



### Introducción

Actualmente se considera que el ejercicio es un pilar en el tratamiento de la diabetes por diferentes razones:

- Contribuye a mejorar el control metabólico
- Mantiene el peso corporal.
- Disminuye los factores de riesgo cardiovascular
- Ayuda a elevar la autoestima y mejora el humor

En las personas **no** diabéticas, un programa **regular** de actividad física puede reducir los factores de riesgo cardiovascular. Está comprobado que el ejercicio **sostenido** provoca diversos **beneficios**:

- Disminuye el nivel de lípidos sanguíneos.
- Reduce la presión arterial.
- Aumenta la circulación colateral.
- Disminuye la frecuencia cardíaca de reposo y ejercicio.
- Mejora el transporte de oxígeno, por aumento de 2-3 difosfoglicerato
- Reduce la viscosidad sanguínea.
- Mejora la tolerancia a la glucosa.

Estos beneficios se presentan en los pacientes diabéticos, en particular en lo que se refiere a la normalización de los lípidos sanguíneos, ya que se ha observado **reducción de los triglicéridos (TG) y aumento del colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (HDLc)**. Además, se ha comprobado **aumento de la sensibilidad a la insulina**.

La actividad física realizada en forma **regular y mantenida** favorece la reducción de peso en el enfermo diabético **tipo 2 no** insulino dependiente: éste es uno de los objetivos más importante del tratamiento en este tipo de diabetes.

### Fisiología Del Ejercicio

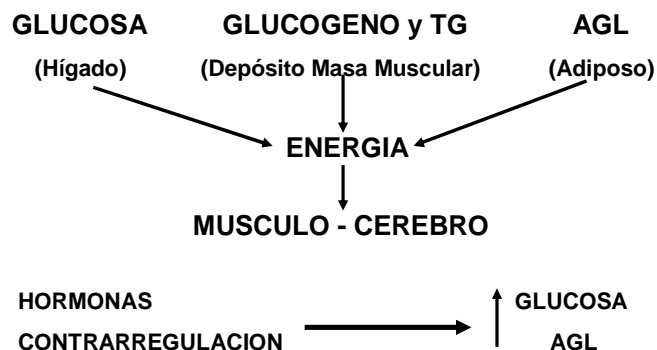
El ejercicio requiere de ajustes metabólicos y cardiovasculares que aseguren el flujo de energía y oxígeno al **músculo, el cerebro** y otros órganos vitales. Esto se logra utilizando los depósitos de **glucógeno y TG** de la masa **muscular**, los **ácidos grasos libres (AGL)** derivados de la degradación de los **TG** del tejido **adiposo** y la **glucosa** producida por el **hígado**.

Copia N°:	Representante de la Dirección:	Fecha:
	<i>Revisó</i>	<i>Aprobó</i>
<i>Nombre</i>	Dr. Leonardo Gilardi	Dra. Inés Morend
<i>Firma</i>		
<i>Fecha</i>	06/11	21/11

Estas interacciones metabólicas se encuentran controladas en la persona sana. El músculo es capaz de **oxidar** glucosa y AGL para generar los nucleótidos necesarios para la **contracción muscular**. La disponibilidad de ambos sustratos dependen de los niveles de **hormonas reguladoras** secretadas durante el ejercicio, principalmente **INSULINA** y en menor grado **GLUCAGON** y **CATECOLAMINAS**. Durante el ayuno nocturno, la mayor fuente de energía del músculo proviene de la oxidación de los **AGL** del **adipocito**. En cambio, con el ejercicio se aumenta la utilización de **GLUCOSA** como fuente energética, en relación directa con la intensidad de la actividad física y a expensas tanto de la glucosa plasmática (que aumenta su transporte al interior del músculo) como de la glucosa proveniente de la **glucogenólisis** y **neoglucogénesis**. Este último proceso se produce cuando comienza a agotarse el depósito de glucógeno con el ejercicio intenso y prolongado. Si el ejercicio es muy prolongado, los AGL se transforman en el principal sustrato energético para suplir los requerimientos musculares y reemplazan gradualmente a la utilización de glucosa. Este fenómeno **no es dependiente de la insulina**, sino que depende de la concentración de AGL.

La acción de las hormonas de contrarregulación, cuyos niveles dependen del grado de entrenamiento físico, facilita la producción de glucosa y AGL. En la fase de recuperación luego del ejercicio, se restablecen los depósitos de glucógeno muscular y hepático **siempre que exista Insulina disponible**. Este proceso dura 12 a 24 h en caso de ejercicio prolongado, lo que explica la hipoglucemia de los diabéticos tipo 1 en esta fase.

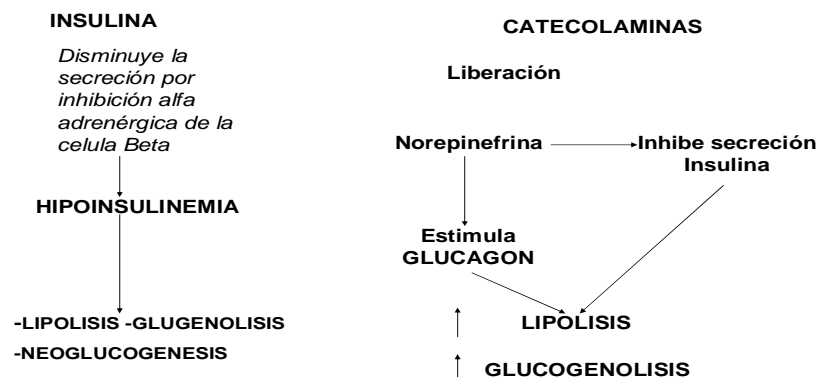
### FISIOLOGIA DEL EJERCICIO



### Cambios Hormonales y Ejercicio

- **Insulina:** es el principal factor regulador de la disponibilidad de sustratos metabólicos. El músculo en actividad es más sensible a la acción de la insulina que en reposo. Durante el ejercicio, disminuye la secreción de insulina a fin de contrarrestar esta mayor sensibilidad (debido a una inhibición alfa adrenérgica de la secreción beta celular). La hipoinsulinemia resultante es favorable al promover la glucogenólisis, la neoglucogénesis y la lipólisis. En el paciente diabético dependiente de insulina, los niveles de la hormona no disminuyen con el trabajo muscular.
- **Catecolaminas:** se liberan como respuesta normal al ejercicio intenso y prolongado, probablemente para prevenir la hipoglucemia. La **noradrenalina** reduce la secreción de Insulina y estimula al **glucagon** y a la **hormona de crecimiento**, lo que aumenta la lipólisis y glucogenólisis.

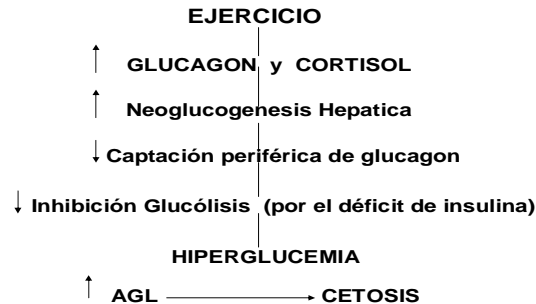
#### CAMBIOS HORMONALES CON EL EJERCICIO



### Efecto del Ejercicio en la Diabetes Descompensada

El ejercicio intensifica la **hiperglucemia** por aumento de los niveles plasmáticos de **glucagon** y **cortisol**. El hígado responde elevando la **neoglucogénesis**; por lo tanto, aumenta la glucemia. Por el déficit de insulina disminuye la captación de glucosa periférica y la **inhibición de la glucólisis**; como consecuencia, también se incrementa la glucemia. En el diabético tipo 1 descompensado, hay un nivel de AGL que aumenta más con el ejercicio, lo que provoca riesgo de cetoacidosis.

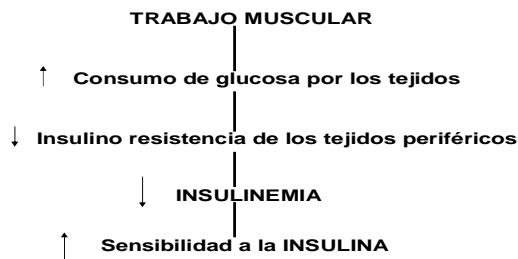
**Efectos del Ejercicio en la Diabetes Descompensada**



**Efecto del Ejercicio sobre la Tolerancia a la Glucosa**

El trabajo muscular incide notablemente en la capacidad de los tejidos para consumir glucosa. La alteración de la tolerancia a la glucosa asociada con la obesidad también desaparece con el ejercicio, de forma independiente de una posible reducción del peso corporal. En el diabético tipo 2, el ejercicio disminuye la resistencia a la insulina de los tejidos periféricos; consecuentemente, disminuye la insulinemia, incluso a la mitad de sus valores previos. Así, el ejercicio físico **aumentaría la sensibilidad a la insulina**. En obesos no diabéticos, podría corregir la intolerancia a la glucosa y, acaso, prevenir o retardar la aparición de diabetes tipo 2.

**Efectos del Ejercicio sobre la Tolerancia a la Glucosa**



**En la diabetes**, la adaptación del músculo al ejercicio depende del estado metabólico, el que, a su vez, está determinado por la disponibilidad de insulina y por los niveles previos de glucemia. El diabético compensado responde normalmente al ejercicio. La conversión del metabolismo de reposo al de trabajo ocurre más rápidamente, puesto que tiene niveles más elevados de AGL y de sustratos neoglucogénicos circulantes.

Como **precauciones**, antes de indicar un programa de ejercicios es conveniente como primera medida realizar un examen físico completo, estudios de rutina y un electrocardiograma (ECG) en pacientes adultos. En aquellos sujetos en los que no existe una contraindicación para la práctica de ejercicio, se debe recomendar que realicen actividad física 3 a 5 veces por semana, entre 15 y 60 minutos, con una intensidad entre un 60% a 80% de la VO<sub>2</sub> máxima (350 a 600 Kcal/h; tabla 1). En pacientes con enfermedad cardiovascular conocida o probable, se debe aconsejar la participación en programas médicos de aptitud cardiovascular supervisada.

<b>Tabla 1. Consumo de calorías durante el ejercicio</b>	
<i>Actividad</i>	<i>Kilocalorías/hora</i>
Actividad leve	50 a 200
Actividad moderada	200 a 350
Caminata (4 km/h)	210
Golf	250
Natación (0.4 km/h)	300
Danza	350
Actividad vigorosa	Más de 350
Patinaje sobre hielo	400
Tenis	420
Ski (16 km/h)	600
Ciclismo (20 km/h)	660
Aerobismo (16 km/h)	900

El ejercicio tiene importantes beneficios, pero también se asocia con algunos riesgos. Además de la hipoglucemia (inmediata o tardía) y de la hiperglucemia, existen efectos adversos que en algunos casos pueden contraindicar su práctica:

- **Retinopatía:** el ejercicio físico de alta intensidad se acompaña de aumento de la presión arterial sistólica. El incremento importante de esa variable pueden aumentar el riesgo de hemorragia en el marco de la retinopatía proliferativa. Antes de iniciar la actividad física, se debe tratar adecuadamente la afección retiniana.

- Neuropatía: los pacientes tipo 1 con neuropatía periférica pueden presentar lesiones traumáticas en tobillos y pies y, a veces, ulceraciones en miembros inferiores. La pérdida de sensibilidad en las extremidades predispone, cuando se practican ejercicios intensos, a la aparición de lesiones y elongación excesiva de músculos y tendones. Existe mayor riesgo de deshidratación y alteraciones electrolíticas cuando se entrena en un clima cálido, en el caso de pacientes diabéticos tipo 1 con neuropatía autonómica. Por lo tanto, es importante la evaluación cuidadosa previa, especialmente antes de comenzar un entrenamiento deportivo de resistencia.
- Nefropatía: los pacientes con diabetes tipo 1 de muchos años de evolución pueden presentar proteinuria transitoria por aumento de la presión arterial sistólica durante la actividad física. No obstante, los efectos del ejercicio sobre la mejoría de los niveles de los lípidos y sobre la reducción de la tensión arterial pueden ser beneficiosos a largo plazo para la nefropatía diabética.
- Enfermedad cardiovascular: es importante la evaluación cardiológica (ECG, pruebas de esfuerzo, etc.) y de la circulación arterial periférica, dependiendo de la duración de la diabetes, la edad del paciente, la presencia de otros factores de riesgo y del tipo de ejercicio a realizar.

### Programa de Ejercicio Físico

El ejercicio físico forma parte del tratamiento de la diabetes. Por lo tanto, es importante no olvidar este concepto al momento de realizar la educación diabetológica y enfatizar la necesidad y los beneficios, de igual manera que el cumplimiento del plan alimentario y la toma de la medicación, en caso de necesitarla.

- Tipo de ejercicio
  - Se recomienda realizar ejercicios aeróbicos (desde caminar, correr, trotar hasta la práctica de deportes como tenis, natación, fútbol, básquet, voleibol, golf, etc.), en los cuales trabajan un gran número de músculos y se favorece el aparato cardiovascular y respiratorio.
  - La elección del ejercicio dependerá, del estado físico general, de la presencia o ausencia de complicaciones, de la edad del paciente y por supuesto, del gusto y aptitud individual.
  - Se deberá, además, tener en cuenta la intensidad y duración en relación a la posibilidad de cada individuo. De cualquier manera se debe aconsejar el comienzo de un programa de ejercicios en forma progresiva, en cuanto a duración, intensidad y frecuencia. Antes de comenzar la sesión de actividad física, es necesario realizar siempre un “precalentamiento” y ejercicios de elongación muscular, a fin de evitar desgarros o contracturas, y una relajación al finalizar la sesión.

- Ajustes en la medicación y en la alimentación: en los pacientes con diabetes tipo 1 se deberá tener la precaución de realizar los ajustes necesarios en la dosis de insulina y en la dieta de acuerdo con la experiencia y respuesta individual a la acción del ejercicio. Es aconsejable la ingesta de suplementos de hidratos de carbono antes o después del ejercicio, así como la realización previa de un autocontrol a fin de prevenir una hipoglucemia (tabla 2). No se utilizará como sitio de inyección una extremidad con la que se ejercita, puesto que aumenta la velocidad de absorción de la insulina. Es útil en estos casos rotar la inyección a la zona abdominal. **En los diabéticos tipo 2** generalmente no es tan frecuente la aparición de hipoglucemias que obliguen a reducir la medicación oral o aumentar la ingesta, pero, de cualquier manera, se les debe informar como realizar la prevención en caso de que se produzcan.

Tabla 2. Ajustes de la Dieta durante el Ejercicio			
Tipo de ejercicio	Glucemia	Dieta	Ejemplo de alimento
Ejercicio de duración breve e intensidad leve a moderada (caminar 6 a 8 cuadras o bicicleta por menos de 30 minutos)	< 100 mg/dl	10 a 15 g de hidratos de carbono por hora	Una fruta o pan
	> 100 mg/dl	No es necesario	
Ejercicio de moderada intensidad (tenis, natación, jardinería, bicicleta moderada, trote o golf alrededor de 1 h)	< 100 mg/dl	25 a 30 g de hidratos de carbono antes del ejercicio y luego 10 a 15 g/h	½ sándwich de queso, 1 vaso de leche y 1 fruta
	100 a 180 mg/dl	10 a 15 g de hidratos de carbono por hora de ejercicio	1 fruta o pan
	180 a 300 mg/dl	No es necesario	
	Más de 300 mg/dl	No hacer ejercicio hasta mejorar el control metabólico	
Ejercicio agotador (básquet, fútbol, voleibol, hockey, natación o bicicleta intensa, deporte competitivo)	< 100 mg/dl	50 g de hidratos de carbono; autocontrol estricto	1 sándwich de queso, 1 vaso de leche y 1 fruta
	100 a 180 mg/dl	25 a 50 g de hidratos de carbono según duración e intensidad	½ sándwich de queso y 1 vaso de leche ó 1 fruta
	180 a 300 mg/dl	10 a 15 g de hidratos de carbono por hora de ejercicio	1 fruta o 1 pan

Adaptado de: Franz MJ: *Exercise: Clues for safe participación*. En: Franz MJ, cols. eds. *Learning to live well with Diabetes*. DCI Publishing 1991;pp 147-60



### **Conclusiones**

La práctica regular y continuada de ejercicio constituye un importante complemento terapéutico tanto para los pacientes con diabetes como para la prevención del desarrollo de diabetes tipo 2 en aquellas personas que presentan obesidad, resistencia a la insulina o intolerancia a los hidratos de carbono. Si bien es cierto que existen evidencias que indican que existe diferencia con respecto al papel del ejercicio en el tratamiento de la diabetes tipo 2 y la diabetes tipo 1, son muchos también los beneficios que estos últimos pueden obtener con su práctica.

Un programa de actividad física adecuado a cada individuo, adaptado a sus posibilidades y preferencias, supervisado por el equipo de salud y educado acerca de las precauciones a tener en cuenta, ayuda a mantener y mejorar la calidad de vida de aquellos pacientes que lo practican.

### **Bibliografía**

1. American Diabetes Association: Diabetes Mellitus and Exercise. In Diabetes Care, Volume 21, Supplement 1. January 1998.
2. Schneider SH, Ruderman NB: Exercise and NIDDM (Technical Review) Diabetes Care 13: 785-789, 1990.
3. Wasserman DH, Zinman B: Exercise in individual with IDDM (Technical Review). Diabetes Care 17: 924-937, 1994.
4. Darryl R. Meeking, MRCP, and David A. Cavan: Effect of Exercise on Glucose Metabolism and Glycaemic Control in Type 1 Diabetes. In Diabetes Reviews International, Vol 7, No.1, January 1998.
5. Sigal, R.J., Purdon C., Fischer, S.J.: Hyperinsulinemia prevents prolonged hypoglycaemia after intense exercise in insulin-dependent diabetic subjects. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism 1994;79:1049-1057.
6. Elaine Y.L. Tsui y Bernard Zinman: Ejercicio y diabetes: nuevas consideraciones y objetivos terapéuticos. En: The Endocrinologist 1995;5:263-271.
7. Duncan GE, Perri MG, Theriaque DW, Hutson AD, Eckel RH, Stacpoole PW. Exercise Training, Without Weight Loss, Increases Insulin Sensitivity and Postheparin Plasma Lipase Activity in Previously Sedentary Adults. Diabetes Care 2003; 23:557-562.
8. Tapia G., J.C.: Tratamiento generalidades. En: Diabetes Mellitus. García de los Ríos M. Sgo. de Chile. 1992; 103-107.
9. Horton ES. Role and management of exercise in diabetes mellitus. Diabetes Care 1988;11:201-211.
10. DeFronzo RA, Sherwin RS, Kraemer N. Effect of physical training on insulin action in obesity. Diabetes 1987;36:1379-1385





11. Diabetes Mellitus and Exercise. Position statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care* 2001;24:s51-s55.
12. Devlin JT Ruderman N ,eds *The Health Professionals Guide to Diabetes and Exercise*. American Diabetes Association 2005.
13. Guía práctica Consumer. La Diabetes mellitus, programas de ejercicios recomendados. Acceso en <http://www.saludydeporte.consumer.es>
14. American Diabetes Association. ADA standars of medical care in diabetes 2009. *Diabetes Care* 2008;32(1):s13-61
15. The American Journal of Medicine 2009;122:528-534 National Health and Nutrition Examination Survey (NAHANES).