

Monograph

# Actividad Física y Diabetes Mellitus

Thomas W Rowland<sup>1</sup><sup>1</sup>Centro Médico Baystate Springfield, Massachusetts, Estados Unidos.

## RESUMEN

Ha pasado más de medio siglo desde que la insulina estuvo disponible para el tratamiento de la diabetes mellitus, y aún esta enfermedad sigue siendo un problema serio para la salud. Una significativa morbilidad y mortalidad temprana le ocurrirá a la mayoría de los 5 a 10 millones de personas con diabetes en los Estados Unidos. La diabetes está considerada como la sexta causa de muerte en este país, lo que casi con certeza es una subestimación, ya que muchas muertes relacionadas con el sistema cardiovascular en estos pacientes son categorizadas, no como muertes debido a la diabetes, sino con otras carátulas (por ej., insuficiencia cardíaca congestiva o ataque). A pesar de que la diabetes de tipo I (o de comienzo juvenil) representa la minoría de estos casos, este capítulo se refiere exclusivamente a este grupo ya que abarca, virtualmente, a todas las personas jóvenes con diabetes.

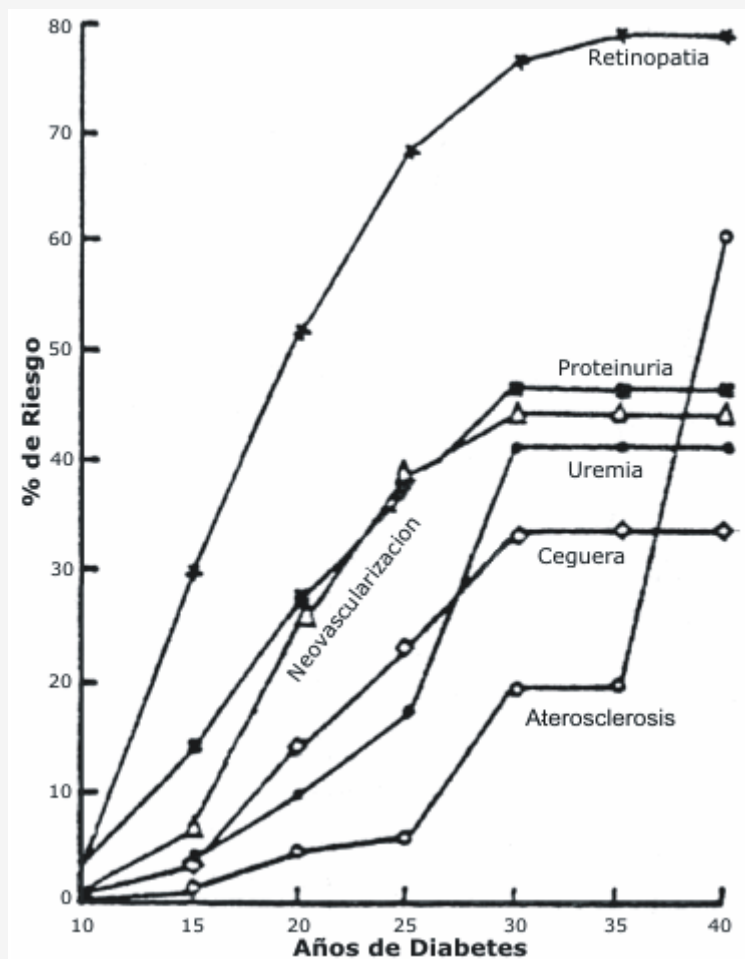
**Palabras Clave:** insulina, entrenamiento, salud, diabetes, tipo I

## DIABETES DE TIPO I

La diabetes de tipo I está caracterizada por una inadecuada secreción pancreática de insulina, y por la consiguiente necesidad de reemplazo diario de esta hormona a través de inyecciones subcutáneas. En la ausencia de insulina exógena, el transporte de glucosa a las células se ve perjudicado, provocando una progresiva hiperglicemia y cetoacidosis. Los individuos con diabetes del tipo II (o de comienzo adulto) son, por lo general, personas mayores a 45 años y normalmente sufren una resistencia a la insulina, más que de una insuficiencia cuantitativa. Normalmente, las medicaciones por vía oral y la pérdida de peso son capaces de controlar la hiperglicemia en la diabetes de tipo II, sin necesidad de aplicación de insulina.

El objetivo principal en el tratamiento diario del paciente con diabetes de tipo I es mantener un estado de euglicemia - previniendo la hiper e hipoglicemia - balanceando las influencias de la dieta, el ejercicio, y la insulina sobre los niveles de glucosa sanguínea. Sin embargo, en última instancia, la morbilidad y la mortalidad de esta enfermedad se relacionan con complicaciones vasculares y neurológicas que, normalmente, se manifiestan en forma clínica en la edad adulta joven, y que incluyen (Figura 1):

- Un engrosamiento generalizado de las membranas basales de los capilares (microangiopatía) que afecta a diversos órganos, con mayor preeminencia el ojo (retinopatía diabética) y los riñones (nefropatía diabética).
- Una acelerada enfermedad vascular aterosclerótica (macroangiopatía), que se presenta como enfermedad precoz de las arterias coronarias y ataque cardíaco.
- Una neuropatía periférica que afecta la función sensorial, motora, y autónoma.



**Figura 1.** Historia natural de complicaciones orgánicas finales de la diabetes mellitus. Nota. Extraído de: "Juvenile Diabetes and the Heart", de R.S. Cooper, 1984, *Pediatrics Clinics of North America*, 31, p.654, Copyright 1984 de W.B. Saunders Co. Reimpreso con permiso.

No es clara la relación entre la deficiencia de insulina y estas complicaciones crónicas de la diabetes. Más específicamente, no se sabe si un estrecho control de los niveles de azúcar en la sangre influyen en forma favorable en el curso natural de las manifestaciones neurovasculares de la diabetes (Grupo de Investigación DCCT, 1988). Aún así, el hecho de evitar las fluctuaciones en las concentraciones de glucosa fuera del rango normal, se considera un objetivo importante para la mayoría de los médicos que atienden a estos pacientes.

La observación hecha por McMillan (1979) de que la actividad física ha sido aconsejada para el tratamiento de la diabetes mellitus desde "tiempos remotos", probablemente no sea una exageración. Los historiadores han marcado las relaciones entre ejercicio y diabetes ya desde el año 600 A.C, cuando el médico hindú Sushruta prescribió la actividad física para pacientes con esta enfermedad. Entre sus sucesores, que también estaban convencidos de los beneficios del ejercicio regular sobre la diabetes, se encontraban el Romano Celso y el prominente doctor chino Chao Yuan-Fang, quien practicó durante la dinastía Sui en el 600 DC. Lo que estos médicos observaron fue una mejor sensación de bienestar en los pacientes con diabetes, y la subsiguiente demostración de que la actividad física podría disminuir los niveles de glucosa sanguínea en esta enfermedad, sugirieron una razón más para incluir al ejercicio en su tratamiento. Cuando Lawrence (1926) observó que la actividad física mejoraba el efecto hipoglucémico de la insulina administrada, el ejercicio regular se convirtió en un elemento clave para la tríada en el tratamiento de la diabetes: insulina, ejercicio, y dieta (Joslin, 1959).

El entusiasmo por el ejercicio estaba basado en la premisa de que los efectos de disminución de la glucosa por la actividad física mejorarían el control metabólico, beneficiando la calidad de vida de los pacientes con diabetes. Una evaluación científica de la relación entre ejercicio y diabetes, realizada en las últimas dos décadas, ha sustentado sólo una parte de tales esperanzas, pero en el análisis general, el ejercicio regular continúa jugando un papel importante para la salud de estos niños y adolescentes.

Además de cualquier efecto específico del ejercicio sobre la diabetes, los niños con esta enfermedad merecen disfrutar, igual que los jóvenes no diabéticos, de los mismos beneficios sociales y de salud de la actividad física regular. Aún así, el temor por los cambios metabólicos durante el ejercicio que podrían precipitar una hipo o hiperglucemia hace que muchos niños con diabetes eviten las actividades físicas. Los médicos tienen la oportunidad de contribuir al bienestar de estos pacientes ayudándolos a adaptar su tratamiento, de manera tal de permitir una participación sin riesgos en los eventos deportivos.

## **EFFECTOS METABOLICOS AGUDOS DEL EJERCICIO**

---

El niño con diabetes encuentra una dificultad particular para regular la glucosa sanguínea durante el ejercicio, mejor entendida en relación a las respuestas metabólicas normales a la actividad física en los individuos no diabéticos (Kemmer & Berger, 1983; Larsson, 1984; Vranic & Berger, 1979). Durante series agudas de ejercicio, las demandas energéticas por la mayor contracción muscular son cubiertas a través de un mayor aporte de oxígeno (aumento en la ventilación y volumen minuto cardíaco), y mayor fuente de combustibles (glucosa, ácidos grasos). Cuando comienza el ejercicio, la glucosa derivada del glucógeno almacenado dentro de las células musculares sirve como principal fuente de energía. Con el aumento en la intensidad del ejercicio, esta fuente se vacía, y los músculos buscan la glucosa sanguínea y los ácidos grasos circulantes.

Con altas cargas de esfuerzo, los requerimientos energéticos alcanzan de 10 a 20 veces las necesidades de reposo, y esta elevada tasa de consumo de glucosa en sangre rápidamente provocaría una hipoglucemia; si no fuera por la constante reposición de glucosa por parte hígado. Esto es crítico, ya que el mantenimiento de niveles normales de glucosa sanguínea es esencial durante el ejercicio, tanto para una normal función cerebral como en mantener el nivel de sustratos energéticos musculares. El hígado sirve como donante de la glucosa necesaria durante ejercicios prolongados, siendo su nivel de producción bastante similar al de su utilización a través de la ruptura del glucógeno hepático (glucogenólisis) y la formación de glucosa por conversión a partir de las proteínas (gluconeogénesis). Una falla en la producción de glucosa hepática durante el ejercicio, provocaría hipoglucemia y agotamiento.

Esta secuencia de acontecimientos está mediada una compleja interrelación hormonal que involucra disminución de la insulina plasmática y un aumento las hormonas contraregulatorias (catecolaminas, cortisol, y glucagón). La caída en los niveles de insulina con el ejercicio agudo, aumenta la liberación de ácidos grasos de los depósitos periféricos, y estimula la glucogenólisis hepática y gluconeogénesis. A pesar de estos bajos niveles de insulina, es evidente un alto consumo de glucosa por músculo, fenómeno que quizás se explica por la mayor sensibilidad de las células musculares a la insulina durante el ejercicio.

Estos eventos metabólicos no son tan bien orquestados por el paciente diabético. En estos individuos, los niveles de insulina no están determinados por las respuestas fisiológicas al ejercicio, sino por el momento y la cantidad de dosis diaria inyectada. En consecuencia, los sujetos diabéticos en ejercicio no experimentan niveles estables de glucosa sanguínea; sus niveles varían de acuerdo a la concentración de insulina plasmática, duración e intensidad del ejercicio, lugar de inyección, dieta, y otros factores.

### **Control Metabólico Óptimo**

La persona diabética que realiza ejercicios en un estado de buen control metabólico (niveles adecuados insulina y concentración normal de glucosa sanguínea), normalmente, muestra una disminución gradual en glucosa plasmática con el ejercicio prolongado, la que puede producir eventualmente producir una hipoglucemia sintomática. En esta situación, el consumo de glucosa por el músculo aumenta en forma adecuada, pero los niveles de azúcar en sangre disminuyen, ya que la ausencia de una disminución de la insulina plasmática inducida por ejercicio inhibe la producción de glucosa hepática (glucogenólisis, gluconeogénesis), así como movilización de los ácidos grasos desde las reservas lípidos. Es decir, la maquinaria de ejercicio funciona normalmente, pero la línea de aporte de energía esta cortada.

Varios factores determinan el grado de la disminución de la glucosa sanguínea y el riesgo de hipoglucemia. La caída del azúcar en sangre se precipita más si el ejercicio se realiza en el momento de la acción pico de la insulina inyectada. Esto ocurre de 2 a 4 horas luego de la inyección de insulina regular, y el ejercicio intenso es más probable que produzca una hipoglucemia en ese momento. Como se muestra en la Figura 2, existen datos que indican que la tasa de absorción de insulina es magnificada, y que la tasa de disminución de glucosa sanguínea es mayor, si la inyección se realiza en el miembro en ejercicio (Koivisto & Felig, 1978). Por ejemplo, se podría recomendar que los corredores se inyecten la insulina en el abdomen antes del ejercicio, y no en el muslo. Cuanto mas tardío sea el ejercicio luego de la inyección, es menos probable que este efecto ocurra. El niño diabético también necesita saber que una glucemia disminuida es

exagerada por el ejercicio de mayor duración y gran severidad (Hagan, Marks, & Warren, 1979).

En condiciones de insulina adecuada, el nivel de caída del azúcar en sangre también depende del nivel inicial de glucosa. Mayores concentraciones predisponen a una mayor disminución de la glucosa con la actividad física, efecto que puede ser visto como beneficioso para el control diabético (Persson & Thoren, 1980). Sin embargo, el ejercicio prolongado aún puede llevar a una hipoglucemia, con fatiga excesiva, mareos, desorientación, síncope, y convulsiones. Además, en algunos pacientes se pueden producir bajos niveles de glucosa sanguínea hasta 15 horas luego de terminado el ejercicio, efecto del continuo consumo de glucosa por las células musculares que han hecho ejercicio, a medida que reponen sus reservas intracelulares de glucosa (MacDonald, 1987). Cada paciente diabético necesita conocer su propia respuesta personal al ejercicio a través del monitoreo de la glucosa sanguínea, ya que el riesgo de hipoglucemia con el ejercicio puede variar notablemente de una persona a otra. Basados en esta información, se pueden formular estrategias para aumentar la ingesta de carbohidratos y ajustar las dosis de insulina, de manera de permitir una participación total en las actividades deportivas. Estas tácticas se discutirán más adelante en este artículo.

### Control Metabólico Pobre

Cuando el niño diabético realiza ejercicios bajo condiciones de pobre control metabólico, con deficiencia de insulina e hiperglicemia, las respuestas metabólicas al ejercicio y los riesgos son completamente diferentes (Horton, 1988) (Tabla 1). Los bajos niveles de insulina permiten una mayor ruptura de glucógeno hepático a glucosa y la movilización de ácidos grasos, pero el consumo periférico de glucosa por el músculo en ejercicio se ve perjudicado. La hiperglicemia empeora y sobreviene la cetoacidosis: o sea, el ejercicio aumenta el pobre control metabólico. Ahora, la línea de aporte está trabajando bien, pero el sustrato energético no puede entrar a la célula muscular en ejercicio. En este estado, el ejercicio intenso está contraindicado, y cuando los niveles de glucosa sanguínea exceden los 250 a 300 mg/dl, el control diabético necesita ser mejorado con insulina adicional antes de la participación deportiva. Por lo tanto, el paciente diabético, necesita estar conciente de su control metabólico antes de realizar una actividad física intensa

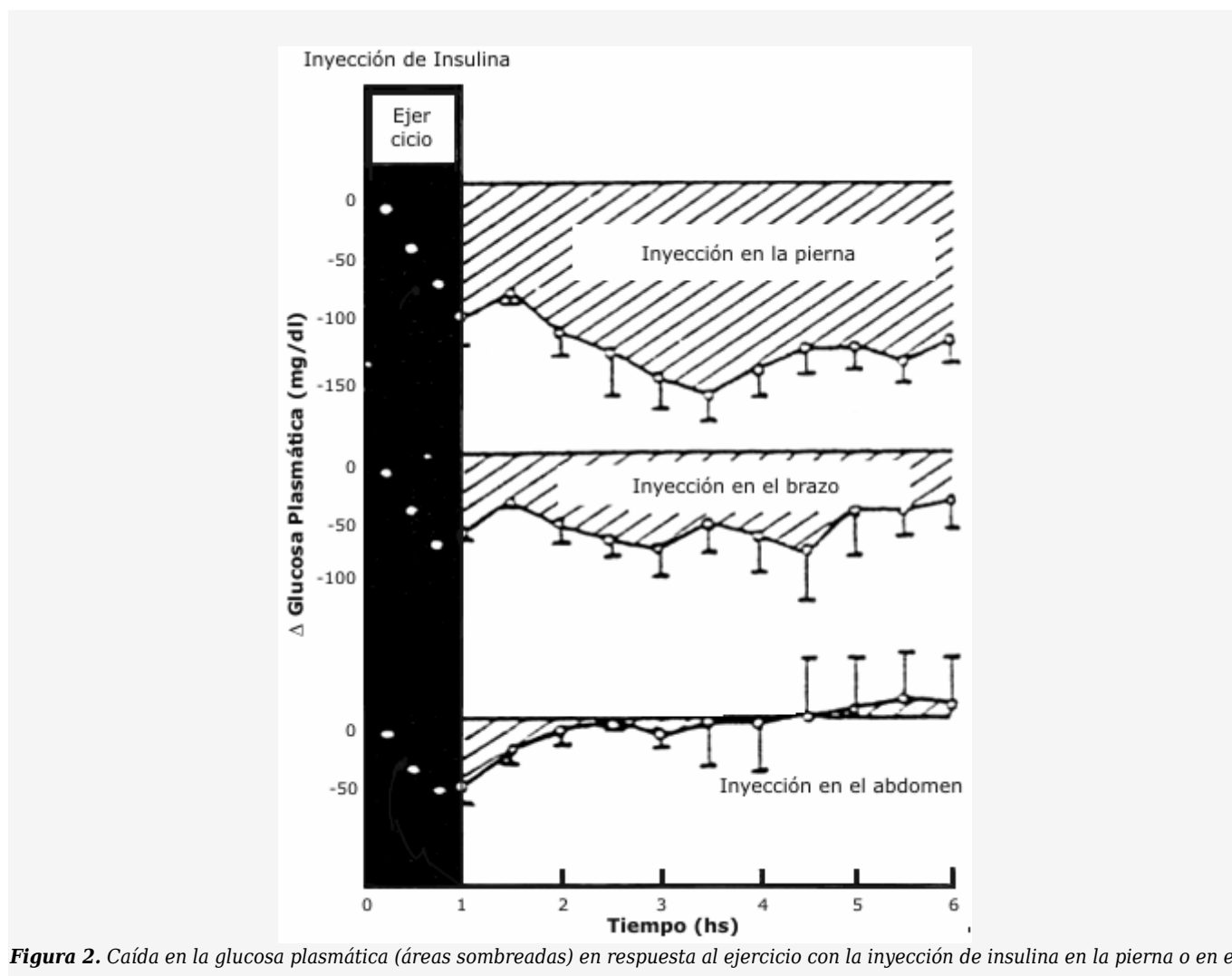


Figura 2. Caída en la glucosa plasmática (áreas sombreadas) en respuesta al ejercicio con la inyección de insulina en la pierna o en el

brazo ejercitados, y en el abdomen. Nota. En: "Physical Training in Juvenile Diabetes" por V.A. Koivisto y L. Groop, 1982, *Annals of Clinical Research*, 14, p.77. Copyright 1982 de la Sociedad Médica Finlandesa. Reimpreso con permiso.

Nivel de Insulina plasmática	Producción de glucosa hepática	Utilización de glucosa muscular	Glucosa sanguínea
Normal o levemente disminuido	↑↑	↑↑	→
Marcadamente disminuido	↑↑	↑	↑
Aumentado	↑	↑↑	↓

**Tabla 1.** Efecto de la suficiencia de insulina sobre las respuestas metabólicas al ejercicio. Nota. En: "Diabetes and Exercise", de E.A. Ritche, N.B. Ruderman, y S.H. Schneider, 1981, *The American Journal of Medicine*, 70, p.205. Copyright 1981 de Cahners Publishing Co. Reimpreso con permiso.

## ENTRENAMIENTO DEPORTIVO Y CONTROL DE LA DIABETES

El descubrimiento de que el ejercicio agudo podía disminuir la glucosa sanguínea en sujetos diabéticos llevó a la esperanza que la actividad física regular, o el entrenamiento, podrían ayudar a normalizar la glucemia y reducir los requerimientos insulínicos sobre una base crónica. Se podría esperar, por otro lado, que éste hecho redujera las complicaciones de la diabetes, a largo plazo. En la Tabla 2 se resumen los resultados de los estudios que examinan esta posibilidad, y los mismos son discutidos en las secciones subsiguientes.

Referencia	N	Edad (años)	Duración	Frecuencia (por sem.)	Tipo de Ejercicio	Resultados
Baevre y cols. (1985)	6	14-7	24	2	?	Aumentó $\dot{V}O_2$ máx. un 19 %. No cambió HbA1°
Campaigne y cols. (1985)	14	12-9	12	3	Aerobics a música	Aumento $\dot{V}O_2$ máx. un 8 %. No cambio HbA1°
Costill y cols. (1979)	12	21	10	5	Carrera	Aumentó $\dot{V}O_2$ máx. un 11 %
Dahl-Jorgensen (1980)	8	9-13	20	2	?	No cambió $\dot{V}O_2$ máx. Disminuyó HbA1°
Larsson y cols. (1962)	6	13-8	8	2	Gimnasia	Aumentó la capacidad de esfuerzo físico (CEF o PWC)
Larsson, Persson & Sterky (1964)	6	15-9	20	1	Nadar / correr	Aumentó CEF un 30 %
Rowland y cols. (1985)	14	9-14	12	3	Correr / Caminar	Aumentó $\dot{V}O_2$ máx. un 9 %. No cambió HbA1°
Stratton y cols. (1987)	8	15	8	3	Actividades aeróbicas	Aumentó resistencia Disminuyó FC submáx. No cambió HbA1° Disminuyó albúmina glicosilada en suero
Willberg-Henriksson y cols. (1982)	9	35	16	3	Actividades aeróbicas	Aumentó $\dot{V}O_2$ máx. un 8 %. No cambió HbA1°

HbA1° = Hemoglobina glicosilada

**Tabla. 2.** Entrenamiento deportivo en la Diabetes Mellitus de Tipo 1

### Trabajos de Investigación

Las primeras observaciones de niños que asistían a campamentos para diabéticos apoyan esta idea (Gabriele & Marble, 1949). Sterky (1970) reportó que los diabéticos juveniles experimentaban una menor glucosuria en este ambiente de alta actividad, y Kinsell (1955) describió una reducción del 40 % en las dosis de insulina en niños diabéticos que iban a los campamentos, lo que él atribuyó al ejercicio físico. Estos resultados podrían haber estado interferidos, tanto por el régimen acompañante, tanto del control alimentario como en la administración de la insulina, pero los primeros trabajos que indican mejorías en el control metabólico luego del entrenamiento físico apoyan sus conclusiones.

Engerbretson (1965) observó una menor secreción urinaria de glucosa, menores niveles de glucosa sanguínea, y menores dosis de insulina, en 5 diabéticos, luego de 6 semanas de entrenamiento intervalado. Ludvigsson (1980) suministró un cuestionario de ejercicios a 143 niños y adolescentes con diabetes, y encontró una correlación positiva entre la actividad física regular y el control metabólico (proporción de tests diarios sin glucosuria). Sin embargo, cuando Larsson, Persson, y Sterky (1964) sometieron a seis niños diabéticos a un programa de ejercicios de una hora semanal durante 5 meses, no se observaron cambios en la glucosa urinaria. Lo que faltaba en estos estudios, además de un número suficiente de sujetos y de un régimen apropiado de ejercicios, era medios satisfactorios para medir el control metabólico durante un periodo extenso de tiempo de entrenamiento.

En 1980, Dahl-Jorgensen, Meen, Hanssen, y Aagenaes utilizaron por primera vez los niveles de hemoglobina glicosilada (HbA1) para evaluar el efecto del entrenamiento físico en los niños diabéticos. La hemoglobina glicosilada es aquella porción de la hemoglobina total que está unida a una molécula de glucosa, y la concentración de HbA1 en la circulación es un reflejo de los niveles de glucosa sanguínea durante el período de vida medio de los glóbulos rojos. Por lo tanto, expresada en porcentajes de hemoglobina total, la HbA1 sirve como un marcador valioso del control glucémico durante las 4 a 6 semanas, antes de su determinación. En consecuencia, los niveles de HbA1 se han convertido en medios útiles para controlar a los pacientes.

Dahl-Jorgensen y cols. (1980) estudiaron los efectos de un programa de ejercicios de 5 meses sobre los niveles de HbA1 en 14 niños diabéticos, con edades entre 9 y 15 años. A pesar de que durante el entrenamiento disminuyeron los niveles de HbA1, los resultados se vieron debilitados por varios problemas metodológicos. Al final del programa el  $VO_2$  máx. no aumentó, sugiriendo que la intensidad del ejercicio fue baja. Las muestras de sangre fueron congeladas, y se determinaron los niveles de HbA1, 5 meses luego de que finalizara el estudio. En 7 de los 8 sujetos del grupo control, la HbA1 también disminuyó, y no se evaluó en este grupo el nivel de actividad física regular.

Campaigne, Gilliam, Spencer, Lampman, y Schork (1984) observaron un efecto beneficioso del ejercicio regular sobre el control metabólico, en nueve niños diabéticos de 5 a 11 años de edad. En estos niños, los niveles de HbA1 y glucosa sanguínea en ayuno disminuyeron en forma significativa, luego de un programa de entrenamiento de 12 semanas. Sin embargo, en un segundo estudio de entrenamiento con 14 adolescentes con diabetes juvenil, no se observaron mejorías en el grupo control (Campaigne y cols., 1985). Los niveles medios de HbA1 permanecieron sin cambios en un 12 % (normal  $7.1 \pm 0.11$  %), luego de un programa de 3 meses de ejercicios aeróbicos, tres veces por semana.

Resultados similares fueron observados por Rowland, Swadba, Biggs, Burke, y Reiter (1985) en 14 niños, entre 9 y 14 años (la duración promedio de la diabetes era 4.2 años). No se vieron cambios significativos en los niveles de HbA1, luego de un programa de ejercicios aeróbicos, a pesar de los aumentos en el  $VO_2$  máx. El HbA1 antes del entrenamiento era del 9.9 %, indicando un grupo razonablemente bien controlado de sujetos. Durante el programa no se observaron cambios significativos en las dosis de insulina (basados en el monitoreo de la insulina en el hogar).

Baevre, Sovik, Wisnes, y Heiervang (1985) no encontraron cambios en la HbA1, luego de 6 meses de ejercicios (dos veces por semana), en un pequeño grupo de adolescentes (16 años) con diabetes. Stratton, Wilson, Endres, y Goldstein (1987) evaluaron las respuestas metabólicas de 8 adolescentes insulino-dependientes, a un programa de ejercicio supervisado. Los valores de HbA1 no disminuyeron, pero se observó una reducción significativa en la albúmina plasmática glicosilada, considerada por los autores como un índice más sensible del control glucémico.

Los resultados de estos tipos de estudios también son diversos en los adultos. Peterson, Jones, Esterly, Wantz, y Jackson (1980) observaron una reducción en la HbA1, luego de un entrenamiento aeróbico en 10 sujetos adultos con diabetes de tipo I (promedio de edad, 25 años). Sin embargo, en este estudio la mejoría en el control metabólico podría ser resultante de la introducción concomitante del monitoreo de la glucosa sanguínea en el hogar. Zinman, Zuniga-Guajardo, y Kelly (1984) no encontraron cambios en la HbA1, luego de 12 semanas de ejercicio en bicicleta, en un grupo de 13 adultos con diabetes insulino-dependiente. Del mismo modo, Wallberg-Henriksson y cols. (1982) no observaron cambios en la HbA1, en la excreción urinaria de glucosa en 24 horas, o en los tests de orina monitoreados en el hogar, en 9 adultos, luego de un programa de ejercicios de 16 semanas.

Tanto en individuos diabéticos como no diabéticos, se ha observado una mayor sensibilidad a la insulina luego del entrenamiento físico. Sin embargo, esta respuesta no parece alterar los requerimientos de insulina o de otros marcadores

del control metabólico (Baevre y cols., 1985; Wallberg-Henriksson y cols., 1982).

### **Fracaso del Ejercicio en el Control de la Diabetes**

En resumen, a pesar de que muchos datos son conflictivos, hasta el presente no existe una evidencia convincente de que la actividad física regular mejore el control diabético, más allá del efecto hipoglucémico observado con el ejercicio agudo. Como Kemmer y Berger (1983) hicieron notar,

“Para utilizar el ejercicio como una herramienta terapéutica para mejorar a largo plazo el control glucémico de la diabetes (de tipo I), el paciente tendría que realizar ejercicios todos los días, en un horario regular durante un periodo definido, a una determinada intensidad con dudosa perspectiva de éxito... El uso de la actividad física como herramienta para mejorar el control metabólico en la diabetes de tipo I, parece ser poco práctico”

Parecería que ningún efecto del ejercicio regular, específicamente beneficioso para los pacientes diabéticos, debe ser dirigido hacia otras metas.

## **DIABETES, EJERCICIO, Y ATEROSCLEROSIS**

---

El mayor peligro para los diabéticos es la muerte prematura por enfermedad vascular aterosclerótica (infarto de miocardio, ataque, etc.). La enfermedad de las arterias coronarias es la causa subyacente de muerte en, aproximadamente, el 40 % de los individuos con diabetes, con una incidencia del doble, con respecto a la población no diabética. Es menos probable que los pacientes diabéticos sobrevivan a un infarto de miocardio, y aquellos que lo logran tienen pronósticos más reservados que los no diabéticos (Bennet, 1981).

No está claro por qué tanto los individuos con diabetes de tipo I, como de tipo II, tienen esta tendencia para la aterosclerosis. Los factores de riesgo de la enfermedad de las arterias coronarias podrían compartirse con la diabetes (particularmente aquellos con diabetes de tipo II); en forma alternativa, los trastornos metabólicos intrínsecos del estado diabético, en sí, podrían cumplir un papel importante. Existe suficiente información disponible para aconsejar el ejercicio como medio para prevenir la enfermedad cardíaca isquémica en los adultos. Por consiguiente, la actividad física regular debería ser una parte particularmente importante de la vida diaria de los pacientes diabéticos.

### **Niveles de Lípidos en Sangre**

Cuando los niños diabéticos reciben una adecuada terapia de insulina, sus niveles promedio de lípidos en la sangre generalmente están dentro del rango normal para su edad (Sterky, Larsson, & Persson, 1963). Campaigne y cols. (1985) hicieron un seguimiento de los perfiles lipídicos en 14 adolescentes diabéticos durante el transcurso de un programa de ejercicios de 12 semanas. Aparentemente, la disminución significativa en el nivel medio de colesterol LDL estuvo relacionada con el efecto del entrenamiento, ya que el  $VO_2$  máx. aumentó, y otros factores que afectan los lípidos en la sangre (por ej., dieta y peso) no fueron contribuyentes. En este estudio, no se observaron cambios en los triglicéridos, colesterol total, o colesterol HDL. Del mismo modo, un grupo de diabéticos de más edad (promedio 35 años), estudiado por Wallberg-Henriksson y cols. (1982), no experimentó cambios en el colesterol HDL durante un período de entrenamiento de 16 semanas, pero el colesterol plasmático disminuyó un 14 %.

### **Triacilglicéridos**

Los niveles elevados de triacilglicéridos, por lo general, no son considerados un factor de riesgo importante para la enfermedad de las arterias coronarias, pero podrían jugar un papel más significativo en el desarrollo de la aterosclerosis, en los sujetos diabéticos. En un estado de deficiencia de insulina aumentan los niveles plasmáticos de triacilglicéridos, ya que el aumento de la lipólisis estimula la secreción hepática de triacilglicéridos. En un estudio, Larsson, Persson, y Sterky (1964) observaron una significativa disminución en los triacilglicéridos en seis adolescentes diabéticos, luego de 5 meses de gimnasia, 1 hora por semana. El mismo efecto fue demostrado por Costill, Cleary, y Fink (1979) en adultos diabéticos insulino-dependientes. Los niveles de triacilglicéridos y colesterol total disminuyeron 18 % y 10 %, respectivamente, durante un programa de ejercicios aeróbicos de 10 semanas de duración.

### **Actividad Fibrinolítica**

Las deficiencias de la actividad fibrinolítica en el suero podrían contribuir a la patogénesis de la enfermedad coronaria y sus complicaciones. Esto representa un potencial riesgo para los pacientes diabéticos, quienes tienen la tendencia a elevados niveles de fibrinógeno y de viscosidad sanguínea, así como una deprimida actividad fibrinolítica (Jarrett, Keen, &

Chakrabarti, 1982). Se ha demostrado que, en sujetos no diabéticos, el entrenamiento físico aumenta las respuestas fibrinolíticas y disminuye la viscosidad sanguínea a través del aumento del volumen plasmático (Koch & Rocker, 1980; Williams y cols., 1980). Hasta el momento no se han llevado a cabo estudios similares en individuos diabéticos, pero se ha sugerido que el ejercicio regular podría reducir la adherencia de las plaquetas en este grupo (González, 1979).

### **Rol del Ejercicio**

Las consecuencias del rol del ejercicio en la cardiología preventiva son especialmente pertinentes para niños y adolescentes diabéticos. Se necesita mayor información para evaluar la respuesta a la actividad física de los factores de riesgo coronario en estos pacientes, pero se puede presumir, razonablemente, que un estilo de vida sedentario tiene tanto riesgo de desarrollar enfermedad coronaria, tanto en pacientes diabéticos como en la población no diabética.

## **EJERCICIO Y ENFERMEDAD MICROVASCULAR DIABETICA**

---

Los pacientes diabéticos sufren de una generalizada y progresiva enfermedad microvascular que tiene sus efectos más devastadores en los ojos y riñones. Este difuso engrosamiento de las membranas basales de los capilares, a menudo, induce a una progresiva ceguera e insuficiencia renal en la mitad de la edad adulta (McMillan, 1975). Inicialmente, se creía que los niños estaban eximidos de estos cambios microvasculares diabéticos, pero una fuerte evidencia indica que este proceso comienza durante la niñez. El 40 % de los niños diabéticos con edades entre 6 y 20 años, tiene un mayor grosor en la membrana basal de los capilares del cuádriceps (Raskin, Marks, Bums, Plumer, & Siperstein, 1975), y en el 75 % de los diabéticos en este grupo de edad, se pueden detectar anomalías vasculares renales (Malone, Cader, & Edwards, 1977). Cuando los niños diabéticos realizan ejercicios, aumentan la excreción urinaria de albúmina reflejando, presumiblemente, cambios microvasculares renales precoces (Morgensen & Vittinghaus, 1975).

### **¿Mejorías a través del Ejercicio?**

En 1980, Larsson propuso que “es probable que el ejercicio pudiera retrasar la aparición de la microangiopatía diabética, a través del aumento de las dimensiones circulatorias, de mejorar el flujo sanguíneo y el transporte de oxígeno” (p. 122). ¿Hay alguna evidencia de que esto sea cierto? Muy pocas investigaciones han estudiado este tema. Peterson y cols. (1980) observaron una disminución en el engrosamiento de la membrana del músculo esquelético, en 6 de 10 personas adultas con diabetes, luego de un programa combinado de ejercicios de “*endurance*”, y monitoreo de glucosa en el hogar.

LaPorte y cols. (1986) evaluaron la asociación entre la actividad física y las complicaciones microvasculares a largo plazo, en 696 adultos con diabetes de tipo I. Utilizando como parámetros de actividad física la participación deportiva en los equipos de la Escuela Secundaria o en la Universidad, ellos no observaron una correlación entre el ejercicio regular precoz y la retinopatía severa, o la ceguera, en los años posteriores (la mayoría con una duración de la diabetes de más de 20 años). Sin embargo, la participación en los equipos deportivos estuvo asociada, en forma negativa, a las complicaciones macrovasculares (ataque cardíaco, infarto de miocardio, claudicación intermitente), aunque sólo en los sujetos varones.

### **¿Empeoramiento a través del Ejercicio?**

Este estudio también es importante desde otro punto de vista. Se ha sugerido que el ejercicio podría aumentar el daño microangiopático a través de la elevación de la presión arterial, de la pérdida glomerular de albúmina, y por causar aumentos de la hormona de crecimiento (McMillan, 1979; Morgensen & Vittinghaus, 1975). Se han observado hemorragias oculares, luego del ejercicio, en sujetos con retinopatía diabética (Anderson, 1980). A pesar de que el estudio de LaPorte y cols. (1986) está debilitado por su limitada y estrecha definición retrospectiva de ejercicio, no pudo demostrar que la participación deportiva intensa agrave las manifestaciones oftalmológicas de la microangiopatía diabética.

## **BENEFICIOS PSICOLOGICOS**

---

No se ha publicado hasta el momento ninguna evaluación sistemática de los beneficios psicosociales del ejercicio en los niños con diabetes. Sin embargo, parecería que los beneficios emocionales, asociados con la actividad física regular, son particularmente relevantes en este grupo de pacientes. Anecdóticamente, aquellos que trabajan con pacientes diabéticos jóvenes, quedan impresionados con las mejorías en el bienestar emocional durante la participación en actividades físicas grupales (Riley & Rosebloom, 1980; Rowland, 1986). El aumento en la autoconfianza y el optimismo logrado en tales



programas, también podría ayudar a mejorar la contención en todos los aspectos del cuidado del diabético.

La diabetes mellitus enfrenta al paciente y a su familia con temas particularmente difíciles en cuanto a la adaptación psicológica. Esta es una enfermedad de causa desconocida y de perspectivas pesimistas a largo plazo, sin garantías de que un cuidadoso tratamiento afecte positivamente las complicaciones que puedan surgir. Al paciente se le requiere regular la dieta, administrar las dosis de insulina, controlar los niveles de glucosa sanguínea, y adoptar hábitos de ejercicio, todo lo cual afianza el estereotipo de un individuo discapacitado. No es sorprendente que la pérdida de la autoestima, el perjuicio en las relaciones interpersonales, y la no contención, sean características frecuentemente observadas en los niños diabéticos (Johnson & Rosenbloom, 1982).

El ejercicio regular brinda la posibilidad de revertir muchas de estas reacciones emocionales. Una mejor autoimagen, un sentido de mejor automaestría, confianza social, y energía para actividades escolares y recreativas, son cambios que han sido atribuidos al aumento en la actividad física. En resumen, los programas deportivos pueden hacer que estos jóvenes con enfermedades crónicas se sientan bien consigo mismos. Esto solo justifica el énfasis sobre el ejercicio como parte vital del tratamiento diabético.

## ¿LIMITA LA DIABETES EL NIVEL DE CAPACIDAD FÍSICA?

En repetidas oportunidades, se han observado menores niveles de capacidad física en sujetos diabéticos, en comparación con controles no diabéticos. En niños con diabetes se han reportado las siguientes características:

- Mayor frecuencia cardíaca a una determinada carga de esfuerzo (Larsson, Sterky, Ekengren, & Moeller, 1962; Sterky, 1963).
- Menor frecuencia cardíaca máxima (Rubier&Arvan, 1975).
- Menor tolerancia al ejercicio.
- Menor VO<sub>2</sub>máx. (Larsson. Persson. Sterky, & Thoren. 1964).

Sin embargo, entre los sujetos diabéticos existe un amplio rango de capacidades físicas, y algunos se han convertido en deportistas amateurs y profesionales de nivel internacional. Esto podría explicar por qué otros estudios no han podido observar desvíos de los niveles normales en la capacidad física de niños diabéticos (Hagan y cols., 1979; Larsson y cols., 1962; Olavi, Hirvonen, Peltonen, & Valimaki, 1965). Debido a que la capacidad depende de la selección de sujetos diabéticos y control, es difícil concluir en forma certera que un determinado paciente diabético está realmente limitado en cuanto a su capacidad física o, de ser así, si esto se debe a las influencias de la diabetes sobre la función fisiológica, o simplemente a la tendencia del niño diabético a tener un estilo de vida más sedentario (Ludvigsson, 1980).

Alguna visión intrínseca sobre este interrogante fue provista por un estudio en el cual se examinó la relación entre el grado de control metabólico (niveles de HbA1) y la aptitud o capacidad física (test máximo en bicicleta), en diabéticos adolescentes (Poortmans, Saerens, Edelman, Vertongen, & Dorchy, 1986). La carga máxima de esfuerzo y el VO<sub>2</sub>máx. fueron significativamente menores en el grupo de diabéticos, en comparación con el grupo control (ambos grupos fueron presentados como sedentarios). Además, se observó una relación inversamente proporcional entre el nivel de HbA1 y la carga máxima de esfuerzo.

### Factores Limitantes del Rendimiento

Las personas diabéticas tienen varias características fisiológicas y bioquímicas que podrían ser las responsables de su menor rendimiento deportivo. Estas han sido identificadas principalmente en pacientes adultos, pero podrían tener su inicio durante la niñez.

### Disfunción Cardíaca

Los estudios con diabéticos adultos utilizando cateterismo cardíaco, intervalos de tiempo sistólico, y angiografía con radionúcleotidos han revelado una alta incidencia de disfunción cardíaca con el ejercicio, que aparentemente, es independiente de la enfermedad aterosclerótica (Cooper, 1984). Los resultados histológicos de proliferación del endotelio, fibrosis miocárdica, y engrasamiento basal capilar, apoyan también la existencia de una marcada miocardiopatía diabética (Fein & Sonnenblick, 1985).

Por lo general, el grado de disfunción ventricular es paralelo a la duración de la diabetes, y anteriormente a los niños se los consideraba exentos de la complicación cardíaca. Sin embargo, estudios ecocardiográficos recientes han sugerido que los cambios en la función cardíaca pueden observarse a edades tempranas. Friedman, Levitsky, y Edidin (1982) observaron un

mayor volumen ventricular izquierdo de fin de sístole, menor fracción de eyección, y menor velocidad de acortamiento de fibras circunferenciales, en 33 niños diabéticos en reposo. Lababidi y Goldstein (1983) llevaron a cabo un estudio similar en 107 sujetos, con edades entre 2 a 24 años, y reportaron anomalías relacionadas con la edad en las dimensiones de la aurícula izquierda, ventrículo derecho, ventrículo izquierdo, así como un movimiento septal ventricular disminuido.

Baum, Levitsky, y Englander (1987) evaluaron la función cardíaca, inmediatamente después del ejercicio, en 30 diabéticos insulino-dependientes entre 10 y 19 años de edad. Se observaron anormalidades en el acortamiento fraccional y en la velocidad de acortamiento de las fibras circunferenciales, al realizarse ecocardiogramas dentro de los 3 minutos, luego de un ejercicio máximo en una bicicleta ergométrica. Estos resultados sugirieron a los autores que "la disfunción del miocardio (durante la infancia y la adolescencia) podría ser el puerto de partida de la miocardiopatía severa de la diabetes de largo plazo" (p.322).

### **Factores no Cardíacos**

Los factores no cardíacos también podrían ser responsables de limitar la capacidad de ejercicio en los pacientes diabéticos. McMillan (1978) comentó que "la membrana basal es la estructura a través de la cual todas las moléculas de oxígeno tienen que pasar para entrar al músculo. No es ilógico creer que el engrosamiento podría perjudicar la oxigenación durante el ejercicio" (p.402). Es común observar el engrosamiento de la membrana basal en los capilares del músculo esquelético de personas diabéticas, pero hasta el momento no existe una prueba experimental que indique que esto limita el transporte de oxígeno al músculo.

Los cambios en la afinidad hemoglobina-oxígeno podrían afectar el transporte de oxígeno en sujetos diabéticos. Cuando está adherida a la glucosa como HbA1, la hemoglobina se liga más pobremente al 2.3 difosfoglicerato (2.3 DPG), compuesto importante en la promoción de la descarga de oxígeno a nivel del tejido. En individuos diabéticos mal controlados con un nivel elevado de HbA1, el incremento resultante en la afinidad hemoglobina-oxígeno podría interferir con el transporte de oxígeno al músculo.

Ditzel, Kawahava, y Mourits-Andersen (1981) evaluaron a un grupo de niños diabéticos para determinar si estas diferencias tenían alguna importancia funcional. Las concentraciones de hemoglobina, HbA1, y 2.3 DPG, fueron mayores en los diabéticos que en los sujetos control, pero la afinidad hemoglobina-oxígeno fue idéntica. Los autores interpretaron estos resultados como indicadores de que cualquier disminución en el transporte de oxígeno estaba compensada por el aumento en los niveles de DPG. Los elevados niveles de hematocrito, que se correlacionaron tanto con el 2.3 DPG, así como con el porcentaje de HbA1, indicaron la posibilidad de una relativa hipoxia en los tejidos de los individuos diabéticos.

El estudio con biopsia muscular realizado por Saltin, Houston, y Nygaard (1979), en adultos diabéticos varones, sugirió que la densidad capilar periférica y las concentraciones de enzimas oxidativas podrían ser menores en esta enfermedad. Sin embargo, Costill y cols. (1979) no pudieron respaldar estos resultados, ni antes ni después del entrenamiento deportivo. Otro posible factor que podría limitar el ejercicio en sujetos diabéticos, es la influencia de la HbA1 en la reducción de la deformación de los glóbulos rojos (McMillan, Utterback, & LaPuma, 1978). Este efecto aumentaría la viscosidad de la sangre, e impediría el flujo sanguíneo con el ejercicio.

Sin importar el daño en la capacidad aeróbica, los individuos con diabetes responden normalmente al entrenamiento de "endurance" (referirse a la Tabla 2). El máximo consumo de oxígeno, la capacidad de esfuerzo físico (intensidad de esfuerzo a una frecuencia cardíaca arbitraria de 170 lat/min), y las frecuencias cardíacas submáximas mejoran con estos programas, en forma paralela a los cambios observados en los sujetos no diabéticos.

## **RECOMENDACIONES PARA EL EJERCICIO**

---

Se debería aconsejar a los niños diabéticos de participar en actividades físicas por las mismas razones que para los sujetos no diabéticos - agregar entusiasmo a la vida, sentirse bien con uno mismo, controlar la obesidad, mejorar la capacidad de esfuerzo, y disminuir los riesgos de la enfermedad cardiovascular adulta. A partir de lo expuesto anteriormente, es evidente que, de hecho, estos beneficios podrían tener una mayor relevancia para las personas diabéticas. Al mismo tiempo, muchos niños y adolescentes con diabetes, un grupo con un riesgo particular por su estilo de vida sedentario, son reacios a participar en actividades vigorosas por miedo a una hipoglucemia inducida por el ejercicio. Aquí, el rol para los médicos es doble: estos pacientes necesitan ser motivados para comenzar actividades deportivas en forma regular, y al mismo tiempo, necesitan ser educados en las maneras en que esta participación sea segura. Las estrategias para lograr el primer objetivo se discutirán en la Parte II; lograr el segundo objetivo requiere que el paciente diabético tenga un claro conocimiento de las relaciones entre la insulina, la dieta, y el ejercicio.

La tarea de ayudar al niño diabético a adaptar la insulina y la dieta a la actividad física, sería más simple si el entrenamiento fuera regular y planificado (como las comidas). La vida para los diabéticos también sería más fácil si sus respuestas metabólicas a un determinado ejercicio fueran previsiblemente similares. En la ausencia de tan buena suerte, el ajuste de la dieta y la insulina al ejercicio para un determinado niño, requiere de un enfoque de ensayo y error con un cuidadoso control de la glucosa sanguínea antes, durante, y después del ejercicio. La experiencia educará a cada paciente en cuanto a qué respuesta metabólica debe esperar con cada intensidad y duración del ejercicio. Durante este proceso de aprendizaje se pueden utilizar los consejos resumidos en el siguiente cuadro.

## **LINEAMIENTOS PARA LA PRESCRIPCIÓN DE EJERCICIO EN NIÑOS CON DIABETES MELLITUS**

---

- Se debería aconsejar a todos los niños con diabetes de participar de ejercicios en forma regular, y que preferentemente sean aeróbicos (carrera pedestre, natación, ciclismo).
- Los medios para adaptar la ingesta de carbohidratos y la dosis de insulina para evitar la hipoglucemia durante el ejercicio, deben ser aplicados a cada paciente en forma individual.
- Los niños con diabetes necesitan saber que la ingesta de carbohidratos antes de la actividad física está dictada por los niveles de glucosa plasmática pre-ejercicio.
- Se debería inyectar la insulina en un sitio que no realice movimiento.
- Los niños diabéticos siempre deberían realizar ejercicios con individuos que tengan conocimientos acerca de su enfermedad. Siempre debería estar disponible una fuente de carbohidratos de rápida absorción.

### **Actividad**

No existe ninguna forma de actividad física contraindicada para los pacientes diabéticos. Sin embargo, estos niños siempre deberían realizar ejercicios con alguien que sepa que tienen diabetes, y qué hacer en caso de una emergencia. Se debería evitar el ejercicio prolongado durante los períodos de la actividad pico de la insulina, particularmente 2 a 4 horas luego de una inyección de insulina regular, o 7 a 10 horas luego de la administración de insulina de acción intermedia. En cambio, el ejercicio es mejor soportado dentro de las 2 horas de haber ingerido una comida. Los pacientes no deberían realizar actividades físicas luego de un ayuno prolongado.

### **Cobertura de Carbohidratos**

La idea es realizar ejercicios con un poco de combustible extra, para evitar que cualquier disminución de azúcar sanguíneo durante el ejercicio alcance niveles hipoglucémicos. Cuánto de "extra" se necesita, va a depender del nivel inicial de glucosa sanguínea, intensidad y duración del ejercicio, relación temporal con la dosis de insulina y las comidas y, nuevamente de la variación individual.

### **Prescripciones de Carbohidratos**

- Si la glucosa sanguínea está por debajo de 100mg %, ciertamente se necesitará una cobertura con 10 a 15 g de carbohidratos de rápida absorción para un niño, o 25 a 50 g para un adolescente. Esto puede obtenerse con una fruta o pedazo de pan, consumidos 20 a 30 min antes del ejercicio. Muchos pacientes necesitan dosis extras de carbohidratos similares cuando las concentraciones de glucosa están entre los 100 y 180 mg por ciento.
- Si el nivel inicial de glucosa sanguínea está entre 180 y 250 mg por ciento, normalmente no se necesita de una dosis extra de carbohidratos.
- Si se planea realizar un ejercicio prolongado (como una caminata de todo el día), se debería consumir aproximadamente 1 g de carbohidratos por cada minuto de ejercicio, con intervalos de 30 a 60 minutos. Los jugos de fruta son suficientes en esta situación ya que proveen fluidos, así como azúcar.

### **Dosis de Insulina**

Por lo general no se necesitan cambios en las dosis de insulina, a menos que el ejercicio sea prolongado. Sin embargo, se podría necesitar un mínimo de reducción del 20 % en la dosis diaria (más carbohidratos) para mantener niveles normales de glucosa sanguínea, durante actividades de varias horas de duración. Las inyecciones de insulina antes de actividades físicas se deberían administrar en extremidades que no realicen ejercicio (abdomen para el pedestismo y ciclismo, muslos para el canotaje), especialmente si la actividad se lleva a cabo dentro de unas pocas horas de la inyección.

### **Evitar la Cetoacidosis**

Antes de una actividad deportiva se debería reconocer el estado metabólico. Se debería posponer el ejercicio, hasta que se establezca un mejor control, si el nivel de azúcar en sangre está por encima de los 250 a 300 mg por ciento, o si existe cetonuria.

### **Seguridad**

Los niños diabéticos deben llevar consigo alguna forma de carbohidratos (por ej., tabletas de dextrosa. una gaseosa común), o tenerlo inmediatamente disponible durante el ejercicio. Deberían estar preparados para una hipoglucemia post-ejercicio, la que puede ocurrir varias horas después de la actividad física. Es importante beber mucho líquido antes, durante, y después del ejercicio. En lo posible, los pacientes deberían ir tarde realizar ejercicios de acuerdo a una rutina regular, al menos 1/2 hora cuatro veces por semana.

El cuadro precedente resume algunos consejos para la prescripción de ejercicios en niños con diabetes mellitus.

## **CONCLUSION**

---

La diabetes mellitus de tipo I, o juvenil, está caracterizada por cambios metabólicos agudos en respuesta a una relativa deficiencia de insulina, y alteraciones micro y macrovasculares crónicas que afectan principalmente la función renal, cardiovascular, oftalmológica, y neurológica. Es importante que los médicos comprendan la relación entre diabetes y ejercicio, por las siguientes razones:

- Las series agudas de ejercicio podrían provocar una hipoglucemia o cetoacidosis, de acuerdo al nivel de suficiencia insulínica. Los pacientes pueden protegerse de estos efectos a través de un adecuado tratamiento y control diabético.
- El miedo a estas complicaciones hace que muchos pacientes diabéticos eviten la actividad física intensa. Por lo tanto, los posibles efectos de su enfermedad sobre la función cardiovascular podrían estar agravados por un estilo de vida sedentario.
- A pesar de que el ejercicio regular no parece afectar el control diabético, se debería promover la actividad física en pacientes con diabetes como una medida preventiva contra las complicaciones cardiovasculares de esta enfermedad, a largo plazo.
- El estado diabético en sí podría limitar la capacidad física, interfiriendo con los mecanismos de transporte de oxígeno.
- La participación deportiva regular es importante para contrarrestar los efectos emocionales negativos de la diabetes, a través del aumento de la autoimagen, de la autoestima, y de la confianza social.

### **Cita Original**

Exercise and Children's Health; Cap. 10, pp. 215-233. 1990. Traducido y publicado con el permiso del autor y del Editor (Human Kinetics Publishers, Champaign. IL)