



Centro de Estudos de Fisiologia do Exercício  
Universidade Federal de São Paulo



## **Aspectos gerais do diabetes *mellitus* e exercício**

**Rodrigo Luiz Vancini**

**Claudio Andre Barbosa de Lira**

### **1. Introdução**

#### **1.1. Definição e etiologia**

O diabetes *mellitus* é uma doença endócrina caracterizada por elevada taxa de glicose sangüínea (hiperglicemia). Esta hiperglicemia é decorrente da falta de insulina ou incapacidade da insulina em exercer adequadamente seus efeitos nos tecidos alvos. O diabetes *mellitus* é classificado em dois tipos a saber: (1) diabetes *mellitus* tipo I ou insulino-dependente e (2) diabetes *mellitus* tipo II ou insulino-independente (DeFronzo, 2004). No diabetes tipo I, ocorre ausência ou diminuição da secreção da insulina pelas células beta das ilhotas de Langerhans do pâncreas ocasionada por fatores hereditários, destruição das células beta por auto-anticorpos ou ainda por destruição viral (Fajans, 1979; Notkins, 1979; Skyler, 2004). Já no diabetes tipo II ocorre uma resistência à ação da insulina e sua etiologia está relacionada, principalmente, com a obesidade andróide (DeFronzo, 2004).

A resistência à ação da insulina é uma anormalidade primária e precoce no curso da doença, sendo esta caracterizada pela diminuição da habilidade da insulina em estimular a utilização da glicose pelo músculo e tecido adiposo prejudicando a lipólise induzida por este hormônio (Skyler, 2004).

Quanto à epidemiologia, existe grande variabilidade da prevalência de diabetes na população mundial, exemplificada pelas mais baixas taxas de 0,6 indivíduos por 100 mil habitantes na Coréia e México até as mais altas na Finlândia, com 35,3 por 100 mil habitantes (Karvonen et al, 1993). Nos EUA há por

volta de 10,3 milhões de casos diagnosticados de diabetes, sendo o diabetes tipo II responsável por 90 a 95% de todos os casos. No Brasil, pelo menos 14,7% da população com mais de 40 anos é diabética (Ministério da Saúde, 2004). Um estudo multicêntrico e populacional realizado em nove capitais brasileiras demonstrou que a prevalência do diabetes na população urbana entre 30 e 69 anos é de aproximadamente 8%, sendo as regiões Sul e Sudeste as de maior prevalência (Malerbi, Franco, 1992).

Entretanto, estudos epidemiológicos recentes mostram fortes evidências que o exercício físico regular associado a uma dieta equilibrada diminui a incidência de diabetes (Manson et al, 1991; Kelley, Goodpaster, 1999; ACSM, 2000; Fletcher, Lamendola, 2004; Zinman et al, 2004). Infelizmente, ao redor de 60 a 80% das pessoas com diabetes não seguem as prescrições mínimas para a manutenção da saúde que são 30 minutos de atividade física acumulada com intensidade moderada, cinco dias por semana (Kirk et al, 2003). Sendo assim, esta revisão tem por objetivo abordar os principais conceitos e vertentes sobre o binômio diabetes e exercício.

## **2. Diabetes e exercício**

A relação entre o nível de atividade física e a predisposição ao diabetes foi sugerida pelo fato que as sociedades as quais abandonaram estilos de vida tradicionais (agricultura para subsistência, por exemplo), o que incluía grande quantidade de atividade física, experimentaram maiores aumentos no diabetes, principalmente o do tipo II. Por exemplo, foi feito um estudo comparando diferentes grupos de índios Pima que possuíam similaridade genética, porém que viviam em lugares diferentes estando sujeitos a hábitos e a costumes diferentes. Um grupo vivia na zona rural do México e seguia um estilo de vida tradicional, o outro grupo de índios vivia no Arizona (EUA) e tinham uma dieta hipercalórica e altos índices de sedentarismo. Este estudo mostrou que os índios Pima mexicanos apresentavam menores taxas de obesidade e diabetes do que os índios Pima americanos (Ravussin et al, 1994).

Estudos em modelos animais mostraram melhora do estado geral dos animais diabéticos pela realização crônica de exercício físico, principalmente quanto aos aspectos relacionados ao metabolismo de substratos energéticos e as secreções hormonais (Tan et al, 1982; Tancrede et al, 1982; Nadeau et al, 1985; Rousseau-Migneron et al, 1988; Jean et al, 1992). O exercício acarretou mudanças metabólicas favoráveis como diminuição da glicose sangüínea e aumento da sensibilidade à ação da insulina e da taxa metabólica basal. Isto ocorre geralmente após períodos crônicos de atividade física regular com intensidade de baixa a moderada bem como em exercícios de alta intensidade correspondente a 70 a 80% do consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ). Embora um nível baixo de intensidade seja adequado para facilitar mudanças metabólicas, é preciso satisfazer o limiar mínimo necessário para melhorar a resistência cardiorespiratória, intensidade de exercício maior ou igual a 50% do  $\dot{V}O_2\text{max}$ . Essencialmente, implementando atividades de intensidade baixa a moderada para indivíduos com diabetes minimizam-se os riscos e maximizam-se os benefícios à saúde. Além disso, a atividade física de mais baixa intensidade propicia um nível de esforço mais confortável e melhora a probabilidade de aderência, enquanto, diminui a probabilidade de lesões músculo-esqueléticas e lesões por atrito nos pés, particularmente em atividades que exijam sustentação do peso corporal (Umeh et al, 1999; ACSM, 2000; Ulbrecht et al, 2004).

Previamente ao advento da insulina, pacientes com diabetes tipo I tinham poucas chances de participar de programas de atividade física vigorosas. Distúrbios metabólicos incluindo cetose, desidratação severa e complicações musculares eram agravadas significativamente pelo exercício, limitando a participação desses indivíduos em atividades esportivas. Entretanto, depois da insulina ser disponibilizada como terapia para estes pacientes, as recomendações concernentes ao exercício físico mudaram. De fato, hoje, muitos pacientes diabéticos tipo I estão aptos a incorporar o exercício físico dentro de suas rotinas diárias havendo numerosos atletas profissionais e olímpicos com diabetes tipo I (Steppel, Horton, 2003). O objetivo do tratamento do diabetes tipo I é manter os níveis de glicose sangüínea e lipídios ótimos, em condições de prevenir ou

retardar as complicações microvasculares, macrovasculares e neurais, sendo assim uma modalidade de tratamento (ACSM, 2000). Os indivíduos diabéticos do tipo I em geral são jovens e freqüentemente inclinados ao esporte e a atividade física, sendo a maior meta do tratamento conduzir o paciente a ter uma vida normal, bastando para isso o controle glicêmico. Deste modo, a atividade é bem recomendada, mas não sem risco de hipo- e/ou hiperglicemia. O paciente observará que a combinação de doses de insulina, ingestão de carboidratos e a atividade física conduzi-lo-á a uma melhor qualidade de vida e controle do diabetes (Steppel, Horton, 2003).

Quanto ao diabetes tipo II, a atividade física regular reduz o seu risco. Este efeito protetor está correlacionado ao nível de atividade física durante os anos prévios desde a infância. A atividade física é freqüentemente indicada no tratamento do diabetes do tipo II ao lado da dieta e terapia medicamentosa entretanto, alguns indivíduos nessas condições são incapazes de manter uma atividade física regular. Além do mais, o esforço intenso pode ser perigoso, especialmente para pacientes com retinopatia, neuropatia, pressão arterial elevada ou problemas do coração (ACSM, 2000).

## **1.2. Prescrição do exercício**

Combinado com os interesses pessoais e os objetivos do paciente, o tipo de atividade física é importante para motivar os indivíduos diabéticos a iniciarem um programa de atividade física como também para sustentar este hábito por toda a vida. Programas de atividade física para indivíduos com diabetes sem complicações ou limitações significativas devem incluir exercícios aeróbios e resistidos apropriados para desenvolver e manter a aptidão cardiorespiratória, a composição corporal, a força muscular e a resistência muscular. É recomendado o exercício que se possa fazer um bom controle da intensidade, ser facilmente mantido e requerer pouca habilidade. Para estes indivíduos é importante determinar um tipo de atividade que efetivamente possa maximizar o gasto energético, já que a obesidade e o diabetes estão freqüentemente associados (ACSM, 2000).

A frequência, a intensidade, a duração e o tipo de atividade física devem ser prescritas com cautela e precisão. Quanto à frequência, o American College Sports Medicine (2000) sugere que os indivíduos devam estar engajados num programa de exercícios pelo menos três dias consecutivos, cinco dias por semana. Isto para melhorar a resistência cardiorespiratória e atingir o gasto calórico desejável. Em relação à intensidade, o ACSM (2000) recomenda para a maioria dos indivíduos com diabetes, o exercício de intensidade baixa até moderada correspondente a 40-70% do  $\dot{V}O_2\text{max}$ . Em relação à duração, inicialmente estes indivíduos devem iniciar com sessões de 10 a 15 minutos de duração e progressivamente aumentar para 30 minutos para encontrar o gasto calórico recomendado. A atividade física também pode ser dividida em três sessões de 10 minutos por meio do qual 30 minutos de atividade são acumulados em um único dia para assim atingir o gasto calórico necessário. A duração da atividade deve ser gradualmente aumentada para aproximadamente 60 minutos, para acomodar a capacidade funcional e a condição clínica dos indivíduos com diabetes, dado que é comum estes serem obesos e idosos precisando de longo período de adaptação, principalmente no diabetes tipo II. A duração da sessão de treinamento deve ser de 20 a 60 minutos por semana dependendo do nível inicial de aptidão física (ACSM, 2000).

A monitoração da intensidade da atividade física pode requer o uso da frequência cardíaca ou escalas de percepção subjetiva de esforço. O percentual da frequência cardíaca de reserva (50 a 85%) ou da frequência cardíaca máxima (60 a 90%) é comumente usado para prescrever a intensidade do exercício para indivíduos não-diabéticos. Porém, indivíduos diabéticos podem desenvolver neuropatia autonômica, a qual afeta a resposta da frequência cardíaca frente ao exercício (Toth et al, 2004; Zinman et al, 2004). Conseqüentemente, a ferramenta adjunta mais apropriada para auxiliar no controle da intensidade do exercício são as escalas de percepção subjetiva do esforço, especialmente naqueles indivíduos os quais não se requer limites específicos de frequência cardíaca (ACSM, 2000).

A caminhada é o tipo de atividade mais comumente desempenhada pelos indivíduos com diabetes já que é a mais conveniente para a maioria das pessoas,

além de ser de baixo impacto. Entretanto, por causa das complicações ou condições coexistentes tais como neuropatia periférica ou artrite degenerativa, os indivíduos com diabetes podem requerer tipos alternativos de atividades que não exijam sustentação do peso corporal tais como, o ciclismo estacionário, a natação, e as atividades aquáticas em geral ou alternar atividades que exijam sustentação do peso corporal com aquelas que não exijam (ACSM, 2000).

Em relação ao treinamento com pesos, tal intervenção tem potencial para melhorar a força e a resistência muscular, melhorar a flexibilidade, mudar a composição corporal e diminuir os fatores de risco para doenças cardiovasculares. Este deve ser feito pelo menos duas vezes por semana com um mínimo de oito a dez exercícios envolvendo a maior parte dos grupos musculares, realizando-se pelo menos uma série de 10 a 15 repetições máximas. O aumento da intensidade do exercício, séries adicionais, ou aumento combinado de volume e intensidade podem produzir maiores benefícios, sendo apropriado para certos indivíduos, isto dependendo do nível inicial de condicionamento físico (ACSM, 2000).

A progressão da atividade física nestes pacientes é dependente de uma série de fatores incluindo: a idade, a capacidade funcional, a condição clínica e médica, as preferências pessoais e os objetivos. Além do mais, mudanças na progressão devem estar focadas sobre a frequência e duração da atividade física mais do que na intensidade, com o objetivo de proporcionar um nível de atividade seguro que possa ser desempenhado sem um esforço inadequado para assim, aumentar a probabilidade de aderência ao programa de exercício (ACSM, 2000).

A taxa de abandono dos programas de exercício para os indivíduos diabéticos são freqüentemente muito altas. Os indivíduos diabéticos acham o exercício de resistência aeróbia desconfortável. Isto porque, os pacientes possuem intolerância e responsividade diminuída pois, além de outros fatores, estes têm aumento no número de fibras do tipo IIb, baixo percentual de fibras do tipo I e uma baixa densidade capilar. Este tipo de composição de fibra anormal pode afetar a tolerância para atividades aeróbias (ACSM, 2000).

Todas as pessoas com diabetes devem ser cuidadosamente avaliadas antes de iniciar esse tipo de exercício e devem receber supervisão apropriada e monitoramento (ACSM, 2000).

### **3. Cuidados especiais no exercício e complicações associadas**

O paciente diabético é suscetível a uma série de complicações se não houver bom controle glicêmico, tais como: hipo- ou hiperglicemia, retinopatia, nefropatia, neuropatia, desenvolvimento de úlceras de pé, doença vascular periférica e doenças cardiovasculares (Engerman, Bloodworth, Nelson, 1977; Cohen et al, 1987; Engerman, Kern, 1987; DCCT Research Group, 1993). A hipoglicemia pode ser resultado da falta de uma refeição, exercício ou por fatores desconhecidos e está associada a sintomas como sudorese, nervosismo, tremor, fome até perda de consciência e convulsões. Por isso, as crises hipoglicêmicas são perigosas e, quando freqüentes, indicam uma evolução grave podendo ser fatal (Engerman, Bloodworth, Nelson, 1977; Cohen et al, 1987; Engerman, Kern, 1987; DCCT Research Group, 1993).

Em paciente com elevado tempo de doença, associado às complicações resultantes, o exercício pode piorar os sintomas por exemplo, em pacientes com retinopatia proliferativa, o exercício vigoroso pode aumentar a probabilidade de descolamento da retina ou hemorragia retinal e vítrea (Bernbaum et al, 1989; ACSM, 2000; Zinman et al, 2004).

Pacientes com neuropatia periférica precisam ser especialmente cuidadosos em evitar danos às articulações e tecidos moles porque o exercício vigoroso pode produzir danos sem o conhecimento do mesmo, pois estes têm sensibilidade diminuída. Estes pacientes podem também ter neuropatia autonômica significativa e por essa razão podem ter  $\dot{V}O_{2max}$  mais baixo, maior freqüência cardíaca de repouso e menor habilidade para responder a desidratação (Steppel, 2003), hipotensão postural e isquemia silenciosa (ACSM, 2000).

Ainda, indivíduos com diabetes têm risco aumentado de doenças cardiovasculares e o exercício pode precipitar episódios de angina. Estes freqüentemente têm dor no peito silenciosa ou atípica durante o esforço e por esta

razão é recomendado que previamente antes de iniciar um regime constante de exercício esses pacientes sejam submetidos a um teste de esforço (ACSM, 2000).

Como mencionado anteriormente, o exercício é um dos fatores desencadeantes da hipoglicemia. A hipoglicemia induzida pelo exercício pode ocorrer durante, imediatamente após ou algumas horas após o exercício. Em indivíduos não-diabéticos, durante o exercício, ocorre redução da concentração plasmática de insulina evitando a hipoglicemia, porém, em indivíduos diabéticos, essa redução não ocorre e, além disso, o exercício aumenta os efeitos da insulina ministrada e ocorre decréscimo da produção de glicose pelo fígado ao passo que aumenta o uso de glicose pelos músculos em atividade e essa dessincronização leva à hipoglicemia (Hernandez et al, 2000)

Em 1987, foi descrita por MacDonald a hipoglicemia tardia pós-exercício (HTPE). O autor definiu HTPE como a hipoglicemia que ocorre no mínimo 4 horas após o término do exercício. O autor realizou um estudo prospectivo onde mostrou que 16% das pessoas diabéticas do tipo I podem ter esse tipo de hipoglicemia.

Para diminuir o risco de hipoglicemia induzida pelo exercício, principalmente durante e imediatamente após o exercício, aconselha-se reduzir a dose de insulina antes do exercício e/ou aumentar a quantidade de carboidrato ingerida antes do exercício (Soo et al, 1996; Kemmer, 1992; Wasserman, Zinman, 1994). Em um trabalho realizado por Arogyasami et al. (1990), foi investigado o efeito da administração de insulina sobre a glicemia de ratos alimentados e em jejum submetidos ao exercício. Os autores verificaram que a infusão contínua de insulina provoca queda progressiva na glicemia dos animais alimentados e em jejum, porém essa queda é maior em animais no estado de jejum submetidos ao exercício, confirmando que uma alternativa para evitar a hipoglicemia induzida pelo exercício é aumentar o conteúdo calórico da refeição pré-exercício e diminuir a dose de insulina.

Soo et al (1996) investigaram os efeitos da suplementação de carboidrato na forma líquida com solução de glicose e a ingestão de pão sobre a glicemia durante o exercício em sujeitos com diabetes *mellitus* do tipo I e compararam os resultados com os mesmos indivíduos em situação de jejum e em repouso. Os



autores verificaram que tanto a solução líquida de glicose quanto a ingestão de pão foram capazes de evitar a queda da glicemia, corroborando com os resultados de outros estudos que indicam a suplementação de carboidrato para evitar a hipoglicemia, porém os autores deixam claro que quando os indivíduos estavam sob a condição de jejum, não houve nenhum episódio de hipoglicemia e por isso, nas circunstâncias desse estudo não haveria necessidade do uso de carboidrato.

Hernandez et al (2000) investigaram se a suplementação com carboidrato (leite integral, leite desnatado e duas bebidas energéticas) também era capaz de evitar a HTPE. Os autores verificaram que o leite integral e desnatado são eficazes em prevenir a hipoglicemia durante o exercício e em períodos curtos após o exercício e que as duas bebidas energéticas são eficazes em evitar a hipoglicemia por prolongados períodos após o exercício.

Uma estratégia proposta por Tuominen et al. (1995) para evitar a hipoglicemia induzida pelo exercício em indivíduos com diabetes tipo I sem reduzir a dose de insulina, foi o uso de análogo de insulina de ação rápida. Os autores verificaram que esse tipo de insulina é eficaz, assim como a insulina humana, em evitar a hiperglicemia pós-prandial e pode reduzir a queda da glicemia induzida pelo exercício em atividades realizadas 3 horas após a administração desse análogo da insulina humana.

Num estudo conduzido por Bell et al (1998) cujo objetivo era comparar o consumo de alimentação usual e a ingestão de barra alimentar cientificamente fabricada para evitar a hipoglicemia induzida pelo exercício. Os autores mostraram que a barra alimentar ocasiona menor hiperglicemia pós-prandial por ser menos calórica e evita a hipoglicemia durante, imediatamente após e duas horas após o exercício em comparação com a alimentação usual altamente calórica.

Já nos indivíduos diabéticos tipo II, reações hipoglicêmicas em conexão com o exercício são raras de acontecer, ocorrendo principalmente em pessoas tratadas com medicação oral e/ou insulina e não acostumadas ao exercício vigoroso e prolongado (ACSM, 2000).

Deve-se ser cauteloso nas seguintes situações particulares:

- Adiar o exercício se a glicose sangüínea estiver maior que 300mg/dl ou maior que 240mg/dl com corpos cetônicos urinários;
- Especialmente ao iniciar um programa, monitorar a glicose sangüínea antes, durante e após o exercício se estiver tomado insulina ou agentes hipoglicemiantes orais;
- Os ajustes na ingestão de carboidratos e/ou insulina poderão ser necessários antes do teste de avaliação da aptidão física e do treinamento;
- Ingerir carboidrato se a glicose sangüínea for menor que 80-100 mg/dl;
- O exercício no final da tarde faz aumentar o risco de hipoglicemia noturna;
- Ter cautela ao exercitar-se num clima quente (ACSM, 2000).

### **3. Conclusões**

Os diversos trabalhos presentes na literatura são congruentes em mostrar que o exercício crônico deve ser usado como terapia coadjuvante no tratamento e manutenção da saúde em indivíduos diabéticos tipo I e II, juntamente com dieta adequada e terapia medicamentosa, se necessário. Porém, deve-se estar atento para os problemas que no decorrer do curso da doença podem se manifestar como as retinopatias, neuropatias e doenças cardiovasculares, por exemplo, para que a atividade física seja efetiva e positiva como terapia e não mais um risco a saúde destes indivíduos. Por isso, antes de iniciar a prática de exercício, é recomendado que se faça uma avaliação da aptidão física e médica completas, para que o exercício seja realizado de forma mais segura e precisa. Os profissionais de educação física devem estar em constante atualização antes de se aventurarem a prescrever exercícios, seja ele de qualquer tipo, para esta população, que pode ser considerada especial, no que concerne à prescrição de treinamento.

É recomendado que os indivíduos acumulem 30 minutos de atividade moderada na maioria dos dias da semana. A epidemia do diabetes do tipo II que acomete o mundo é associada com a diminuição da atividade física e aumento da

prevalência da obesidade. Portanto, é importante a promoção do exercício como componente vital para a prevenção e tratamento do diabetes do tipo II.

Em relação ao tipo I, a ênfase deve ser dada ao ajuste do regime terapêutico para permitir a participação segura em todas as formas de atividade física que seja consistente com os objetivos e desejos pessoais.

#### **4. Referências Bibliográficas**

American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and type 2 diabetes. Med Sci Sports Exerc 2000.

Arogyasami J, Conlee RK, Booth CL, Diaz R, Gregory T, Sephton S, Wilson GI, Winder WW. Effects of exercise on insulin-induced hypoglycemia. J Appl Physiol 1990;69:686-93.

Bell SJ, Kistler J, Mullooly CA, Ovalle KB, Zilvitis B, Forse RA. Glycemic control during exercise in type 1 diabetes: comparison of new medical food bar with usual care. Diabetes Care 1998;21:1775-6.

Bernbaum M, Albert SG, Cohen JD, Drimmer A. Cardiovascular conditioning in individuals with diabetic retinopathy. Diabetes Care 1989;12:740-2.

Cohen AJ, Mcgill PD, Rossetti RG, Guberski DL, Like AA. Glomerulopathy in spontaneously diabetic rat: impact of glycemic control. Diabetes 1987;36:944-51.

DCCT Research Group. The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of long-term complications in insulin-dependent diabetes mellitus. 1993 N Engl J Med 329:977-86.

DeFronzo RA. Pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. Med Clin North Am 2004;88:787-835.

Engerman RL, Bloodworth JM, Nelson S. Relationship of microvascular disease in diabetes to metabolic control. *Diabetes* 1977;26:760-9.

Engerman RL, Kern TS. Progression of incipient diabetic retinopathy during good glycemic control. *Diabetes* 1987;36:808-12.

Fajans SS. Diabetes Mellitus: Description, etiology and pathogenesis, natural history and testing procedures. In DeGroot, L.J. et al. (eds.): *Endocrinology*. Vol.2. New York, Grune & Stratton, 1979, p.1007.

Fletcher B, Lamendola C.J. Insulin resistance syndrome. *Cardiovasc Nurs* 2004;19:339-45.

Hernandez JM, Moccia T, Fluckey JD, Ulbrecht JS, Farrell PA. Fluid snacks to help persons with type 1 diabetes avoid lateonset postexercise hypoglycemia. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:904-10.

Jean C, Tancrede G, Rousseau-Migneron S, Nadeau A. Adrenomedullation does not impair the beneficial effect of physical training in streptozotocin-diabetic rats. *Metabolism* 1992;41:370-6.

Karvonen M, Tuomilehto J, Libman I, LaPorte R. A review of the recent epidemiological data on the worldwide incidence of type 1 (insulin-dependent) diabetes mellitus. World Health Organization DIAMOND Project Group. *Diabetologia* 1993;36:883-92.

Kelley DE, Goodpaster BH. Effects of physical activity on insulin action and glucose tolerance in obesity. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:S619-23.

Kemmer FW. Prevention of hypoglycemia during exercise in type 1 diabetes. *Diabetes Care* 1992;15:1732-35.

Kirk A, Mutrie N, MacIntyre P, Fisher M. Increasing physical activity in people with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2003;26:1186-92.

MacDonald MJ. Postexercise late-onset hypoglycemia in insulin-dependent diabetic patients. *Diabetes Care* 1987;10:584-8.

Manson JE, Rimm EB, Stampfer MJ, Colditz GA, Willett WC, Krolewski AS et al. Physical activity and incidence of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. *Lancet* 1991;338:774-8.

Malerbi DA, Franco LJ. Multicenter study of the prevalence of diabetes mellitus and impaired glucose tolerance in the urban Brazilian population aged 30-69 yr. The Brazilian Cooperative Group on the Study of Diabetes Prevalence. *Diabetes Care* 1992;15:1509-16.

Ministério da Saúde. Prevalência de diabetes no Brasil 2004. In:  
<http://www.saude.gov.br>

Nadeau A, Rousseau-Migneron S, Tancrede G, Jobidon C, Trudel D. Diminished glucagon response to epinephrine in physically trained diabetic rats. *Diabetes* 1985;34:1278-82.

Notkins AL. The causes of diabetes. *Sci Am* 1979;241:62.

Ravussin E, Valencia ME, Esparza J, Bennett PH, Schulz LO. Effects of a traditional lifestyle on obesity in Pima Indians. *Diabetes Care* 1994;17:1067-74.

Rousseau-Migneron S, Turcotte L, Tancrede G, Nadeau A. Transient increase in basal insulin levels in severely diabetic rats submitted to physical training. *Diabetes Res* 1988;9:97-100.

Skyler JS. Diabetes mellitus: pathogenesis and treatment strategies. *J Med Chem* 2004;47:4113-7.

Soo K, Furler SM, Sâmaras K, Jenkins AB, Campbell LV, Chisholm DJ. Glycemic response to exercise in IDDM after simple and complex carbohydrate supplementation. *Diabetes Care* 1996;19:575-9.

Stoppel JH, Horton ES. Exercise in the management of type 1 diabetes mellitus. *Rev Endocr Metab Disord* 2003;4:355-60.

Tan MH, Bonen A, Garner JB, Belcastro AN. Physical training in diabetic rats: effect on glucosetolerance and serumlipids. *J Appl Physiol* 1982;52:1514-8.

Tancrede G, Rousseau-Mignerot S, Nadeau A. Beneficial effects of physical training in rats with a mild streptozotocin-induced diabetes mellitus. *Diabetes* 1982;31:406-9.

Toth C, Brussee V, Cheng C, Zochodne DW. Diabetes mellitus and the sensory neuron. *J Neuropathol Exp Neurol* 2004;63:561-73.

Tuominen JA, Karonen SL, Melamies L, Bolli G, Koivisto VA. Exercise-induced hypoglycaemia in IDDM patients treated with a short-acting insulin analogue. *Diabetologia* 1995;38:106-11.

Ulbrecht JS, Cavanagh PR, Caputo GM. Foot problems in diabetes: an overview. *Clin Infect Dis* 2004;39:S73-82.

Umeh L, Wallhagen M, Nicoloff N. Identifying diabetic patients at high risk for amputation. *Nurse Pract* 1999;24:56, 60, 63-6, 70.

Wasserman DH; Zinman B. Exercise in individuals with IDDM. Diabetes Care 17:924-937, 1994.

Zinman B, Ruderman N, Campaigne BN, Devlin JT, Schneider SH; American Diabetes Association. Physical activity/exercise and diabetes. Diabetes Care 2004;27:S58-62.

© 2004 – Centro de Estudos de Fisiologia do Exercício  
Este artigo somente poderá ser reproduzido para fins educacionais sem fins  
lucrativos