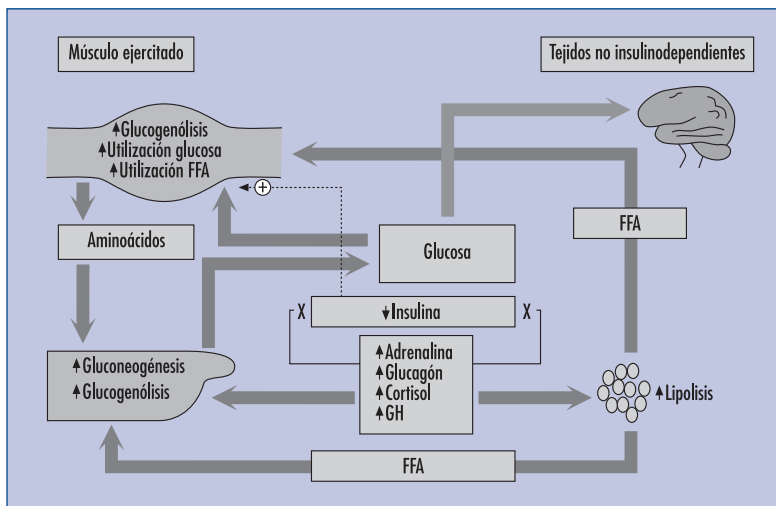


Figura 1. Respuesta metabólica al ejercicio físico

Regulación de la glucemia en el ejercicio

(figura 1 y figura 2 B)

Durante el ejercicio, hay un aumento de las necesidades energéticas del músculo. Para satisfacer estas necesidades, en la persona no diabética se produce fisiológicamente una disminución de los niveles de insulinemia y un aumento de los niveles plasmáticos de hormonas contrarreguladoras o hiperglucemiantes: glucagón, catecolaminas, cortisol y hormona del crecimiento. Estos cambios hormonales permiten un aumento de la producción de glucosa y, por tanto, satisfacer las necesidades energéticas sin llegar a la hipoglucemia.

En los pacientes con diabetes tipo 1 y 2 tratados con insulina están generalmente presentes todas estas modificaciones metabólicas, excepto el ajuste automático de los niveles de insulina. Por tanto, si no se prevé un ajuste artificial de los niveles de insulina, el ejercicio físico podrá provocar, según la situación en la que se realice, una disminución, un aumento o un mantenimiento de las cifras de glucemia (tablas 1 y 2).

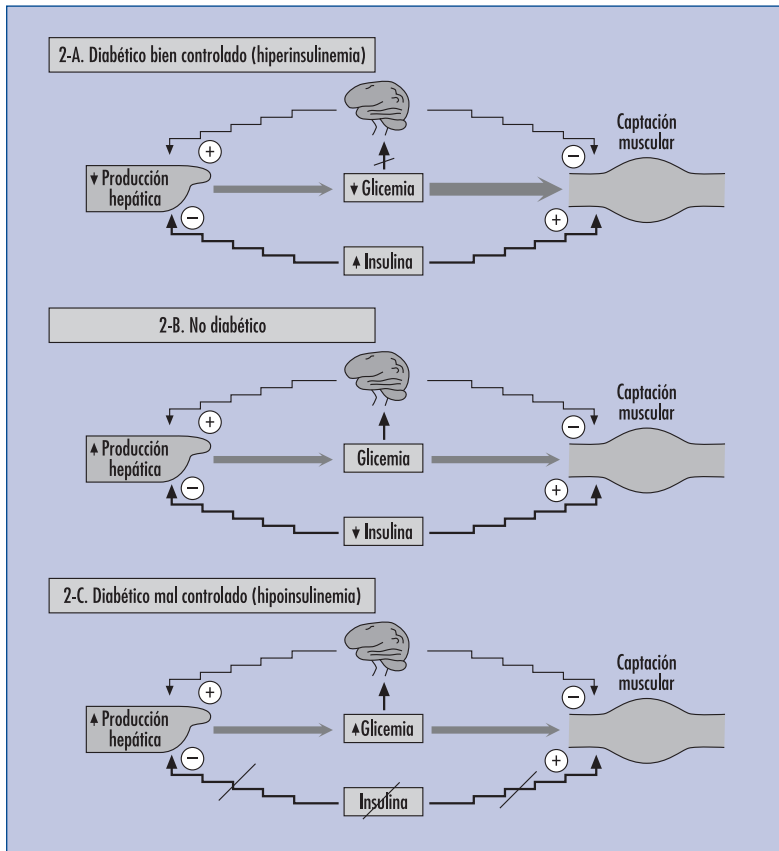


Figura 2. Homeostasis de la glucosa durante el ejercicio físico

Hipoglucemias

En los pacientes con diabetes tipo 2 tratados con dieta o bien con dieta y fármacos orales que no aumentan la secreción de insulina (metformina, inhibidores de la alfa-glucosidasa y glitazonas) no existe riesgo de hipoglucemia. En los pacientes tratados con fármacos que aumentan la secreción de insulina (sulfonilureas y meglinidas), aunque el riesgo de hipoglucemia es bajo, puede presentarse con la práctica de ejercicios intensos y de larga duración. El riesgo de hipo-

Tabla 1. Ejercicio físico agudo en la diabetes tipo 1 y 2 con insulinopenia. Factores que influyen en la respuesta glucémica (I)

- La glucemia ↓ si:
Hiperinsulinemia durante el ejercicio
Ejercicio prolongado (>40-60 min) o intenso
Sin suplementos alimenticios
- La glucemia no cambia si:
Ejercicio corto y poco intenso
Concentración de insulina normal
Suplementos alimenticios adecuados
- La glucemia ↑ si:
Hipoinsulinemia durante el ejercicio
Ejercicio muy violento
Suplementos alimenticios excesivos

Tabla 2. Ejercicio físico agudo en la diabetes tipo 1 y 2 con insulinopenia. Factores que influyen en la respuesta glucémica (II)

- Ejercicio:
Intensidad y duración
Grado de entrenamiento
- Grado de control glucémico:
>300 mg/dL y/o cetosis
<300 mg/dL y ausencia de cetosis
- Tratamiento:
Tipo y dosis de insulina
Zona de inyección
Tiempo desde la inyección e ingestión
- Nivel de insulinemia:
Hipoinsulinemia
Hiperinsulinemia

glucemia es mayor en los pacientes con diabetes tipo 2 tratados con insulina y, sobre todo, en los pacientes con diabetes tipo 1. En situación de buen control glucémico y en aquellos momentos del día en los que la insulinemia es mayor, si no se disminuyen artificialmente los niveles de insulina o bien se aumenta la ingestión de hidratos de carbono antes o durante el ejercicio físico, existe riesgo de hipoglucemia.

Ello se debe a que la hiperinsulinemia relativa existente inhibe la producción hepática de glucosa y aumenta la captación periférica de glucosa, por lo que los niveles de glucemia disminuirán y puede aparecer hipoglucemia (figura 2 A). Las situaciones de mayor riesgo corresponden a aquellas en las que el ejercicio físico se realiza coincidiendo con el pico de acción de las insulinas administradas, por ejemplo, después de las comidas en las pautas con múltiples dosis, o bien durante la mañana y después de cenar en las pautas con dos dosis de insulina intermedia (figura 3). El riesgo de hipoglucemia será mayor cuanto más intenso y prolongado sea el ejercicio físico.

En cambio, si el ejercicio físico no es muy intenso, es de corta duración y se realiza en un momento del día en que los niveles de insulinemia son bajos, el riesgo de desarrollar hipoglucemia es bajo. Por ejemplo, antes de las comidas en las pautas con múltiples dosis, o antes del desayuno y de la cena en las pautas con dos dosis de insulina intermedia, la práctica de ejercicio físico probablemente no modificará la glucemia o lo hará ligeramente, aunque no se ajuste la pauta de tratamiento habitual (figura 3).

Hipoglucemia tardía (tabla 3)

Si bien la mayoría de las hipoglucemias relacionadas con el ejercicio físico aparecen durante o inmediatamente después de su práctica, en ocasiones aparecen más tarde. Estas hipoglucemias se denominan tardías y se definen como aquellas que aparecen una vez transcurridas cuatro o más horas tras finalizar la

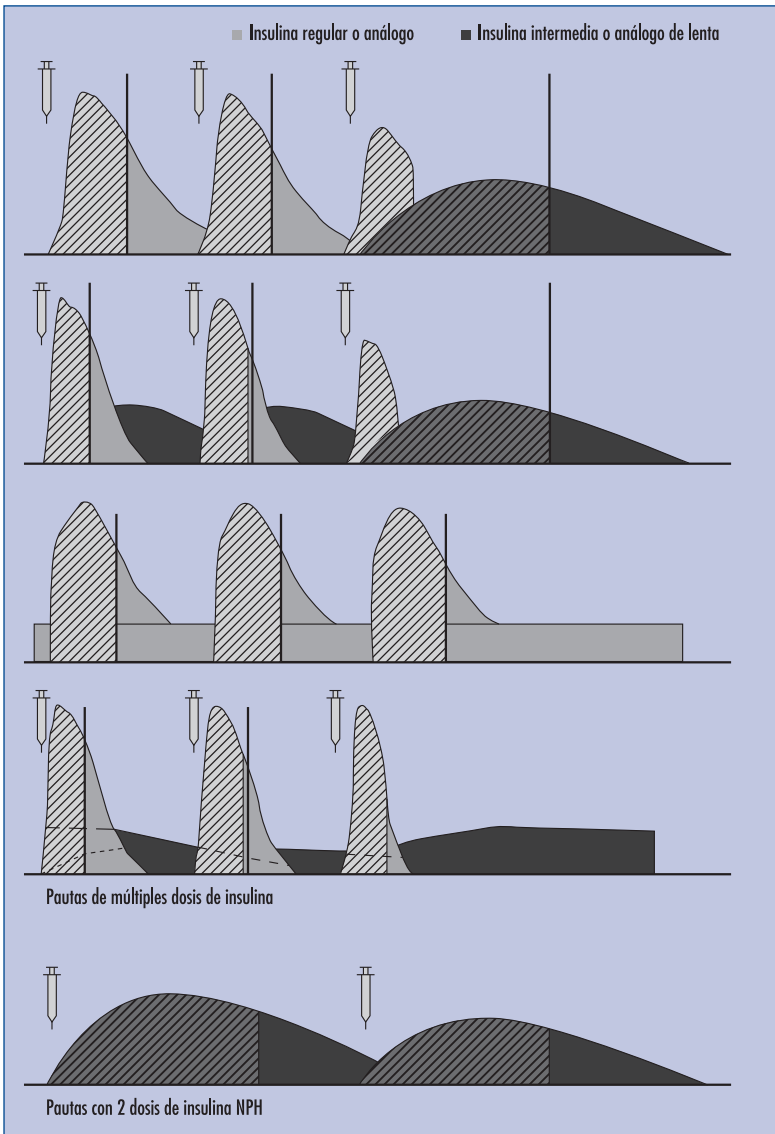


Figura 3. Riesgo de hipoglucemia según la hora de realización de ejercicio físico. Las zonas rellenas corresponden a las de menor riesgo, las zonas rayadas a las de mayor riesgo

Tabla 3. Ejercicio físico en la diabetes tipo 1 y 2 tratada con insulina. Hipoglucemia postejercicio tardía

| |
|--|
| • Aparición ≥ 4 h postejercicio (6-15 h) |
| • Subestimada: diagnóstico por exclusión |
| • Frecuentemente nocturna |
| • Mayor riesgo: Ejercicios muy intensos y/o prolongados Individuos no entrenados Transición sin entreno-entreno |
| • Mecanismos principales: Depleción de glucógeno muscular y hepático Aumento de la sensibilidad a la insulina |
| • Consumo de glucosa >producción de glucosa |

sesión de ejercicio físico. Lo más frecuente es que se presenten entre las seis y 15 horas, aunque puede retrasarse hasta transcurridas 24 horas. Es más frecuente tras ejercicios muy prolongados e intensos (esquí, excursiones, maratón, etc.) y especialmente en individuos no entrenados o que están intensificando su plan de entreno.

Hiper glucemia

Si los niveles de insulina son demasiado bajos (situación de mal control metabólico y final del efecto de la insulina), el ejercicio físico provocará igualmente el aumento de producción de glucosa (liberación de hormonas contrarreguladoras y niveles de insulina bajos), pero su utilización por el músculo estará disminuida (déficit de insulina), por lo que en vez de hipoglucemia aparecerá hiper glucemia, e incluso, en situación de deficiencia marcada de insulina, cetosis (figura 2 C). Por tanto, es importante monitorizar la glucemia previa al ejercicio y si ésta es mayor de 250 mg/dL, determinar la cetonuria.

Si la glucemia es mayor de 300 mg/dL o bien si hay cetonuria, el ejercicio físico estará contraindicado hasta que se restablezca el control glucémico, para evitar una mayor descompensación.

A pesar de un buen control glucémico previo al ejercicio, también puede aparecer hiperglucemia después del ejercicio. Esto es frecuente después de una competición o después de un ejercicio físico de corta duración y muy intenso o violento, por la secreción de un pico importante de hormonas contrarreguladoras debida a la situación de estrés físico y/o psíquico. Otra causa, más frecuente aún, es la ingestión excesiva de suplementos alimentarios antes o durante el ejercicio, en algunas ocasiones debida a una conducta de evitación de las hipoglucemias.

Excepto en situaciones muy concretas en las que los riesgos de la práctica de ejercicio físico son muy elevados, los beneficios superan los riesgos y el objetivo será adaptar para cada paciente el programa de ejercicio a su situación y así obtener los máximos beneficios y reducir los riesgos. Ello únicamente es posible mediante la adecuada prescripción del programa e instrucción del paciente sobre el manejo.

Prescripción del ejercicio: prevención de los cambios glucémicos

La prescripción del ejercicio físico, entendida como el proceso a través del cual un programa de ejercicio físico es formulado de una forma sistemática e individualizada, es imprescindible para mejorar la participación de los pacientes y obtener los máximos beneficios con los menores riesgos, lo que es responsabilidad del médico y del resto del equipo sanitario. Por tanto, el procedimiento debe ser similar al que utilizamos con la dieta, la insulina o la automodificación del tratamiento y, por supuesto, no sirve el decir «haga ejercicio» o «camine, que es bueno» igual que no sirve decir «haga la dieta» o «inyéctese insulina».

Tabla 4. Ejercicio físico en la diabetes. Prevención de los cambios glucémicos

| | |
|--|--|
| Planteamiento. Esquema general ⇒ Experiencia individual | |
| Modificaciones | |
| <i>Dieta</i> | <i>Insulina</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Individuos delgados • Ejercicios no programados y/o esporádicos • Bajo efecto insulina intermedia | <ul style="list-style-type: none"> • Individuos obesos • Ejercicios programados y regulares • Bajo efecto insulina rápida |
| Sin modificaciones | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ejercicio de baja intensidad y corta duración (<20-30') • Final efecto insulina • Tratamiento sólo con dieta • Tratamiento con metformina, inhibidores de la alfa-glucosidasa y glitazonas • Mayoría de pacientes tratados con sulfonilureas y meglinidas | |
| Glucemias capilares: pre, durante y postejercicio | |
| Cambio zona de inyección: no recomendable | |

La información disponible no permite dar unas directrices fijas, pero sí elaborar unas recomendaciones que, utilizadas de forma flexible, pueden aplicarse a la mayoría de los pacientes y situaciones. A continuación se resumen los elementos a tener en cuenta para prevenir los cambios glucémicos con la práctica del ejercicio físico en los pacientes con diabetes mellitus.

Prevención de los cambios glucémicos (tabla 4)

Para permitir el curso normal de la práctica de ejercicio físico y que éste no se vea interrumpido por la aparición frecuente de hipoglucemias e hiperglucemias, debe planificarse adecuadamente. Si bien hay unas directrices generales, la respuesta a un determinado ejercicio variará de un individuo a otro y en un mismo individuo también variará según la intensidad del ejercicio, horario, grado de entreno, tipo de tratamiento, etc. En los pacientes tratados con

dieta o bien con dieta más fármacos que no provocan hipoglucemia (metformina, glitazonas, inhibidores de la alfa-glucosidasa) no se requieren ajustes del tratamiento. En aquellos tratados con sulfonilureas o meglinidas el riesgo de hipoglucemia es bajo y no suele ser necesario realizar modificaciones. Sin embargo, en estos casos, dependiendo de las características del paciente y del ejercicio, puede reducirse la dosis del agente oral (paciente obeso / ejercicio programado) o bien aumentar el aporte de hidratos de carbono (paciente delgado / ejercicio no programado). En los tratados con insulina, casi siempre son necesarios los ajustes. En éstos, el mejor planteamiento es que los ajustes se basen en los resultados obtenidos con la monitorización de las glucemias antes, después e incluso durante el ejercicio. A continuación, se exponen algunos ejemplos de pautas de modificación para ejercicios de moderada intensidad y duración en torno a una hora.

Ejercicios no programados

En estas situaciones no se puede modificar la dosis de insulina ya administrada, de manera que la única opción para evitar la hipoglucemia será el suplemento de hidratos de carbono. En general, son suficientes unos 10 gramos por cada 30 minutos de actividad física, que se tomará durante y después del ejercicio si la glucemia previa es alta y/o han transcurrido menos de dos horas desde la última ingestión, o bien preferiblemente antes y durante el ejercicio si la glucemia es normal, han transcurrido más de 2-3 horas desde la última comida y/o los niveles de insulina después del ejercicio son altos. Por último, si la glucemia resultante es demasiado alta, es que el suplemento no era necesario o ha sido excesivo, por lo que se reducirá en otras ocasiones similares.

Ejercicios programados

En los pacientes tratados con múltiples dosis, si el ejercicio se realiza antes de las comidas (desayuno, comida y cena) (figura 4), generalmente no son necesarias modificaciones, ya que la insulínemia es baja, o bien se requiere un pequeño suplemento de 10 g de

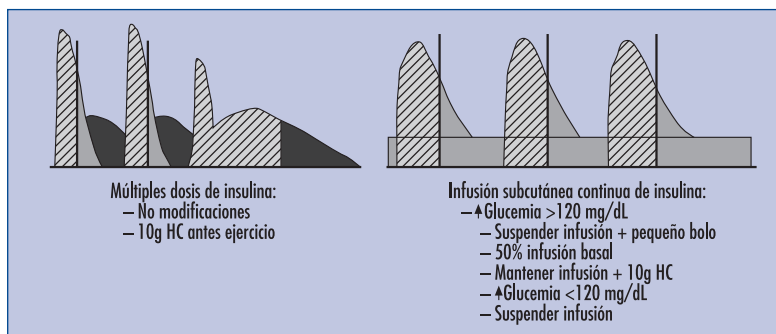


Figura 4. Ajustes del tratamiento: ejercicio en ayunas o después de 4 horas postrápida o de 2 horas postanálogo de rápida

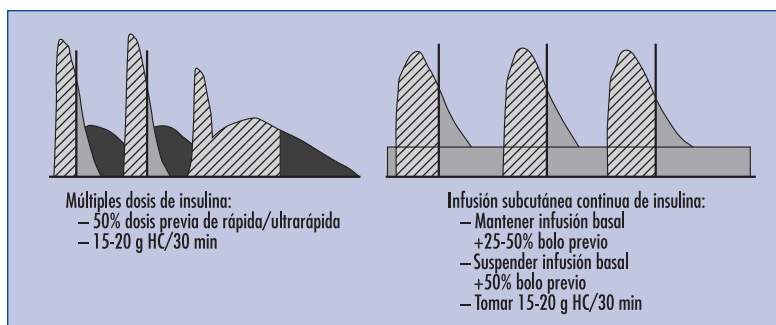


Figura 5. Ajustes del tratamiento: ejercicio antes de 4 horas postrápida o antes de 2 horas postanálogo de rápida

hidratos de carbono antes del ejercicio. En cambio, si se realiza después de las comidas (antes de 4 horas de administrada la insulina rápida o antes de 2 horas en el caso de análogo de rápida) (figura 5), debe reducirse la dosis previa de insulina en aproximadamente un tercio o bien administrarse un suplemento de 10-20 g de hidratos de carbono por cada 30 minutos de ejercicio físico.

En los pacientes tratados con dos dosis de insulina intermedia con o sin insulina de acción rápida, si el ejercicio se realiza en ayunas o antes de la cena pueden no necesitar modificaciones o tomar

un pequeño suplemento de hidratos de carbono. Si se realiza durante la mañana o después de la cena, debe reducirse un tercio la dosis de insulina rápida previa al ejercicio, o bien ingerir un suplemento de hidratos de carbono si sólo se administra insulina intermedia. Por último, si el ejercicio se realiza por la tarde, se deberá ingerir 10-20 g de hidratos de carbono por cada 30 minutos de ejercicio (por ejemplo, aumentar la merienda) o bien, aunque más complejo, disminuir la dosis de insulina intermedia de la mañana en un 15-25% y aumentar la de insulina rápida en un 10-15%.

Ejercicios muy intensos y de corta duración

Como se ha comentado previamente, estos ejercicios pueden provocar hiperglucemia transitoria postejercicio, especialmente cuando no se realiza calentamiento adecuado, por lo que deben evitarse si el control glucémico previo no es bueno. No debe reducirse la dosis de insulina previa y tampoco es recomendable administrar una dosis suplementaria de insulina después del ejercicio para corregir esta hiperglucemia, por el mayor riesgo de hipoglucemia postejercicio.

Ejercicios muy intensos y de larga duración

Deben ser siempre planificados, manteniendo un control glucémico previo aceptable y monitorizando las glucemias frecuentemente a lo largo del día. Deberán ingerirse suplementos de hidratos de carbono cada 20-30 minutos, así como después del ejercicio para llenar los depósitos de glucógeno. También deberán disminuirse las dosis de insulina, tanto antes como después del ejercicio, dado el riesgo importante de hipoglucemia tardía. Las dosis previas suelen reducirse en un 50% y las posteriores en un 25%, aunque pueden ser necesarias reducciones aún mayores.

Cambio de la zona de inyección

En 1978, Koivisto publicó que el ejercicio físico practicado inmediatamente después de la administración de insulina en el muslo aceleraba su absorción. A partir de ahí, se generalizó la recomendación de cambiar la zona de inyección a una que no se fuera a

ejercitar, siendo la más frecuentemente utilizada el abdomen. Posteriormente no se ha demostrado que el cambio de zona prevenga las hipoglucemias relacionadas con el ejercicio y, de hecho, el efecto sobre la absorción de insulina del cambio desde una zona de absorción lenta, como el muslo, a una zona de absorción rápida como el abdomen es mayor que el que se produce por el efecto del ejercicio. Por tanto, no se debe recomendar el cambio de zona de administración de insulina de forma sistemática.

Ejercicio físico y complicaciones tardías

La presencia de complicaciones tardías conlleva a menudo el descuido de la práctica de actividad física. Sin embargo, los programas de ejercicio físico siguen teniendo un papel importante en el manejo de la diabetes y de algunas de las complicaciones tardías, y la combinación de complicaciones tardías e inactividad física puede adelantar la aparición de incapacidad. Por tanto, es necesario mantener e implementar la práctica del ejercicio físico cuando aparecen las complicaciones, teniendo en cuenta que la prescripción debe ser mucho más cuidadosa. A continuación, se resumen algunas recomendaciones para las principales complicaciones de la diabetes (tabla 5).

Neuropatía periférica y enfermedad vascular periférica

Neuropatía periférica

La neuropatía periférica puede ocasionar la pérdida de la sensibilidad en los pies. En estas situaciones, las actividades o ejercicios repetidos que supongan una carga importante para los pies incrementan el riesgo de desarrollar lesiones en éstos (fracturas y úlceraciones), que además pueden pasar inadvertidas para el paciente. La evaluación de la polineuropatía se lleva a cabo valorando los reflejos, el sentido de la posición, de la vibración y el monofilamento. La incapacidad de detectar la sensación producida por un monofilamento de 10 g indica la pérdida de la sensibilidad protectora.

Tabla 5. Ejercicio y complicaciones de la diabetes

| Complicación | Recomendaciones | Contraindicaciones | Precauciones |
|--------------------------------|--|--|--|
| Enfermedad cardiovascular | Actividades aeróbicas de bajo impacto: caminar, bicicleta, natación, cinta rodante Sesiones supervisadas para incrementar la intensidad del ejercicio | IAM reciente <6 semanas Actividades hipertensivas: levantar pesos importantes, elevada intensidad | Incrementar la frecuencia cardiaca gradualmente |
| Neuropatía periférica | Natación, ciclismo, ejercicios en la silla, ejercicios de brazos y todos aquellos que no requieran la utilización de los pies | Caminatas prolongadas, correr, cinta de andar, cinta rodante, cualquier actividad que conlleve saltar. No realizar ejercicio si existen úlceras o pie de Charcot activo | Evaluación preejercicio de la sensibilidad Calzado adecuado Revisión e higiene diaria de los pies |
| Enfermedad vascular periférica | Actividades aeróbicas de bajo impacto: caminar, bicicleta, natación, cinta rodante | Actividades anaeróbicas | Reposo, si dolor Revisión e higiene diaria de los pies. Calzado adecuado |
| Neuropatía autonómica | Ejercicios poco intensos y que no modifiquen la presión arterial: actividades acuáticas, bicicleta estática y ejercicios sentado | Elevada intensidad. Cambios bruscos de la posición corporal | Test para detectar la presencia de enfermedad coronaria Mantener la presión arterial para evitar ortostatismo. Evitar hacer ejercicio en ambientes muy fríos o muy calurosos y mantener hidratación adecuada Monitorizar la glucemia |

(continúa)

Tabla 5. Ejercicio y complicaciones de la diabetes (continuación)

| Complicación | Recomendaciones | Contraindicaciones | Precauciones |
|---------------------------|---|---|--|
| Retinopatía proliferativa | Ejercicios aeróbicos de baja intensidad: bicicleta estática, caminar, natación, cinta rodante | No realizar actividad física en presencia de retinopatía proliferativa activa (hemorragia vítrea, tracción fibrosa) y tras fotoocoagulación o cirugía recientes Evitar ejercicios que aumenten la presión arterial bruscamente (actividades físicas violentas, maniobras de Valsalva, levantamiento de pesos), aquellos que conlleven movimientos bruscos o de bajar la cabeza (gimnasia, yoga) y de contacto (boxeo, artes marciales, etc.) | Aumento gradual en la intensidad Evitar durante el ejercicio presión arterial sistólica >170 mmHg |
| Nefropatía | Actividades aeróbicas de baja intensidad | Evitar ejercicios que aumenten la presión arterial bruscamente: actividades físicas violentas, maniobras de Valsalva, levantamiento de pesos | Particular énfasis en la hidratación y control de la presión arterial |

Los ejercicios que deben evitarse cuando se ha perdido la sensibilidad en los pies incluyen todos aquellos que pueden causar trauma en el pie: caminatas prolongadas, correr, cinta rodante y cualquier actividad que conlleve saltar. Estos ejercicios están totalmente contraindicados en presencia de úlceras o pie de Charcot activo.

Los ejercicios recomendados cuando se ha perdido la sensibilidad en los pies incluyen natación, ciclismo, ejercicios en la silla, ejercicios de brazos y todos aquellos que no requieran la utilización de los pies.

Enfermedad vascular periférica

La práctica de ejercicio físico en el que intervengan las extremidades inferiores en los pacientes con enfermedad vascular periférica está condicionada por el grado de isquemia y el desencadenamiento del dolor (claudicación intermitente). En ausencia de otras contraindicaciones o limitaciones (véase neuropatía periférica, dolor en reposo), un programa de ejercicio físico basado en caminar constituye un elemento terapéutico de la claudicación intermitente, ya que mejora la circulación colateral y el metabolismo muscular. En general, debe recomendarse caminar en zonas planas y a un ritmo y durante un tiempo que eviten la aparición de la claudicación.

Todos los pacientes, pero especialmente aquellos con polineuropatía y/o enfermedad vascular periférica, necesitan extremar los cuidados de los pies para la práctica de ejercicio. El paciente debe revisar frecuentemente los pies, extremar la limpieza, mantener la piel seca y lubricada, y utilizar calzado apropiado. Esto quiere decir que para ir a correr hay que llevar zapatillas especiales de correr, para hacer aeróbic, zapatillas de aeróbic, etc. También deben cambiarse las zapatillas cuando ya se estén deteriorando, utilizar calcetines especiales transpirables y cambiar de calcetines y de calzado después del ejercicio.

Neuropatía autonómica

La presencia de neuropatía autonómica puede limitar la capacidad de ejercicio de un individuo y aumentar el riesgo de un episodio cardiovascular adverso durante éste. Los individuos con neuropatía autonómica pueden desarrollar hipotensión o hipertensión después de un ejercicio vigoroso, en particular al iniciarse un programa de ejercicio. También se han descrito casos de muerte súbita y de isquemia cardiaca silente y tienen mayor riesgo de presentar deshidratación e hipoglucemias graves. La neuropatía autonómica cardiaca puede sospecharse por la existencia de taquicardia en reposo (>100 latidos/min), ortostatismo o por otras alteraciones en las funciones del sistema nervioso autónomo que implican la piel, las pupilas o los sistemas gastrointestinales o genitourinarios.

En estos pacientes es importante realizar una prueba no intervencionista para detectar la presencia de enfermedad coronaria y recomendar ejercicios poco intensos y que no modifiquen la presión arterial: actividades acuáticas, bicicleta estática y ejercicios en sedestación. Como estos individuos pueden presentar problemas en la termorregulación, deben evitar hacer ejercicio en ambientes muy fríos o muy calurosos y mantenerse adecuadamente hidratados. También es importante evitar cambios bruscos de posición y monitorizar frecuentemente la glucemia.

Retinopatía

En los pacientes con retinopatía diabética no proliferativa grave, y sobre todo en la proliferativa, una actividad intensa puede precipitar una hemorragia vítrea o un desprendimiento de retina. Por tanto, teniendo en cuenta que el grado de retinopatía permite estratificar el riesgo del ejercicio, a todos los pacientes se les debe realizar un examen del fondo de ojo antes de iniciar un programa de ejercicio físico y, posteriormente, realizar controles cada 1-12 meses, según la afectación.

Los pacientes con retinopatía moderada deben evitar los ejercicios que aumentan drásticamente la presión arterial (levantar pesos, maniobras de Valsalva intensas). Cuando existe retinopatía no proliferativa grave o proliferativa, deben evitarse ejercicios que aumenten la presión arterial bruscamente (actividades físicas violentas, maniobras de Valsalva, levantamiento de pesos), aquellos que conlleven movimientos bruscos o de bajar la cabeza (gimnasia, yoga) y de contacto (boxeo, artes marciales, etc.). La retinopatía proliferativa activa (hemorragia vítrea, tracción fibrosa) y la fotocoagulación o cirugía recientes constituyen contraindicaciones para cualquier ejercicio.

Los ejercicios más recomendables son los aeróbicos de baja intensidad (bicicleta estática, caminar, natación, aeróbicos de bajo impacto) y que permitan mantener la presión arterial sistólica durante la actividad por debajo de 170 mmHg.

Nefropatía

La actividad física ligera y moderada incrementa los niveles de albuminuria en los pacientes con albuminuria normal ($<20 \mu\text{g}/\text{min}$), nefropatía incipiente (microalbuminuria $>20 \mu\text{g}/\text{min}$) o establecida ($>200 \mu\text{g}/\text{min}$). Este incremento está relacionado con el aumento de la presión arterial y posiblemente con los cambios hemodinámicos renales, pero no existen datos que permitan afirmar que el ejercicio acelere la progresión de la nefropatía y tampoco existen recomendaciones específicas para la práctica de ejercicio físico en estas situaciones.

En la actualidad, por tanto, no hay razones claras para limitar una actividad física moderada en los pacientes con nefropatía; sin embargo, los ejercicios extenuantes o de alta competición, aquellos que aumentan la presión arterial (levantamiento de pesos, ejercicios aeróbicos intensos y los que conllevan maniobras de Valsalva) probablemente deben ser desaconsejados en estos pacientes. Entre las recomendaciones es importante

la hidratación adecuada y controlar la presión arterial y la albuminuria.

Bibliografía

Boule NG, Haddad E, Kenny GP, Wells GA, Sigal RJ. Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. *JAMA*. 2001; 286: 1.218-1.227.

Carreras G, Pérez A. Modificaciones del metabolismo hidrocarbonado y lipídico mediante el ejercicio. En: Serra R, ed. *Corazón y ejercicio físico en el niño y el adolescente*. Barcelona: Masson, 2001.

Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, Hamman RF, Lachin JM, Walker EA, Nathan DM. Diabetes Prevention Program Research Group. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med*. 2002; 346: 393-403.

Laaksonen DE, Lindstrom J, Lakka TA, Eriksson JG, Niskanen L, Wikstrom K, Aunola S, Keinanen-Kiukaanniemi S, Laakso M, Valle TT, Ilanne-Parikka P, Louheranta A, Hamalainen H, Rastas M, Salminen V, Cepaitis Z, Hakumaki M, Kaikkonen H, Harkonen P, Sundvall J, Tuomilehto J, Uusitupa M; Finnish diabetes prevention study. Physical activity in the prevention of type 2 diabetes: the Finnish diabetes prevention study. *Diabetes*. 2005; 54: 158-165.

Pérez A, Rigla M. Ejercicio físico en diversos trastornos metabólicos: Diabetes, dislipemia y obesidad. En: Mateo J, Serra R, ed. *Prescripción del ejercicio físico para la salud*. Barcelona: Paidotribo, 1996; 307-340.

Rabasa-Lhoret R, Bourque J, Ducros F, Chiasson JL. Guidelines for premeal insulin dose reduction for postprandial exercise of different intensities and durations in type 1 diabetic subjects treated intensively with a basal-bolus insulin regimen (ultralente-lispro). *Diabetes Care*. 2001; 24: 625-630.

Riddle MC, McDaniel PA, Tive LA. Glipizide-GITS does not increase the hypoglycemic effect of mild exercise during fasting in NIDDM. *Diabetes Care*. 1997; 20: 992-994.

Ruderman N, Devlin JT, Schneider SH, Kriska A, ed. *Handbook of exercise in diabetes*. Alexandria: American Diabetes Association, 2002.

Sane T, Helve E, Pelkonen R, et al. The adjustment of diet and insulin dose during long-term endurance exercise in type 1 (insulin-dependent) diabetic men. *Diabetologia*. 1988; 31: 35-40.

Zinman B, Ruderman N, Campaigne BN, Devlin JT, Schneider SH; American Diabetes Association. Physical activity/exercise and diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 2003; 26 (supl 1): S73-77.

Índice alfabético de materias

A

Accidente cerebrovascular,
28
Ácidos grasos, 13, 15
Actividad aeróbica, 70
– deportiva, 3, 6
– física, 6, 7
– – prescripción, 51
– – recomendaciones, 63
– – regular, 34
– – salud, 43
– metabólica, 10
– perfil, 64
Adaptaciones
 cardiovasculares, 17
Adhesión, 60
– plaquetaria, 40
Afecciones cardiovasculares,
3
Ansiedad, 41
Aparato cardiocirculatorio,
48
– locomotor, flexibilidad,
49
– – fuerza muscular, 49

– – movilidad articular, 49
– respiratorio, 48
Arterioesclerosis, 35
Aterosclerosis, 28
Autoconfianza, 41
Autoeficiencia percibida,
62
Autoestima, 41

B

Barreras, 63
Beneficios psicológicos, 25,
68
Bienestar psicológico, 36

C

Carbohidratos, 8
Cardiopatías, 55
Cetonuria, 96
Cetosis, 96
Cineantropometría, 46,
47, 52

Claudicación intermitente,
105
Colesterol HDL, 29
– LDL, 29
Combustibles, 14
Complicaciones, 67
– crónicas, 85
– microvasculares, 79
Composición corporal, 36, 46,
69
Condición aeróbica, 78
Conducta perseverante, 61
Consumo oxígeno, 74
Contracción muscular, 4, 80
– isométrica, 80
– isotónica, 80
Contraindicaciones, 55
Control glucémico, 35, 68, 76,
90

D

Deficiencia insulina, 90
Deportes, 7
Depresión, 25, 41
Diabetes mellitus tipo 2, 25,
34
– – – – hipertensión, 68
– – – – prevención, 37
– Prevention Program, 37
– tipo 1, 90
Dieta, 38
– ejercicio físico, 38

Dinamometría, 47
Dislipemia, 34

E

Edad avanzada, 40
– – ejercicio físico, 40
Efectos beneficiosos, 5, 16, 27
Ejercicio aeróbico, 7
– anaeróbico, 7
– físico, 3, 7
– – programado, múltiples
dosis, 99
Electrocardiograma, 47, 52
Encefalinas, 6
Endorfinas, 6
Enfermedad cardiovascular,
25, 26, 28, 68,
– vascular periférica, 105
Entrenamiento, 22, 29, 76, 77
– aeróbico, 17
Equivalentes metabólicos, 11
Ergometría, 20, 50
Escala Borg, 75
– percepción esfuerzo, 74
Espiroimetría, 52
– basal, 47
Estiramientos, 82, 83, 84
Estudios epidemiológicos,
26
– prospectivos, 26
Etapa inicio, 22
Expectativas, 59

F

- Facilitación neuromuscular
 - propioceptiva, 83
- Factores riesgo coronario, 44
- Fase mantenimiento, 22
 - mejora, 22
- Finnish Diabetes Prevention Study, 38
- Flexibilidad, 4, 19, 40, 69, 79, 82, 83, 85
 - aparato locomotor, 49
- Forma física, 21, 68
- Fracción eyección, 17
- Frecuencia cardíaca, 11, 12, 17, 21, 52, 74
 - – máxima, 73
- Fuerza, 19
 - muscular, aparato locomotor, 49
 - resistencia cardiovascular, 69,
 - – muscular, 78, 79
- Función cognitiva, 41

G

- Gasto calórico, 12
 - energético, 5, 9-12
- Glucógeno hepático, 14
 - muscular, 14, 15
- Glucogenólisis hepática, 14
- Glucosa, intolerancia, 37, 38

- producción, 90
- Grasas, 8
 - corporales, 68
 - porcentaje, 10

H

- Hábito tabáquico, 30
 - vida, 5
- Hidratación, 107
- Hidratos carbono, 94, 99, 101
 - – suplementos, 101
- Hiperglucemia, 98
 - posprandial, 34
- Hipertensión, diabetes tipo 2, 68
 - arterial, 31, 34
- Hipoglucemia, 90, 92, 94, 98
 - tardía, 94
- Historial deportivo, 45
 - laboral, 45
- Hormonas
 - contrarreguladoras, 14, 90, 96

I

- Índice cardíaco, 53
 - masa corporal, 46
- Individuos mederadamente activos, 27
 - sedentarios, 27

Información disponible, 63
Insulina, 90, 96
– absorción, 102
– acción rápida, 100, 101
– deficiencia, 33, 90, 96
– intermedia, 100
– resistencia, 33, 34, 90
– sensibilidad, 16, 79
Intensidad, 71, 73
– alta, 73
– baja, 73
– prescripción, 71
Intolerancia glucosa, 37, 38

K

Kilocalorías, 9

L

Lactato, 8, 15
Lesiones, prevención, 44
Lipólisis adrenalina,
glucagón, 14
Lipoproteínas, 30, 35
Lipoproteínlipasa, 30

M

Maniobras Valsalva, 107
Masa corporal, 10

Meglinida, 99
Meta final, 61
Metformina, 37
Método Karvonen, 21
Microalbuminuria, 107
Mortalidad, 35
– cardiovascular, 27
Motivación, 59, 60, 62, 67
Movilidad articular, aparato
locomotor, 49

N

Nefropatía incipiente, 107
Neuropatía autonómica, 106
– periférica, 102
Norepinefrina, 32
Nutrientes, 4

O

Obesidad, 25
– abdominal, 36
Objetivos, 61, 62
Osteoporosis, 25
Oxígeno, consumo, 11, 12
– diferencia arteriovenosa, 18

P

Pérdida ponderal, 39

Perfil actividad, 64
 – lipídico, 16
 Polineuropatía, 105
 Precalentamiento, 22
 Prescripción, 43, 67, 77, 85
 – actividad física, 51
 Presión arterial, 18, 52, 107
 Prevención, 67, 85
 – enfermedades, 6
 – lesiones, 44
 – obesidad, 9
 Programa ejercicio físico
 regular, 51
 Progreso, 77
 Proteína C reactiva, 28
 Protocolo Bruce, 54
 Prueba escalón, 20
 – esfuerzo, 20, 50, 52
 – – potencia, 50
 – – resistencia, 50
 Pulsómetro, 21, 53

R

Reducción peso, 12
 Remodelación vascular, 32
 Resistencia, 19, 20, 30
 – cardiorrespiratoria, 69, 70
 – insulina, 33, 90
 – muscular progresiva, 81, 82
 – – repetición ejercicio, 1 RM,
 peso máximo, 81
 – – sobrecarga, 81, 82

– vascular periférica, 31
 Retinopatía diabética, 106
 – proliferativa, 107
 Riesgo cardiovascular, 34, 68
 Ritmo respiratorio, 11

S

Salud, actividad física, 43
 Sarcopenia, 21
 Sedentarismo, 5, 59
 Sensibilidad insulina, 79
 Síndrome metabólico, 3
 Sistema nervioso simpático,
 32
 Somatotipo, 46
 Sulfonilureas, 92, 99
 Supervisión médica,
 actividad deportiva, 44
 Suplementos alimentarios, 97
 Sustratos energéticos, 4
 – utilización, 15

T

Tai-chi, 84
 Taquicardia, 106
 Termogénesis, 10
 Termorregulación, 106
 Test Harvard, 53
 Tipo ejercicio, 70
 Transportadores, 16

Transporte oxígeno, 19
Tratamiento diabetes, 85
– obesidad, 9
Triglicéridos, 29

V

Valoración médica, actividad
deportiva, 43
Vascularización periférica, 18

Vasoconstricción, 32
Velocidad, 19
Volumen máximo oxígeno,
12, 15, 19
– plasmático, 18
– respiratorio, 12

Y

Yoga, 84

