

DIABETES Y EJERCICIO

Lic. Karen Vanesa Cámara

kvcamera@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La diabetes es un trastorno metabólico crónico caracterizado por la mayor o menor capacidad del organismo de utilizar a la glucosa. Como consecuencia, aumentan los niveles de glucemia, produciendo síntomas típicos. Afecta aproximadamente a 150 millones de personas de todo el mundo. Este número puede aumentar al doble en los próximos 25 años.

Estas alteraciones metabólicas se producen por un desequilibrio endócrino como consecuencia de la carencia de insulina efectiva disponible, que interfiere a su vez con la actividad de otras hormonas.

Esta patología se clasifica en:

- **Diabetes tipo 1** (se elimina el término insulino dependiente)
- **Diabetes tipo 2** (se elimina el término no dependiente de insulina)

Si bien ambas patologías son diferentes entre sí, tanto la diabetes tipo 1 como la tipo 2, están influenciadas por componentes ambientales y existe evidencia que hay susceptibilidad genética en ambas, como así también un mayor riesgo de padecer patologías cardíacas.

Si bien en la actualidad se conocen más claramente los beneficios del ejercicio en el paciente con diabetes, ya en la época del médico indio Sushruta (600 a.C.), se consideraba al ejercicio como medio de utilidad terapéutica para la diabetes. En 1919 algunos investigadores ya habían demostrado que la actividad física disminuye la glucemia, y poco después del descubrimiento de la insulina en 1921, se señaló que el ejercicio potenciaba el efecto hipoglucemiante de esta hormona.

Los beneficios a mediano y largo plazo de la práctica regular de actividad física contribuyen a disminuir los factores de riesgo para el desarrollo de la enfermedad cardiovascular (incrementados en el paciente con diabetes), a través de la mejora del perfil lipídico, normalización de la tensión arterial, aumento de la circulación colateral, disminución de la frecuencia cardíaca en reposo y durante el ejercicio. También ocurren cambios que favorecen el cuidado y autocontrol por parte del paciente, y consecuentemente contribuyen a mejorar la calidad de vida. Más aún, se ha comprobado que los sujetos de edad avanzada que permanecen físicamente activos, logran niveles de control glucémico, similar a personas jóvenes no entrenadas o sedentarias. Otro de los beneficios no mencionado usualmente, es el aumento de la autoestima y la autoconfianza, principalmente en el inicio de la enfermedad.

ROL DE LA INSULINA

La insulina es una hormona que facilita la captación y utilización de la glucosa por los tejidos corporales, especialmente en los músculos y el tejido adiposo (tejidos insulino dependientes). En el gráfico 1 pueden observarse sus acciones.

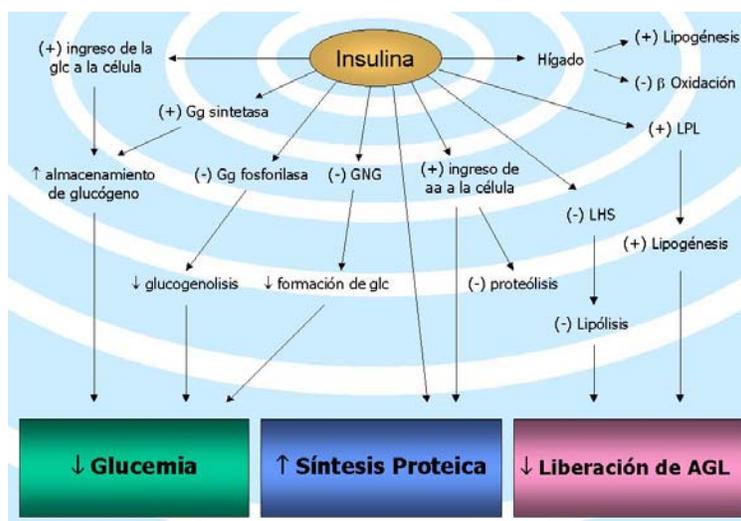


Gráfico 1. Acciones de la insulina

Es la hormona más anabólica del organismo, segregada por las células β de los islotes de Langerhans del páncreas. Interviene en el metabolismo de carbohidratos (CHO), proteínas y grasas. Sus efectos sobre el metabolismo de los macronutrientes se detallan en la Tabla 1.

Metabolismo	Estimulación	Inhibición
CHO	Ingreso a la célula Glucógenogénesis Glucólisis	Glucogenólisis Gluconeogénesis
Proteínas	Ingreso de aminoácidos a la célula Síntesis proteica	Catabolismo proteico
Grasas	Lipogénesis	Lipólisis β-Oxidación Cetogénesis

Tabla 1. Efectos de la insulina sobre los diferentes metabolismos

Mecanismos de control neural aseguran el funcionamiento del islote en forma coordinada con otros sistemas del organismo. Así por ejemplo, en el momento de la ingesta de alimentos la activación vagal refleja, inducida por estimulación de diversas porciones del tubo digestivo, incrementa la secreción de insulina favoreciendo el aprovechamiento de los nutrientes incorporados. Por el contrario, durante el ejercicio físico predomina el tono simpático, logrando una disminución de la secreción de insulina y un incremento de la liberación de glucagon, y aumentando en forma directa (terminales noradrenérgicas y disminución de la secreción de insulina) la producción de glucosa por parte del hígado.

El paso inicial de la actividad insulínica a nivel de la fibra muscular, es su unión e interacción con receptores específicos. Esta interacción depende de la afinidad y número de receptores. Este paso es seguido por una "internalización" y por una degradación. El acoplamiento de la insulina a un receptor disminuye la afinidad del receptor libre por la insulina. Por lo tanto, una alta concentración de insulina es seguida por una disminución en el número de receptores disponibles, y una resistencia relativa a la insulina. La mayor sensibilidad insulínica, se logra con las menores concentraciones de la hormona. Esta sensibilidad puede disminuir en un 50% durante la pubertad, probablemente debido al incremento en la secreción de la hormona de crecimiento.

La contracción muscular es un estímulo importante para el ingreso de la glucosa a la célula muscular. Los transportadores de glucosa, cumplen una función clave. Existen dos tipos:

- 1. Los vinculados al sodio (intestinales y renales)**
- 2. Los que transportan glucosa a través del mecanismo de difusión por gradiente.**

Estos últimos, llamados **GLUT**, son una familia de proteínas de membrana y citoplasmáticas, codificadas por diferentes genes, que se localizan principalmente en músculo y adipocito. Tienen una zona hidrófoba que permanece en contacto con la membrana de la célula (citoplasmática o del sistema retículo endoplasmático) mientras que las terminaciones son intracitoplasmáticas. Se han identificado 7 isoformas. Prácticamente en todas las células del organismo existe una o más isoformas del transportador de glucosa.

Los hepatocitos presentan la isoforma GLUT2, al igual que las células β del páncreas. Los GLUT2 no pueden ser reclutados por la insulina, por lo que esta hormona no aumenta en forma directa el transporte de glucosa hacia el interior de los hepatocitos. Sin embargo, el incremento de la glucocinasa por parte de la insulina, al aumentar la concentración intracelular de glucosa 6-fosfato (primera reacción de la glucólisis), favorece la creación de un gradiente de flujo de glucosa desde el exterior hacia el interior de los hepatocitos.

El efecto más exclusivo de la insulina luego de haberse unido a su receptor de membrana es la estimulación del sistema de transportadores específico en la membrana plasmática de las células. El GLUT4 se encuentra en tejidos como el adiposo y muscular; dentro de la célula, se ubica en vesículas citoplasmáticas, y su función es facilitar la difusión de glucosa extracelular al citosol. La insulina estimula la síntesis de GLUT4, como su transferencia de depósitos citoplasmáticos a la membrana plasmática. El ejercicio aumenta la expresión de GLUT4 permitiendo el mecanismo mencionado y aumentando el ingreso de glucosa a la célula, a través de un mecanismo no dependiente de la insulina. Otro efecto del ejercicio es mejorar la distribución de las vesículas, reclutándolas en la superficie celular.

Los transportadores GLUT1 y GLUT4 son los que están íntimamente relacionados con el ejercicio. La actividad física también aumenta el número y la actividad de los GLUTs, principalmente la isoforma GLUT4. Esta isoforma aumenta inmediatamente luego del ejercicio. El GLUT1 no se modifica con el entrenamiento, sino que aumenta en hipoglucemias, con lo cual tendría una función protectora del cerebro. La vida media del GLUT4 es cercana a las 8 horas, con lo cual la frecuencia del entrenamiento es un punto clave en personas con diabetes. El ejercicio además de aumentar el GLUT4 por corto tiempo, también incrementa la sensibilidad a la insulina durante unas 12-15 horas luego de una simple sesión de ejercicio (por mucho más tiempo si se realiza un entrenamiento regular). Este efecto se mantiene en el tiempo y de esta forma se incrementa el glucógeno muscular.

EFFECTOS METABÓLICOS DEL EJERCICIO

El control de la utilización óptima de los sustratos energéticos depende principalmente del sistema nervioso simpático y de la interacción de varias hormonas.

El ejercicio es un potente estimulador del consumo de glucosa por parte del tejido muscular, también estimula el sistema simpático, el cual en respuesta, provoca una rápida inhibición α -adrenérgica de la secreción de insulina, y como se mencionó antes, los niveles plasmáticos de insulina disminuyen al tiempo que se produce un incremento de los niveles plasmáticos de las hormonas contrarreguladoras (epinefrina, norepinefrina, glucagon, hormona de crecimiento, cortisol). En la Tabla 2 pueden apreciarse detalladamente los efectos de cada una de

ellas. La pequeña cantidad de insulina remanente es insuficiente para prevenir la gluconeogénesis, la glucogenólisis y la lipólisis, pero facilita la utilización de glucosa en el músculo activo.

Epinefrina	Estimula la glucogenólisis muscular y en menor medida la hepática Moviliza ácidos grasos del tejido adiposo
Norepinefrina	Estimula al hígado a producir glucosa desde sus precursores
Glucagon	Estimula la hidrólisis de glucógeno hepático y la gluconeogénesis
Hormona de crecimiento	Estimula directamente el metabolismo de las grasas e indirectamente la disminución en la utilización de glucosa
Cortisol	Moviliza aminoácidos y glicerol como precursores de glucosa hepática

Tabla 2. Efecto en el ejercicio de hormonas contrarreguladoras

Durante el ejercicio, la cantidad de glucosa producida por la gluconeogénesis iguala la cantidad requerida por el aumento del consumo de glucosa por el músculo en actividad y por el aumento de los requerimientos fisiológicos de otros sistemas (ej: sistema nervioso central y sistema cardiovascular). Como resultado, la glucemia puede estar estable o un poco elevada en ejercicios de hasta 1-2 horas, sin ingesta de comida. Con ejercicio prolongado de moderada a alta intensidad de más de 60-90 minutos de duración, la glucemia tiende a disminuir como consecuencia de la salida de glucosa hepática, luego de la depleción de las reservas hepáticas de glucógeno. De todas maneras, hay beneficios si se consumen carbohidratos durante el ejercicio para ayudar a mantener los niveles de glucosa plasmática y promover la recuperación.

El predominio de hormonas contrarreguladoras produce, además del aumento en la glucogenólisis muscular y hepática, mayor lipólisis en tejido adiposo, lo que explica el cambio progresivo en la utilización de sustratos. La hormona de crecimiento y el cortisol son menos importantes en las actividades de corta duración pero, al aumentar las tasas de lipólisis y de gluconeogénesis, toman mayor importancia a medida que se prolonga la actividad.

DIABETES TIPO 1

Abarca a todas las formas de diabetes que se originan por destrucción de las células β del páncreas y que son propensas a la cetoacidosis. Debido a la destrucción de estas células, la insulina debe ser aportada en forma exógena. El mecanismo de hiperglucemia está dado por el déficit de insulina. Parte del tratamiento está dado por un plan de alimentación equilibrado y la administración de insulina.

Los atletas con diabetes deberían ser alentados para tomar una responsabilidad completa en el manejo de su patología. Esto incluye tener alimentos fácilmente disponibles, incluyendo comida de emergencia en caso de hipoglucemia, comer regularmente, reconocer y manejar cambios de los niveles de insulina durante el ejercicio, enfermedad o infección, etc.

Efectos metabólicos del ejercicio en diabetes tipo 1

Muchos de los primeros estudios que investigaron los efectos del entrenamiento sobre la diabetes no pudieron demostrar mejorías en la glucosa plasmática en reposo, y niveles de insulina o tolerancia a la glucosa. Sin embargo, en muchos de estos estudios es cuestionable si los programas de entrenamiento fueron adecuados o no.

En el paciente con diabetes, los niveles de insulina no están determinados por la respuesta fisiológica del ejercicio, sino por el momento y la cantidad de dosis aplicadas, los procesos no son tan armónicos. La respuesta metabólica y hormonal en esta forma de diabetes está determinada por numerosos factores.

Estos incluyen:

- ⊙ Intensidad y duración del ejercicio
- ⊙ Tipo y dosis de insulina inyectada antes del ejercicio
- ⊙ Sitio de inyección e la insulina
- ⊙ Tiempo previo de inyección de insulina
- ⊙ Tiempo de la última comida

El mayor determinante de la respuesta glucémica es la disponibilidad de insulina. Por eso, la clave está en comenzar con la cantidad de insulina adecuada. Es importante entender los efectos de la insulina sobre la glucosa plasmática cuando se planifica el uso de la primera en conjunción con el ejercicio. La secuencia en la utilización de los sustratos energéticos, en el sujeto con diabetes con dosis insulínicas correctas, está gobernada por los mismos mecanismos que en una individuo sano. En el gráfico 2 se observa qué sucede en un déficit insulínico.

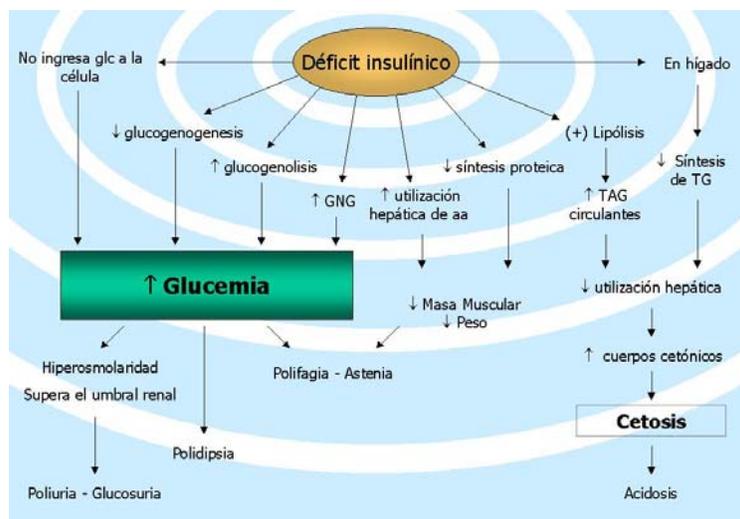


Gráfico 2: Consecuencias de la ausencia de insulina

Aunque la producción hepática de glucosa es cuantitativamente la misma en diabéticos y no diabéticos, parece que los sujetos con diabetes tienen una capacidad gluconeogénica tres veces mayor que los que no lo son. Entre otras anomalías, debido a una reducción en la actividad mitocondrial de la piruvato deshidrogenasa, se oxida una menor proporción de glucosa extraída por el músculo. La menor capacidad oxidativa es compensada por el incremento en la utilización de ácidos grasos (33% en comparación con el 27% en sujetos sanos). La cetonemia post-ejercicio observada en la población normal también se ve en los sujetos con diabetes, con excepción que para ellos los cuerpos cetónicos no constituyen una fuente apreciable de energía durante el ejercicio. La participación del diabético en un programa de ejercicios físicos incrementa la capacidad oxidativa de las enzimas musculares aumentando, por lo tanto, la capacidad aeróbica como en los sujetos sanos.

La prolongación de la avidez muscular de glucosa luego de la finalización del esfuerzo muscular podría resultar de la afinidad aumentada por el ejercicio, y del número disponible de receptores insulínicos, los que favorecen la reposición del glucógeno muscular. La repleción de las reservas de glucógeno hepático también cumple un papel importante. Como se ha visto, la insulina también es indispensable en esta fase de recuperación.

El ejercicio practicado durante la mañana usualmente ejerce menos disminución sobre la glucosa sanguínea que el mismo ejercicio realizado por la tarde. Esto se debe a la alta circulación

de cortisol y otras hormonas hiperglucemiantes, además la insulino resistencia es mayor durante la mañana, junto con niveles más bajos de insulina.

Los individuos con diabetes entrenados tienen una sensibilidad a la insulina más alta que los sedentarios, pudiendo requerir adaptaciones de la insulina y de la ingesta. Sin embargo, esta situación después de un período (aunque sea de 1-2 días) sin ejercitarse, disminuye.

Es importante que los deportistas con diabetes tipo 1 aprendan de sus respuestas individuales al ejercicio; esto se logra con la práctica. Una buena idea es llevar anotaciones durante las sesiones iniciales de ejercicio sobre el nivel de glucosa en sangre, la dosis de insulina, la hora de aplicación y la ingesta de carbohidratos hasta lograr determinar cuál es la combinación ideal de acuerdo a la respuesta individual.

Dentro de los beneficios a corto plazo, el aumento del consumo de glucosa como combustible por parte del músculo en actividad, contribuye al control de la glucemia, ya que este efecto puede prolongarse por horas y hasta días después de terminado el ejercicio. Sin embargo, esta respuesta metabólica normal ante el ejercicio puede verse alterada durante estados de extrema deficiencia de insulina o exceso de la misma, lo que determina un mayor riesgo de hipoglucemia y/o hiperglucemia y desarrollo de acidosis.

Ejercicio con dosis adecuada de insulina

Se requiere una adecuada terapia insulínica para permitir todos los beneficios de la actividad muscular en la asimilación de la glucosa (ver Gráfico 3). Sólo bajo estas condiciones, la adaptación metabólica al ejercicio en los diabéticos es del mismo orden que la observada en los no diabéticos. De todas maneras, el incremento en la tasa de remoción de glucosa durante el ejercicio continúa luego que haya cesado la actividad muscular, y ello podría manifestarse en una hipoglucemia post-ejercicio. Para prevenirla, se sugiere consumir una colación después de terminar el ejercicio si la glucemia es normal, controlar nuevamente la glucemia antes de acostarse y si es menor de 120 mg%, consumir otra colación.

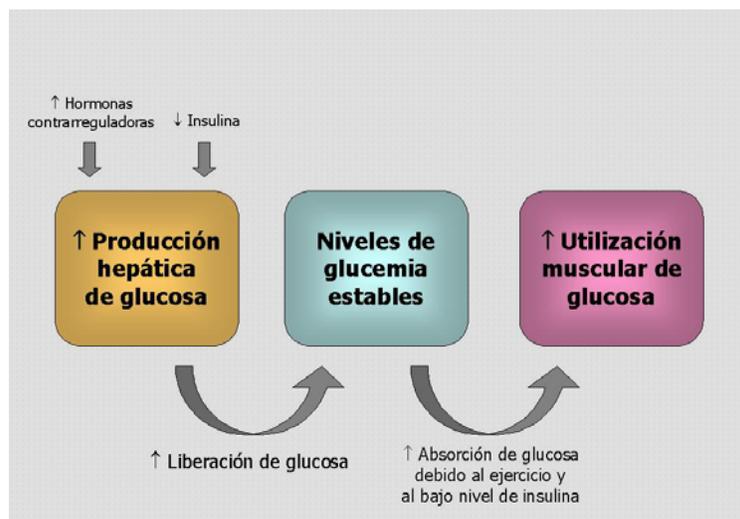


Gráfico 3. Ejercicio en normoinsulinemia

Ejercicio en hiperinsulinemia

En la diabetes tipo 1, los niveles de insulina plasmática, no disminuyen durante el ejercicio. Esto podrá causar hipoglucemia severa, pues el músculo que está en actividad consume glucosa al

tiempo que la insulina extra bloquea la producción hepática de glucosa y la liberación de ácidos grasos desde el tejido adiposo (ver Gráfico 4). La hipoglucemia puede darse durante o después del ejercicio. La hiperinsulinemia puede ocurrir si la insulina alcanza su pico máximo de acción durante el ejercicio o bien si se inyectó en la zona protagonista del ejercicio, aumentando su absorción.

Hay un mayor riesgo de hipoglucemia severa en aquellos sujetos con una pobre respuesta al glucagon y adrenalina a los niveles disminuidos de glucosa en sangre. Además, la falta de respuesta de la adrenalina impide que estos pacientes se anticipen a episodios hipoglucémicos.

Si la ingesta dietética y la insulina son ajustados adecuadamente, la hiperinsulinemia puede ser evitada.

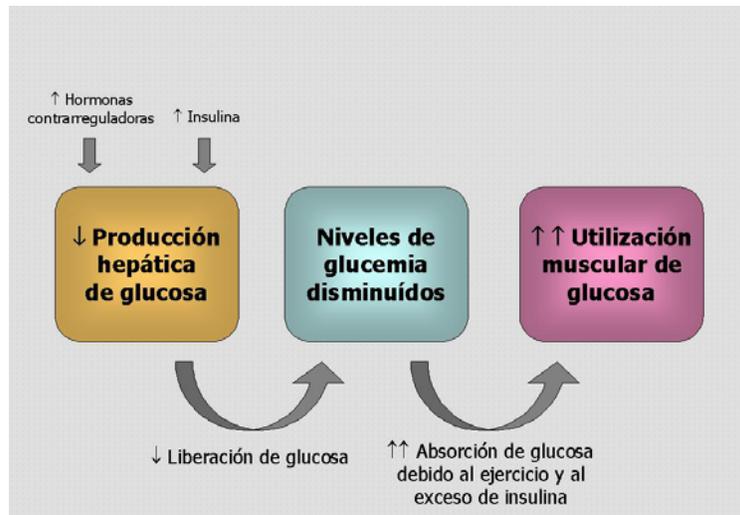


Gráfico 4. Ejercicio en hiperinsulinemia

Ejercicio en hipoinsulinemia

La respuesta de las hormonas contrarreguladoras es mayor que la normal. De esta manera se va a exacerbar la producción hepática de glucosa, y va a disminuir la utilización de glucosa por parte del músculo en actividad, resultando en una marcada hiperglucemia (ver Gráfico 5). Además del aumento de la gluconeogénesis, también hay un incremento de la movilización de lípidos y de la cetogénesis en el hígado, pudiendo esto llevar a una cetoacidosis. La actividad física está prohibida cuando la glucemia supera los 250 mg/dl y hay cetonuria, ó si es superior a 300 mg/dl.

Durante ejercicios muy intensos, la hiperglucemia puede producirse por una excesiva descarga de hormonas contrarreguladoras. Ellas pueden estimular un excedente de producción hepática de glucosa más allá de los límites de utilización periférica. Esto puede ocurrir en diabetes tipo 1, aunque haya presencia de insulina.

Si la ingesta dietética y la dosis de insulina son ajustadas apropiadamente, esta situación también puede ser evitada.

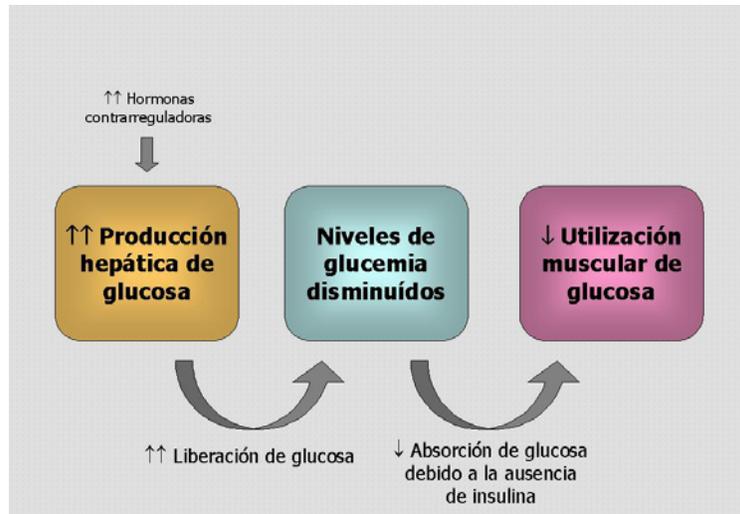


Gráfico 5. Ejercicio en hipoinsulinemia

Manejo nutricional

Los lineamientos nutricionales para el entrenamiento y la competición recomendados para los atletas con diabetes, no son diferentes a los recomendados para los atletas sin diabetes. Un plan de alimentación basado en comidas ricas en carbohidratos y bajas en grasa, es compatible con el manejo de la diabetes y la performance deportiva. Además, como todos los atletas, aquellos con diabetes deberían tratar de mantener una ingesta regular de comida, preferentemente con alimentos ricos en carbohidratos. Un atleta que realiza sus entrenamientos regularmente, necesitará menos ajustes en la comida y en la dosis de insulina que aquella persona que ejercita ocasionalmente. Para individuos que recientemente fueron diagnosticados con diabetes tipo 1, la fase de estabilización y ajuste, debe ser más prioritaria que la interrupción de la rutina de entrenamiento.

El sujeto con diabetes tipo 1 que habitualmente realiza ejercicio físico debe considerar:

- ⦿ El contenido de macronutrientes y el horario de comidas y colaciones
- ⦿ La dosis de insulina y el momento de su pico máximo
- ⦿ Monitoreo regular de la glucemia con ajustes alimentarios e insulínicos
- ⦿ Duración e intensidad de la actividad física

Existen lineamientos acerca de cantidades de carbohidratos a ingerir de acuerdo a la intensidad y duración del ejercicio programado (ver Tabla 3). Si el atleta tiene un buen control metabólico y su glucemia se encuentra entre 70 y 140 mg%, la recomendación de la ingesta de carbohidratos antes, durante y después del ejercicio, es la misma que para el atleta sin diabetes. Si la glucemia se encuentra fuera de este rango, debe ajustarse la ingesta de alimentos, o bien puede postergarse el ejercicio, hasta que se alcance un control metabólico adecuado.

Los individuos necesitarán monitorear frecuentemente los niveles de glucemia y adaptar la ingesta recomendada sobre las bases de las respuestas individuales al ejercicio. El método más apropiado es el del ensayo y error. En la tabla 3 hay indicaciones acerca de las cantidades recomendadas de carbohidratos según la intensidad y duración de la actividad física. Las recomendaciones nutricionales para antes, durante y después del ejercicio son las siguientes:

Pre-ejercicio

- ⊙ Ingerir una comida 2-3 horas previas al ejercicio
- ⊙ Medir la glucemia previa al ejercicio
- ⊙ Comer un snack mixto 30-60´ previos al ejercicio
- ⊙ Modificar la dosis de insulina en función de la duración y la intensidad

Durante el ejercicio

- ⊙ Monitorear la glucemia cada 30 minutos
- ⊙ Tener carbohidratos fácilmente disponibles
- ⊙ En lo posible, ejercitar con un compañero

Post-Ejercicio

- ⊙ Medir la glucemia inmediatamente después y a intervalos regulares en función a la experiencia previa
- ⊙ Realizar una ingesta cada 2-3 horas para reponer los depósitos de glucógeno

Puesto que los carbohidratos son el combustible más importante para el ejercicio y sus depósitos corporales son limitados, el agotamiento del glucógeno puede ser una de las causas fundamentales de la fatiga durante el ejercicio. Es por eso que muchos deportistas realizan la carga de carbohidratos (o supercompensación de glucógeno). Para llevar a cabo esta manipulación dietética se requiere un adecuado control metabólico. Como la carga de carbohidratos es dependiente de la disponibilidad de insulina, esta técnica debería ser utilizada con precaución en atletas que requieran de insulina. La dosis de insulina debería ser ajustada en forma pareja con los cambios en la dieta y con los efectos del ejercicio antes de la competencia. Para el atleta con un pobre control metabólico, es más complejo lograr niveles estables de glucemia, y la carga de carbohidratos puede precipitar otras complicaciones.

Los deportistas con diabetes tipo 1 tienden a preocuparse por el aporte de carbohidratos y olvidan los requerimientos de fluidos, y hay que tener en cuenta que una sed excesiva puede ser signo de hiperglucemia. Los lineamientos para la composición y el volumen conveniente de fluidos para el entrenamiento y la competencia son los aplicables para un atleta sin diabetes.

Ejercicios cortos de alta intensidad y entrenamientos leves

En estos casos, se requieren mínimos ajustes o ninguno de comidas pre-ejercicio si la glucemia se encuentra entre 100 y 180 mg%. Si la glucemia se encuentra entre 180 y 250 mg%, probablemente no exista necesidad de realizar una colación extra. Si es mayor a 250 mg%, hay que chequear la existencia de cetonas. Si da positivo, debe mejorarse el control diabético antes de realizar ejercicio.

Ejercicios de intensidad moderada y duración breve (15-30 min)

Se recomienda una colación pre-ejercicio de carbohidratos de bajo índice glucémico, 1 a 3 horas del antes del comienzo del ejercicio. Si la glucemia está entre 100 y 180 mg% y la actividad física coincide con el pico máximo de acción de la insulina, adicionalmente deberían consumirse unos 10-15 g de carbohidratos unos 20-30 minutos antes del inicio. Si la glucemia es mayor a 250 mg%, se recomienda posponer el ejercicio. Luego de finalizado el ejercicio, 15-30 g de carbohidratos pueden ser requeridos para mantener adecuadamente los niveles de glucosa y prevenir una hipoglucemia, además de promover la recuperación.

Ejercicios de moderada a alta intensidad y media a larga duración (> 30 min)

Una ingesta pre-ejercicio con unos 15 g adicionales de carbohidratos con alto índice glucémico por cada 20 minutos de actividad programada deberían ser probados inicialmente. Esto debería ser consumido 1 a 3 horas antes del ejercicio, con un agregado extra de 15 g de carbohidratos de alto índice glucémico justo antes de la competencia.

Durante actividades prolongadas, sería adecuado consumir carbohidratos cada 60-90 minutos para ayudar a prevenir la hipoglucemia y mantener la capacidad del ejercicio. En la práctica, la forma sólida o líquida no hace la diferencia en la performance y depende de las preferencias individuales y las oportunidades de consumo durante la actividad.

Duración e intensidad del ejercicio	Glucemia (mg%)	Ingesta de carbohidratos (g)
Corto de alta intensidad (<30 min) (ej: levantamiento de pesas, sprints)	100-180	No requiere comida
Liviano (ej: caminar 30 min, pasos aeróbicos fáciles 60 min)	<100 >100	15 No requiere comida
Moderado (<45 min) (ej: nadar, trote, tenis, basquet)	<100 100-180 180-250 >250	30-45 15 No requiere comida Ejercicio no aconsejado
Moderado (>60 min) (ej: fútbol, ciclismo)	180-250 + reducción de la dosis insulina >230-250 y cetonas >300 (sin cetonas)	10-15 g/h Ejercicio contraindicado Ejercicio no aconsejado
Intenso (<60 min) (ej: triatlón, maratón, piragüismo, kayak, sky cross country, ciclismo)	<100 100-180 180-250 >250	45 30-45 15-30 Ejercicio no aconsejado
Intenso (>60 min) (ej: triatlón, maratón, piragüismo, kayak, sky cross country, ciclismo)	<100 100-180 180-250	50 g/h 25-30 g/h 10-15 g/h

TABLA 3. Recomendaciones de ingesta de carbohidratos (g) antes del ejercicio

Aplicación de insulina y Monitoreo de la glucemia

La insulina debe ser inyectada a cierta distancia de los grupos musculares que se reclutan durante la actividad. Cada sitio de inyección ha de ser evaluado en forma individual, porque la reabsorción de insulina varía de un sitio a otro, y es más rápido su transporte desde el abdomen, que desde los muslos o brazos. Hay que evitar realizar ejercicio en el pico de acción de la insulina, o bien alterar la dosis para que el pico no afecte cuando se haga ejercicio. Cuando el ejercicio no está planificado, carbohidratos de alto índice glucémico pueden ser consumidos previamente al ejercicio para evitar una eventual hipoglucemia. Los individuos que realizan actividad física en forma regular, deberán disminuir sus dosis de insulina. Si la actividad física tiene una duración menor a 30 minutos, no es necesaria dicha disminución. En cambio, para ejercicios más prolongados, la insulina es reducida un 15-40%. La reducción exacta depende de la intensidad y la

duración del ejercicio, entre otros factores, y varía considerablemente entre individuos. Si la actividad física continúa por varias horas, se requerirá una disminución sustancial (quizás hasta del 50%) de insulina. En algunos eventos, tales como maratones o triatlones, la insulina debe ser omitida, sin efectos adversos en el atleta. Sin embargo, aunque esto es importante para evitar el desarrollo de una hipoglucemia durante el ejercicio, una excesiva reducción en la dosis puede provocar hipoinsulinemia, resultando una hiperglucemia, con una pérdida de fluidos incrementada, posible cetosis y un alto riesgo de deshidratación y stress por calor.

Los individuos varían considerablemente la respuesta metabólica a la actividad física. Esto es importante para tener en cuenta según la situación deportiva en la que esté inmerso cuando se toman las decisiones sobre la dosis de insulina y con qué frecuencia debe realizarse el monitoreo. La respuesta está establecida por cada individuo en particular y es probable que sea similar en ocasiones futuras, por lo tanto, los ajustes apropiados pueden predecirse.

Es importante mejorar en el atleta el monitoreo de los niveles de glucemia de acuerdo a la dosis de insulina, especialmente durante las sesiones de entrenamiento y guardar los registros. Es muy importante enfatizar el mantenimiento relativo de los niveles de glucemia para maximizar los efectos del ejercicio. Si la actividad física no está planificada, y la insulina ya fue administrada, entonces habrá que ajustar la ingesta de carbohidratos.

Elección del deporte

En principio, si la dosis insulínica es correctamente ajustada, el sitio de inyección es el adecuado, y se han tomado todas las precauciones nutricionales, no existe límite en la elección del deporte.

Deberían evitarse deportes que requieran una actividad muscular explosiva y rápida, además de aquellos que constituyan un riesgo para el diabético, por peligro de provocar una eventual hipoglucemia, y aquellas que también son peligrosas para el sujeto sin diabetes: saltos en esquí, montañismo, buceo, carreras de autos o motos, windsurf, aviones, yachting, etc. Otras actividades donde hay menos elementos de riesgo tales como esquí de cross country, surf o carreras de larga distancia, deberían solamente ser realizadas en compañía de personas que sepan reconocer y tratar una hipoglucemia.

Beneficios del ejercicio en Diabetes tipo 1

- ⊙ Mejora la sensibilidad a la insulina
- ⊙ Mejora los niveles de lipoproteínas y lípidos plasmáticos
- ⊙ Aumenta el gasto calórico, resultando en una disminución de la masa adiposa y preservando la masa muscular
- ⊙ Mejora el estado físico
- ⊙ Mejora la fuerza y la flexibilidad
- ⊙ Disminuye la presión arterial en hipertensos
- ⊙ Disminuye el riesgo de enfermedad cardiovascular
- ⊙ Provee bienestar psicológico, mejora la calidad de vida y aumenta la autoestima

Posibles complicaciones que pueden ocurrir al realizar ejercicio

Hipoglucemias

El problema más común en un deportista con diabetes tipo 1 es la hipoglucemia. Se manifiesta a través de los síntomas adrenérgicos y neuroglucopénicos (Tabla 6). Una hipoglucemia no tratada, eventualmente puede llevar a un coma hipoglucémico. Esto es importante, por eso el individuo con diabetes tipo 1 nunca debe entrenar solo, y además su compañero debe conocer los síntomas de la hipoglucemia y cómo tratarla, principalmente en deportes de larga distancia. Una leve hipoglucemia es generalmente reconocida por el deportista y se puede tratar dejando de hacer ejercicio e ingiriendo una cantidad pequeña de carbohidratos de rápida absorción. En cambio, episodios más severos requieren la atención de familiares y amigos porque los pacientes pueden confundirse y no reconocer los síntomas.

Síntomas Adrenérgicos	Síntomas Neuroglucopénicos
Taquicardia	Confusión
Tensión arterial normal a elevada	Desorientación
Vasoconstricción	Mareos
Sudoración fría	Desarticulación de palabras
Irritabilidad o agresividad	Hambre
	Somnolencia
	Falta de atención
	Convulsiones

TABLA 6. Clasificación de los síntomas de hipoglucemia

La hipoglucemia que ocurre durante el ejercicio físico está relacionada con la disminución de la producción hepática de glucosa en presencia de uso exagerado de glucosa muscular. Las causas son:

- ⊙ Ingerir pocos carbohidratos, retrasar o saltar comidas o colaciones
- ⊙ Aplicar una dosis alta de insulina
- ⊙ Realizar un ejercicio físico intenso sin reducir previamente la dosis de insulina o realizar una actividad física no planificada.
- ⊙ Aplicar la insulina en zonas donde se absorbe muy rápido

La importancia de la hipoglucemia depende de numerosos factores tales como concentración de glucosa plasmática antes del ejercicio, tasa de absorción de insulina en los lugares de aplicación, tiempo transcurrido desde la última comida y composición de ella.

La hipoglucemia también puede desarrollarse inclusive 12-15 horas después del ejercicio, durante la noche o la madrugada del día siguiente. El primer aspecto de prevención abarca el conocimiento por parte del paciente de la interacción de insulina, comida y ejercicio, como también los síntomas y signos de la hipoglucemia. La ingesta de comida extra es el método más efectivo para prevenirla. El tipo y cantidad de alimento deberían estar relacionados con la naturaleza y duración del ejercicio. Para poder determinar la cantidad de alimento necesaria a consumir, los individuos deberían realizar un test de glucemia antes y después del ejercicio.

Hiperglucemia

La deficiencia de insulina puede deteriorar el estado metabólico del individuo con diabetes durante el ejercicio induciendo hiperglucemia y cetosis. Esto es debido a que hay una lipólisis

exagerada y los ácidos grasos en el hígado se transforman en cuerpos cetónicos con el consecuente riesgo de cetoacidosis.

El ejercicio no está recomendado en individuos con hiperglucemias pues puede precipitar mayores niveles de glucemia y cetosis. Muchas veces, estas hiperglucemias son debidas a un sobreconsumo de comida, en un intento de evitar la hipoglucemia post-ejercicio. Otras causas pueden ser las siguientes:

- ⊙ Omisión de la aplicación de insulina o aplicación en menor cantidad de la necesaria
- ⊙ Ingesta de mayores cantidades de alimentos
- ⊙ Infecciones
- ⊙ Realización de menor actividad física de la programada

Los síntomas son cansancio, poliuria, polidipsia, visión borrosa, dolor de cabeza, sequedad en la piel.

Complicaciones a largo plazo

El ejercicio es rutinariamente recomendado a pacientes con diabetes, pero cuando las complicaciones ocurren, el ejercicio es a menudo descuidado. La inactividad puede no sólo afectar las complicaciones, sino que éstas pueden afectar la posibilidad de hacer ejercicio. Estas complicaciones combinadas con inactividad, pueden adelantar la aparición de incapacidad.

Enfermedad Cardiovascular

Si es hipertenso, evitar actividades que aumenten la presión intratorácica debido a la maniobra de Valsalva (por ejemplo, levantamiento de pesas), ya que pueden aumentar la presión sanguínea. Realizar actividades que involucren grandes grupos musculares, como caminata o bicicleta a moderada intensidad.

Retinopatía

Las actividades explosivas, como por ejemplo levantamiento de pesas, deberían ser evitadas como las asociadas al aumento de tensión arterial, ya que puede precipitar una hemorragia vitrorretinal o desprendimiento de retina. Son recomendables actividades de bajo impacto que no incrementen de manera significativa la tensión arterial. Los ejercicios muy intensos deberían ser evitados debidos a que aumentan la resistencia periférica, resultando en un aumento de la presión sanguínea. También deberían evitarse actividades en las que la cabeza está para abajo, tales como yoga, gimnasia artística, etc. El ejercicio está contraindicado en pacientes con una fotocoagulación reciente en la retina o cirugía de ojo. Se debe consultar al oftalmólogo para restricciones y limitaciones específicas.

Es aconsejable usar frecuencia cardíaca o escala de esfuerzo basada en la respuesta de la tensión arterial para determinar la intensidad del ejercicio.

Neuropatía Periférica

Esta complicación resulta en pérdida de la sensibilidad en los pies y en personas mayores a menudo se asocia a enfermedad vascular periférica. Esto incrementa el riesgo de daños en los pies, que no es reconocido por el paciente, pero pueden aparecer ulceraciones debido a las alteraciones en la cicatrización. Deben evitarse ejercicios que puedan causar trauma en los pies.

Son más aconsejables actividades que no involucren el peso del cuerpo, como natación o ciclismo, aunque no se recomienda la natación en presencia de úlceras. Los pies deben conservarse limpios y secos, deben ser evaluados constantemente. El calzado debe ser el adecuado.

Aunque el ejercicio no revierte la ocurrencia de la neuropatía periférica, puede ser beneficioso en la prevención de nuevos deterioros de la capacidad funcional asociada con el desuso. El rango de movimiento para las principales articulaciones debería estar basado en prevenir o minimizar contracturas.

Neuropatía Autonómica

Esta complicación puede resultar en una capacidad limitada para el ejercicio y aumentar el riesgo de eventos cardiovasculares durante el ejercicio. Ejercicios con muchos cambios de posición o actividades de alta intensidad deberían ser evitadas porque hay riesgo de hipotensión, especialmente después de actividades vigorosas. El ejercicio en ambientes cálidos o fríos también debería evitarse porque aumentan el riesgo de deshidratación y pobre tolerancia al frío. Tales pacientes son propensos a hipoglucemias, deshidratación e hipotermia y deberían ser monitoreados cuidadosamente.

Neuropatía

Los pacientes renales a menudo presentan enfermedades multisistémicas y deberían ser evaluados completamente para la prescripción del ejercicio. El ejercicio no debería ser iniciado hasta que el paciente no esté estabilizado. Es fundamental el balance de fluidos, pues éste modifica la tensión arterial. No está claro si el ejercicio acelera la nefropatía, sin embargo, elevaciones sostenidas de la tensión arterial puede acelerar la nefropatía diabética. Además, el ejercicio exacerba la proteinuria en pacientes con nefropatía. En pacientes diabéticos con una filtración glomerular normal en reposo, con el ejercicio hay un aumento de la excreción urinaria de albúmina. En general se aconsejan actividades de bajo impacto y usar calzado con amortiguación.

Recomendaciones para el ejercicio del American College of Sport Medicine y de la American Diabetes Association para individuos con diabetes tipo 1

Control metabólico previo al ejercicio

- ⊙ Evitar el ejercicio si los niveles de glucemia en ayuno son >250 mg/dl y se presenta con cetosis. Tener mucho cuidado si los niveles de glucosa son > 300 mg/dl sin cetosis.
- ⊙ Ingerir más carbohidratos si los niveles de glucemia son < 100 mg/dl.

Monitoreo de la glucosa sanguínea previo al ejercicio

- ⊙ Identificar cuándo es necesario realizar cambios en la dosis de insulina o en la ingesta de alimentos.
- ⊙ Conocer la respuesta glucémica a diferentes condiciones de ejercicio.

Ingesta de alimentos

- ⊙ Consumir alimentos con carbohidratos según sea necesario, para evitar hipoglucemias.
- ⊙ Deberán estar disponibles alimentos fuentes de carbohidratos durante y después del ejercicio.

DIABETES TIPO 2

En este tipo de diabetes la alteración básica reside en la resistencia a la acción de la insulina a nivel de los tejidos. Existe un fuerte factor genético, más que en la diabetes tipo 1; también hay factores desencadenantes como el embarazo y la obesidad. La resistencia a la insulina está definida como la incapacidad de una concentración normal de insulina de producir una respuesta biológica adecuada. Entre las posibles causas se mencionan: mutación de transportadores de glucosa, alteración en la producción de GLUT4, defectos en la translocación intracelular del transportador y defectos en la vía de transporte.

Se manifiesta a través de:

- ⊙ Hiperinsulinemia
- ⊙ Tolerancia a la glucosa deteriorada

La resistencia a la insulina está asociada con mayor riesgo de desarrollar aterosclerosis, hipertensión y diabetes tipo 2.

El ejercicio tiene un rol en la intervención efectiva para la prevención y tratamiento de estas condiciones.

Sus efectos a corto plazo son:

- ⊙ Mejora el transporte de glucosa muscular, esto se revierte rápidamente una vez finalizado el ejercicio, pero es reemplazado por
- ⊙ Incremento en la sensibilidad a la insulina en el transporte de glucosa muscular y la síntesis de glucógeno.

La diabetes tipo 2 prevalece más en poblaciones mayores con una incidencia que aumenta con el avance de la edad y tiende a estar asociada con un incremento del peso corporal. Al comparar poblaciones urbanas y rurales, hay evidencia de la menor prevalencia de diabetes tipo 2 en éstas últimas. Algunos datos disponibles de estudios transversales, muestran que la intolerancia a la glucosa y la diabetes ocurren más a menudo en individuos sedentarios comparados con sujetos activos. Estos hallazgos son independientes del peso y de la edad. Un estudio evaluó los niveles de actividad física de 6000 varones. Se observó que la tasa de incidencia de diabetes, ajustada por la edad, disminuía a medida que aumentaba el total de kilocalorías gastadas con la actividad física por semana. Esta relación siguió siendo significativa luego del ajuste ya sea por la edad, o por el índice de masa corporal actual, historia de hipertensión, e historia de diabetes de los padres.

El entrenamiento ha sido propuesto como un factor de intervención para la prevención y el tratamiento de la resistencia a la insulina, la tolerancia a la glucosa deteriorada, y la diabetes tipo 2. Desafortunadamente, la adherencia a largo plazo en intervenciones de estilo de vida, particularmente la modificación en la actividad física, es pobre. Adicionalmente, la diabetes tipo 2 a menudo ocurre en gente adulta que tiene una variedad de incapacidades relacionadas con la edad que limitan la factibilidad del ejercicio.

La hipoglucemia puede ocurrir en gente con diabetes tipo 2 que usa insulina o sulfonilureas (que mejoran la secreción de insulina). En cambio, no es probable que ocurra en individuos que usan biguanidas (ej: metformina) o agentes que aumentan la sensibilidad a la insulina (ej: glitazonas) o inhibidores de la glucosidasa (ej: acerbosa). Como muchos individuos con diabetes tipo 2 tienen sobrepeso, es usualmente apropiado alentar un descenso de peso y enfatizar una reducción de la medicación durante el ejercicio más que aumentar la ingesta de carbohidratos.

El aumento en el nivel de ácidos grasos libres inhibe el consumo y almacenamiento de la glucosa muscular. Por lo tanto, el aumento en el control sobre la concentración de estas sustancias

en la sangre, podría servir para incrementar la remoción de glucosa periférica y para reducir la producción de glucosa hepática.

Efectos del ejercicio

El ejercicio regular resulta en una mejora diaria en el control de la glucosa sanguínea y, por lo tanto, en una disminución en la hemoglobina glicosilada. El entrenamiento mejora la sensibilidad a la insulina y puede ser responsable de aumentar la afinidad por el receptor de insulina. Reducción en la presión sanguínea en personas hipertensas y mejoras en el perfil lipídico resultan de la realización de ejercicio regular disminuyendo el riesgo cardiovascular. La disminución en la presión diastólica y sistólica ha sido reportado en personas con una moderada a leve hipertensión arterial, y puede ser asociado con efectos de menores niveles de insulina y retención renal de sodio.

A largo plazo, la actividad física practicada en forma regular podría prevenir, demorar o corregir el desarrollo de los cambios fisiológicos o bioquímicos que ocurren con una vida sedentaria, y que están asociados con un mayor riesgo de intolerancia a la glucosa y de diabetes tipo 2. Todas las adaptaciones celulares al ejercicio responsables de una mejor acción de la insulina están limitadas sólo en aquellos músculos involucrados en el entrenamiento, y como estos beneficios declinan dentro de los 3 a 10 días de suspendida la actividad, se sugieren los programas de actividad física que involucren varios grupos musculares y que se realicen regularmente. Los efectos que produce la actividad física son:

⊙ *Control de la masa adiposa*

El aumento de grasa abdominal esta altamente relacionada con la resistencia insulínica. El ejercicio provoca una pérdida preferencial de grasa desde las regiones centrales del cuerpo. El entrenamiento mejora la acción de la insulina, mientras que la pérdida de peso mejora la tolerancia a la glucosa.

⊙ *Control de la masa muscular*

La masa muscular se desarrolla principalmente con entrenamiento con sobrecarga. El músculo esquelético es la masa más grande de tejido sensible a la insulina del organismo. El aumento de masa muscular podría incrementar la superficie disponible para el almacenamiento de glucosa facilitando la remoción de glucosa de la circulación y reduciendo la cantidad de insulina necesaria para mantener una normal tolerancia a la glucosa. Luego de los 50 años existe una disminución constante de la masa muscular en los individuos sedentarios.

⊙ *Flujo sanguíneo muscular estimulado por la insulina*

La insulina además de mejorar el consumo de glucosa en el músculo también estimula el flujo sanguíneo muscular al vasodilatar de manera aguda al músculo. En individuos obesos o con diabetes tipo 2 esta capacidad está disminuida. El entrenamiento aeróbico aumenta el flujo sanguíneo del músculo esquelético y el consumo de glucosa debido al aumento de la capilarización del músculo y a la reducción en la resistencia vascular periférica. Los incrementos en la remoción de glucosa estimulada por la insulina se debieron principalmente al aumento en el flujo sanguíneo más que a una mayor extracción de glucosa.

⊙ *Densidad de los receptores de insulina*

La acción de la insulina comienza cuando se une en la superficie de las membranas a su receptor. En el músculo y tejido adiposo sólo el 10-20% de los receptores de insulina disponibles necesitan ser ocupados para obtener una respuesta máxima. Por lo tanto, un aumento de los receptores parece no ser una variable importante en la respuesta insulínica, sin embargo esto facilita la mayor posibilidad de chances de unión. Se ha observado un menor número de receptores de insulina en los glóbulos rojos de pacientes obesos y con diabetes tipo 2.

⊙ *Concentración de GLUT4*

La entrada de la glucosa se produce por difusión, la estimulación del transporte de glucosa por la insulina esta mediada en gran parte por la translocación de los transportadores de glucosa desde el interior de la célula hacia la membrana. El entrenamiento aeróbico aumenta la concentración del GLUT4 en el músculo esquelético en las personas jóvenes y sanas, en los hombres de mediana edad que previamente eran sedentarios y en pacientes con diabetes tipo 2 o con insulino resistencia. El aumento de GLUT4 inducido por el ejercicio no corrige una deficiencia, sino que compensa un defecto en el transporte de la glucosa.

⊙ *Enzimas que controlan la disponibilidad de la glucosa*

El deterioro en la oxidación y almacenamiento de glucosa estimulado por la insulina es característico de los pacientes con diabetes tipo 2. El ejercicio provoca un incremento de las enzimas responsables de la fosforilación, almacenamiento y oxidación de la glucosa. Existe un incremento paralelo en la capacidad del músculo de transportar y disponer de glucosa luego del entrenamiento, y estas adaptaciones deberían contribuir significativamente a mejorar en la resistencia a la insulina, resultante por los defectos en los caminos de la disponibilidad y uso de glucosa.

⊙ *Tipo de fibras musculares y densidad capilar*

Las fibras musculares tipo I tienen mayor sensibilidad y capacidad de respuesta a la insulina. La diferencia de acción de la insulina según el tipo de fibras se atribuye a la densidad de los receptores de insulina y a la concentración de GLUT4. Se ha observado que la resistencia a la insulina relacionada con la obesidad está asociada con un mayor porcentaje de fibras tipo IIb. Los individuos con diabetes tipo 2 tienen un bajo porcentaje de fibras tipo I, elevada cantidad de fibras tipo II, particularmente IIb, y una baja densidad capilar. El entrenamiento aeróbico no produce un aumento de las fibras musculares tipo I pero si un aumento de las tipo IIa y la disminución de las tipo IIb. El aumento de las fibras IIa incrementa el número total de los receptores de la insulina y la concentración de GLUT4, y produce un incremento en la sensibilidad y capacidad de respuesta a la insulina. El entrenamiento aeróbico también aumenta la densidad capilar. Debido a que la glucosa y la insulina deben cruzar del lumen capilar a la membrana del músculo por difusión, el aumento de la capilaridad muscular debería mejorar este proceso, e incrementar también la acción de la insulina y el consumo de glucosa.

Beneficios del ejercicio en Diabetes tipo 2

- ⊙ Reduce los niveles de glucemia y de hemoglobina glicosilada
- ⊙ Mejora la tolerancia a la glucosa
- ⊙ Mejora la respuesta insulínica a estímulos orales de glucosa
- ⊙ Mejora la sensibilidad insulínica periférica y hepática
- ⊙ Mejora los niveles plasmáticos de lípidos y lipoproteínas
- ⊙ Disminuye la presión arterial en hipertensos
- ⊙ Disminuye el riesgo de enfermedad cardiovascular
- ⊙ Mejora el estado físico
- ⊙ Aumenta el gasto calórico, resultando en una disminución de la masa adiposa y preservando la masa muscular
- ⊙ Provee bienestar psicológico, mejora la calidad de vida y aumenta la autoestima
- ⊙ Mejora la fuerza y la flexibilidad

CONSIDERACIONES CLÍNICAS ESPECIALES

Puesto que no está clara la relación del ejercicio y el control de la glucemia en diabetes tipo 1 al no haber beneficios específicos, los programas de ejercicio deberían estar asignados disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Los beneficios del ejercicio en pacientes con diabetes tipo 2 están bien establecidos, pero hasta recientemente la información no ha sido fácilmente disponible.

El control de la glucemia debe ser monitoreado detalladamente y modificaciones en la alimentación e insulina son frecuentes. Recomendaciones específicas para el tipo de ejercicio y precauciones para pacientes con complicaciones deberían ser tomadas, incluyendo seguimiento, riesgos y beneficios.

Las contraindicaciones absolutas para el ejercicio intenso incluyen:

- ⊙ Pobre control glucémico (tipo 1 >250 mg% y presencia de cetonas en orina ó tipo 2 >300 mg%)
- ⊙ Retinopatía proliferativa
- ⊙ Microangiopatía
- ⊙ Neuropatía severa
- ⊙ Neuropatía

Antes de comenzar el programa de ejercicio es aconsejable que el individuo se realice un examen oftalmológico, neurológico, nefrológico (proteinuria) y cardiovascular (tensión arterial, pulso periférico, electrocardiograma, perfil lipídico, ergometría en pacientes con conocimiento o sospecha de enfermedad cardiovascular -en diabetes tipo 1 individuos mayores de 30 años con diabetes de más de 15 años; en diabetes tipo 2 en aquellos mayores de 35 años-)

CONCLUSIONES

La actividad física regular es una importante parte del manejo de individuos con diabetes, particularmente en aquellos con tipo 2. La actividad física regular reduce el riesgo de muchas enfermedades las cuales las personas con diabetes están predispuestas, incluyendo hipertensión arterial, enfermedad coronaria y obesidad. El ejercicio puede facilitar unos óptimos niveles de glucemia y lípidos, ayudar en el manejo del peso y prevenir las complicaciones.

Los mejores deportes son aquellos que requieren esfuerzos físicos progresivos, que están distribuidos en varias horas e involucran grandes masas musculares. Recomendaciones específicas para el tipo de ejercicio y precauciones para pacientes con neuropatía, retinopatía y nefropatía deberían ser pautadas para asegurar una gran adherencia.

Se requiere de una adecuada terapia insulínica para permitir todos los beneficios de la actividad muscular sobre la asimilación de glucosa, y para alcanzar el mismo nivel de performance que un individuo sin diabetes. En el caso de un insuficiente control metabólico, el ejercicio puede provocar episodios hipoglucémicos severos o llevar a una cetoacidosis. La modificación en la alimentación o en la cantidad de insulina depende de varios factores, tales como los niveles de glucosa, régimen y sitio de inyección de la insulina, tipo de medicación, momento e intensidad de la actividad, entrenamiento, cantidad y tipo de carbohidratos ingeridos, etc. Al principio en el programa de entrenamiento, tales ajustes están hechos bajo la supervisión del especialista en diabetes para asegurar la predicción e interpretación de los resultados. El control de la glucemia debe ser monitoreado detalladamente y modificaciones en la dieta y en la insulina son necesarias frecuentemente.

Es importante que los nutricionistas deportivos trabajen para establecer una buena rutina con el médico y el entrenador para que el atleta alcance un manejo apropiado.

BIBLIOGRAFÍA

- Berne, R. Levy M. *Fisiología*. Editorial Harcourt Brace. 2º Edición. 1998.
- Burke, L. Deakin, V. *Clinical Sports Nutrition*. Ed McGraw-Hill Australia. Second Edition. Pág. 640-654. 2000.
- Campaigne, B. *Exercise and Diabetes Mellitus*. En ACSM´s Resource Manual for guidelines for exercise, testing and prescription. Third Edition. Pág. 267-273. ACSM. 1998.
- Colberg, S. *Exercise and the clinical management of type 1 diabetes*. Clinical Exercise Physiology. Vol 2. Número 2, 92-99. Mayo 2000.
- Dorchy, H. Poortmans, J. *El deporte y el niño diabético*. En Proceedings del 4º Simposio Internacional de Actualización en Ciencias Aplicadas al Deporte. Biosystem. Pág. 76-85. 1995.
- Gordon, N. *Diabetes. Your complete exercise guide*. Human Kinetics Publishers. Pág. 82. 1993.
- Host, H. *Rapid reversal of adaptative increases en muscle GLUT4 and glucosa transport capacity after training cessation*. J. Appl. Physiol. 84 (3): 798-802. 1998.
- Hu, F. Sigal, R. *Walking compared with vigorous physical activity and risk of type 2 diabetes in woman*. JAMA. October 20, Vol 282: 1433-1439. 1999.
- Ivy, J. *Rol del entrenamiento físico en la prevención y tratamiento de la respuesta insulínica y de la diabetes tipo 2*. Proceedings del Simposio Internacional de Nutrición e Hidratación Deportiva para la Actividad Física la Salud y el Deporte de Competencia. Pág. 285-300 . 1997.
- Arias, P. *Páncreas endócrino*. En Fisiología endócrina y de la reproducción (Moguilevsky, J.), pág. 165-188. 5º Edición. Buenos Aires. 1999.
- Pinelli, L. Pietrobelli, F. *Nutrition and exercise in children with diabetes*. Diab. Nutr. Metab. 12: 102-107. 1999.
- Sherpherd, P. Kahn, B. *Transportadores de la glucosa y acción insulínica. Consecuencias para la resistencia insulínica y la diabetes mellitus*. The New England Journal of Medicine 341 (4): 248-257. 1999.
- Rivera Brown, A. *Recomendaciones para el control del nivel de glucosa antes y después del ejercicio en diabéticos*. El rincón del entrenador N° 15. GSSI. 2001.
- Torresani, M. Somoza, M. *Lineamientos para el cuidado nutricional*. Eudeba. 1º Edición. Pág. 333-336. 2000.
- Wolinsky, I. *Nutrition in Exercise and Sport*. CRC Press. 3º Edición. Pág. 496-509. 1997.