

EXERCÍCIO FÍSICO E *Diabetes mellitus* TIPO 2

Waleska C. Dornas¹
Tânia T. de Oliveira²
Tanus J. Nagem^{1*}

DORNAS, W. C.; OLIVEIRA, T. T.; NAGEM, T. J. Exercício físico e diabetes mellitus tipo 2. *Arq. Ciênc. Saúde UNIPAR*, Umuarama, v. 15, n. 1, p. 95-107, jan./abr. 2011.

RESUMO: Um estilo de vida sedentário deve ser considerado um importante fator de risco capaz de ser modificado para indivíduos com *diabetes mellitus* (DM) tipo 2, já que atividade física regular oferece múltiplos benefícios que incluem melhora da sensibilidade à insulina e do controle glicêmico, aumento do condicionamento cardiorespiratório e redução do risco de mortalidade cardiovascular. Entretanto, o estabelecimento de programas de treinamentos e de guias práticos para o manejo adequado na diabetes tipo 2 não têm sido sugeridos num consenso único. Dessa forma, o presente estudo selecionou publicações realizadas a partir de dados Pubmed, objetivando discutir informações que estão sendo descritas na literatura de forma a reforçar bases que representem uma resposta adaptativa às demandas do treinamento, apoiando uma positiva função da atividade física no cuidado da diabetes tipo 2.

PALAVRAS-CHAVE: *Diabetes mellitus*; Atividade física; Glicemia; Insulina.

PHYSICAL EXERCISE AND TYPE 2 *Diabetes mellitus* (EXERCISE AND DIABETES)

ABSTRACT: A sedentary lifestyle should be considered an important modifiable risk factor for individuals with type 2 diabetes mellitus (DM) already that regular physical activity offers many benefits including improved insulin sensitivity and glycemic control, increased cardiorespiratory fitness and reduced risk of cardiovascular mortality. However, the establishment of training programs and practical guidelines for management of type 2 diabetes has not been suggested in a single consensus. Thus, this study through of the selection of publications was performed on Pubmed aims to discuss the data being reported in the literature in order to reinforce the base that represent an adaptative response to the demands of training, supporting a positive role of physical activity in the management of type 2 diabetes.

KEYWORDS: *Diabetes mellitus*; Physical activity; Glycemia; Insulin.

Introdução

Diabetes mellitus (DM), uma das doenças crônicas mais frequentes (GOLDSTEIN, 2003), tem apresentado apreciável aumento da prevalência em todo mundo (WILD et al., 2004) sugerindo que entre os anos de 1995 e 2025, a população adulta com diabetes aumentará em 122%. Para os países desenvolvidos, haverá um aumento de 42% no número das pessoas com diabetes e 170% para os países em desenvolvimento (KING; AUBERT; HERMAN., 1998).

Evidências demonstram que a inatividade física está envolvida em vários pontos na progressão do metabolismo normal da glicose para diabetes tipo 2 (ALBRIGHT et al., 2000; ZINMAN et al., 2004). A relação entre o nível de atividade física e a predisposição ao diabetes foi sugerida pelo fato de que as sociedades mais inativas apresentavam uma maior prevalência de diabetes tipo 2 (TAYLOR et al., 1983; KING et al., 1984; DOWSE et al., 1990). Os mecanismos protetores da atividade física incluem a regulação do peso corporal, da pressão arterial, da dislipidemia, da inflamação e da função endotelial, além de redução da resistência à insulina (BASSUK; MANSON, 2005), condições estas envolvidas em

complicações microvasculares, macrovasculares e neurais (EASTMAN et al., 1993).

Diversos estudos que apóiam o conceito de que a atividade física contribui para a prevenção da diabetes tipo 2 e das doenças cardiovasculares (DCV) apóiam a hipótese de que a atividade física previne inicial descontrole glicêmico e com isso atrasa substancialmente a progressão do estado de desequilíbrio glicêmico na diabetes (WEI et al., 1999; FLETCHER et al., 1996; BASSUK et al., 2005; LA MONTE; BLAIR; CHURCH, 2005; LAAKSONEN et al., 2005). Ou seja, um programa que promova mudanças no estilo de vida, incluindo treinamento com exercício físico diminui acentuadamente o risco de diabetes (LAAKSONEN et al., 2005) e de mortalidade para pessoas portadoras da doença (GREGG et al., 2003). Caminhada por pelo menos 2 horas/semana está associada à redução na incidência de morte prematura por doenças cardiovasculares em pacientes com DM (GREGG et al., 2003), e, em contrapartida homens fisicamente inativos com diabetes tipo 2 têm risco aumentado de morte prematura (1,7 vezes). Essas associações persistem após ajuste para idade, história de doença cardiovascular familiar, consumo de álcool e fumo, alto nível de colesterol e de pressão arterial, hiperglicemia, sobrepeso e doen-

¹Departamento de Química, Universidade Federal de Ouro Preto

²Departamento de Bioquímica e Biologia Celular, Universidade Federal de Viçosa

*Autor para correspondência: tel. (031)35591367; (031)99611551-celular / fax (031)35591370; (031)34630525

Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) - Campus Universitário Morro do Cruzeiro - 35 400-000 Ouro Preto - Minas Gerais - Brasil - E-mail: tanus@ufop.br

ça cardiovascular basal (WEI et al., 2000), sugerindo, assim, que os efeitos benéficos da atividade física para pacientes com DM tipo 2 estendem além de seus efeitos sobre os fatores de risco. Nesse sentido, esse trabalho visa discutir aspectos envolvidos na prevenção e tratamento da DM com a prática de atividade física regular.

Foram realizadas buscas em bibliotecas da área de Ciências Biológicas em *textbook*, revistas eletrônicas e bases de dados virtuais, como *MEDLINE*, *PUBMED* e *SCIELO* nos últimos anos a fim de identificar, principalmente, ensaios clínicos controlados e randomizados que tenham avaliado os efeitos do exercício físico sobre a DM. Nas buscas os termos *exercise* e *diabetes mellitus* foram utilizados, e, após o filtro das buscas com as palavras-chave, foram encontrados 136 estudos relacionados à DM tipo 2 em que apenas cerca de 60 estudos fizeram parte das referências do presente estudo. Outra estratégia utilizada foi a seleção manual de referências bibliográficas em artigos encontrados. O critério de inclusão para o estudo foi a relevância científica dos assuntos abordados no material para contribuição no esclarecimento do papel do exercício físico na doença e foram excluídos os estudos realizados com baixa qualidade metodológica, como amostra heterogênea, ou informações disponíveis em artigos mais recentes.

Desenvolvimento

Exercício físico e fatores envolvidos na fisiopatologia da DM tipo 2

Obesidade

O exercício pode desempenhar um papel independente dos seus efeitos sobre perda de peso e melhora da composição corporal na prevenção da DM tipo 2 (IVY et al., 1999). Em estudo populacional transversal foi demonstrado que atividade física está negativamente associada às concentrações de insulina em duas populações de alto risco para a diabetes que diferiam muito no índice de massa corporal (KRISKA et al., 2001). Na verdade, os efeitos benéficos da atividade física na prevenção da diabetes (quadro 1) parecem ser independentes de outros fatores de risco indicados por glicose de jejum alterada (LA MONTE et al., 2005). Porém, adiposidade abdominal tem sido relacionada à resistência a insulina (VIRTANEN et al., 2005) e ao prejudicado transporte de glicose (KELLEY et al., 1996).

Segundo Hamman et al (2006) perda de peso reduz incidência de diabetes igualmente independentemente de raça, sexo, idade e vários níveis de atividade física, estimando-se que uma perda de 5Kg

pode ocasionar uma redução de 55% no risco de diabetes. Por outro lado, *The Finnish Diabetes Prevention Study* demonstra que indivíduos que praticam > de 4 horas de atividade física por semana, mas que não conseguem perder peso, obtêm uma redução de 70% na incidência de diabetes (LINDSTRÖM et al., 2003). Aumento da intensidade de atividade física de moderada para intensa também resulta em diminuição de 63-65% no risco de diabetes (LAAKSONEN et al., 2005). Assim sendo, perda de peso é um potente determinante de melhora da sensibilidade à insulina e o exercício pode desempenhar um papel crítico na prevenção da diabetes.

Reduzida massa muscular e deficiência insulínica

Durante o estado de absoluta ou relativa deficiência de insulina há um aumento na taxa de degradação proteica, tanto de proteína contrátil como estrutural, promovendo atrofia celular (SANCHEZ et al., 2005). Fahim; El-Sabban; Davidson, (1998) correlacionaram alterações estruturais e funcionais que ocorreram em diferentes tempos após diabetes induzida por estreptozotocina em animais resultando em comprometimento neuromuscular e fraqueza muscular.

Quadro 1: Mecanismos envolvidos na prevenção da diabetes

Mudanças estruturais no músculo esquelético
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento do tamanho da fibra • Aumento da porcentagem das fibras tipo IIa (fibras oxidativas)
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da densidade capilar e do fluxo sanguíneo
Mudanças bioquímicas no músculo esquelético
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da cinética sinalizadora da insulina (↑ fosfatidilinositol 3-quinase e atividade da GLUT4)
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da cinética sinalizadora não-insulina (↑ 5'-AMP-proteína quinase ativada)
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento das enzimas relacionadas ao metabolismo da glicose (hexoquinase, glicogênio sintase e enzimas oxidativas como citrato sintase, aconitase succinato desidrogenase)
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da mioglobina
Influências sistêmicas da atividade física
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento do consumo de oxigênio e capacidade funcional da sobrecarga submáxima e máxima

<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da lipase lipoproteica e outras enzimas chaves para melhorar controle lipêmico
<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição excessiva da secreção hepática da glicose e VLDL
<ul style="list-style-type: none"> • Melhora de concentrações e atividade de hormônios contraregulatórios (ex: cortisol, IGF-1)
<ul style="list-style-type: none"> • Melhora condições de comorbidade (ex: hipertensão, obesidade visceral, inflamação sistêmica, dislipidemia)

Fonte: LaMONTE et al., 2005.

O aumento da massa muscular somente pode ocorrer por meio de mudança no balanço entre síntese protéica e degradação. Ratos moderadamente hipoinsulinêmicos são capazes de aumentar a massa muscular esquelética após exercício de resistência, além do exercício crônico estar associado a uma menor concentração de glicose plasmática basal (FARRELL et al., 1999). Esses resultados indicam que, em condições de atrofia muscular, a massa muscular pode ser parcialmente restaurada pelo exercício de resistência.

Baldi et al (2003) utilizaram um programa de intensidade moderada que enfatizou a hipertrofia muscular obtendo redução de hemoglobina glicosilada (HbA1c), glicose e concentrações de insulina em indivíduos obesos com diabetes tipo 2. Além disso, observou-se correlação inversa entre a massa livre de gordura e alterações na HbA1c e glicemia de jejum, sugerindo que o aumento da massa muscular melhora o controle glicêmico. No entanto, curiosamente, sensibilidade à insulina ocorre sem mudança na massa corporal magra (ISHII et al., 1998), aprimorando qualitativamente função do músculo esquelético ativo ao induzir melhora na sensibilidade da insulina como demonstrador por Holten et al (2004).

O aumento da ação da insulina independe do aumento de massa muscular e GLUT4, assim como, atividade da glicogênio sintase que também é aumentada, demonstrando que melhora na via sinalizante da insulina e a regulação da translocação GLUT4 pode, parcialmente, explicar a melhora na sensibilidade da insulina com o treinamento de resistência. Balducci et al. (2004) mostraram que treinamento aeróbio com exercício de resistência a longo prazo além de diminuir HbA1c (8,3 para 7,1%) melhora perfil lipídico, pressão arterial e aumenta massa corporal livre de gordura.

Aspecto funcional das células beta

Em pacientes com DM tipo 2, diminuição do estresse da hiperglicemia resulta em aumento na sensibilidade da insulina pelos tecidos-alvo melhorando a capacidade secretória das células beta (RÖNNE-MAA et al., 1986), sendo que o exercício pode aumentar a resposta desta.

Dela et al (2004) mostraram que pacientes diabéticos tipo 2 submetidos a um programa de treinamento aeróbio 30 a 40 min/dia, incluindo pelo menos 20 min com intensidade a 75% do consumo máximo de oxigênio, em 5 dias por semana durante 3 meses aumentaram a função das células beta, se a capacidade secretória previamente ao treinamento fosse moderada, mas não baixa. Essa adaptação das células beta pôde ser observada na ausência de mudança significativa na sensibilidade da insulina e na concentração de HbA1c.

Essa adaptação das células β -pancreáticas em resposta ao exercício resulta em diminuição do mRNA para pró-insulina e glicoquinase no pâncreas, sugerindo que há pelo menos dois potenciais mecanismos celulares para diminuição da secreção de insulina. Primeiro, a redução do mRNA para pró-insulina sugere que a síntese de insulina é reduzida. Segundo, devido à glicoquinase ser necessária para sensibilidade da glicose no pâncreas, a redução no mRNA para glicoquinase pode explicar a diminuída sensibilidade das células- β para glicose (KORANYI et al., 1991).

Dislipidemia

Dislipidemia é um importante fator de risco para doença cardíaca coronariana em pacientes com diabetes que apresentam elevados níveis de triacilglicerol, baixos níveis de lipoproteína de alta densidade (HDL), aumento de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) (TASKINEN, 2002). Comparando-se risco cardiovascular para subfração LDL em indivíduos com diabetes tipo 2 com controle glicêmico, Tan et al (2001) verificaram aumento do risco cardiovascular através da diminuição do colesterol HDL e predominância de partículas de pequena densidade LDL sendo atividade física realizada regularmente eficiente em reduzir níveis de triglicerídeos.

Barnard et al (1992) sugerem que redução favorável de triglicerídeos e colesterol em indivíduos com DM tipo 2 é melhor encontrada através de perda de peso, embora, igualmente treinamento induz mudanças nos lipídios sanguíneos independente de peso corporal (ZIERATH; WALLBERG-HENRIKSSON, 1992). A inclusão de recomendação nutricional para auxiliar na redução de gordura dietética saturada e

peso corporal também influenciam na magnitude das mudanças lipídicas em indivíduos participando de treinamento físico (VARADY; JONES, 2005). Todavia, mais pesquisas que examinem a terapia nutricional e exercício, induzindo alterações lipídicas no DM tipo 2 são necessárias.

Hipertensão

Há evidência ligando resistência à insulina a hipertensão em pacientes com DM. A disfunção diastólica do ventrículo esquerdo é uma alteração comum e precoce no DM, sendo também observada em hipertensão arterial sistêmica de origem metabólica ou isquêmica (UUSITUPA; MOSTONEN; AIRAKSINEN, 1990). Esse achado sugere que redução da complacência ou relaxamento prolongado relaciona-se a performance prejudicada durante o exercício físico, mesmo sem acompanhar-se de disfunção sistólica (IRACE et al., 1998). Entretanto, o treinamento físico pode reduzir a disfunção diastólica do ventrículo esquerdo, mas seu efeito a longo prazo nestes pacientes não está estabelecido (STEWART, 2002).

Disfunção autonômica

Como diabetes é uma desordem crônica associada a complicações secundárias no sistema cardiovascular e no controle autonômico, indivíduos diabéticos exibem depressão miocárdica, particularmente em condições de estresse (DE ANGELIS et al., 2000).

Em exercícios com contrações isométricas observa-se que uma redução do fluxo sanguíneo para o músculo prejudica resposta simpática e parassimpática em indivíduos com diabetes, mas, treinamento físico melhora a regulação cardiovascular autonômica com efeitos benéficos para o controle glicêmico em indivíduos com DM tipo 2 (PETROFSKY et al., 2005). A mudança na sensibilidade do barorreflexo correlaciona significativamente com a mudança na HbA1c e melhora da força muscular indicando que aumento da massa muscular e performance melhoram a homeostase da glicose (LOIMAALA et al., 2003).

Após degenerativas mudanças observadas em neurônios autonômicos induzidas por injeção de estreptozotocina em ratos, De Angelis et al (2000) descreveram diminuição da pressão arterial, da frequência cardíaca assim como redução da frequência cardíaca intrínseca e do tônus vagal sugerindo disfunção autonômica. A redução no tônus vagal indica uma redução da função vagal, provavelmente relacionada para neuropatia cardíaca vagal, com uma diminuição na concentração de acetilcolina e uma deficiência nos nervos colinérgicos cardíacos. Contudo,

o treinamento atenua hipotensão e bradicardia não modificando função parassimpática de animais diabéticos, embora um leve aumento do tônus vagal seja observado em ratos treinados.

Manejo de atividade física para pacientes com DM

O Programa de atividade física para pessoas com diabetes tipo 2 sem complicações significativas ou restrições deve incluir apropriados exercícios de resistência aeróbia e muscular para desenvolvimento e manutenção da aptidão cardiorrespiratória, composição corporal, força e resistência muscular (Tabela 1).

Modo

Os tipos recomendados de atividade física para pessoas com DM tipo 2 são aquelas que dispõem de grande controle da intensidade, tem pequena variabilidade interindividual na energia gasta, são facilmente mantidas e requerem pequena habilidade (ACSM, 2000). Para facilitar os cuidados do seu peso corporal e encontrar benefícios para a saúde é recomendado que os indivíduos com diabetes tipo 2 gastem um mínimo total acumulado de 1.000 kcal/semana na atividade aeróbia (FLETCHER et al., 1992). Além disso, um treinamento de resistência deve ser eficaz na melhora da força e resistência muscular somada a melhora da composição corporal com aumento ou manutenção do peso livre de gordura (BALDI; SNOWLING, 2003).

Combinado com o interesse pessoal e objetivo, o modo da atividade física é importante para auxiliar na motivação do indivíduo com DM para iniciar um programa de treinamento, assim como sustentar um longo tempo de vida com o hábito de praticar exercício físico. 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, devido a 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 ainda alternar atividades que demandem sustentação do peso corporal com aquelas que não exijam (FORD; HERMAN, 1995).

Em relação ao treinamento de resistência, tal intervenção tem potencial para aumentar força, resistência muscular, flexibilidade (POEHLMAN et al., 1992) e melhorar perfil metabólico, diminuindo o

risco para complicações em indivíduos com diabetes tipo 2 (HONKOLA et al., 1997). O *American College of Sports Medicine*, recomenda que o treinamento de resistência deva ser incluído em programas de condicionamento para saúde de jovens e adultos de meia idade, idosos e adultos com DM tipo 2.

Com o envelhecimento há uma tendência para declínio da massa muscular, conduzindo a sarcopenia, diminuição da capacidade funcional e da taxa metabólica basal, aumento da adiposidade e da resistência à insulina. Nesse sentido, o treinamento de resistência pode ter um maior impacto positivo já que este melhora significativamente o controle glicêmico, aumenta massa corporal magra e força muscular, reduz o requerimento para medicamentos antidiabéticos além de diminuir adiposidade abdominal e pressão arterial sistólica (CASTAMEDA et al., 2002). Bem tolerados por pacientes idosos com a doença, o programa de treinamento de resistência de alta intensidade realizado 3 dias/semana são efetivos em melhorar controle glicêmico e força muscular. A combinação de treinamento de resistência e moderado programa dietético de perda de peso estão associados a maior diminuição nos níveis de HbA1c após seis meses ao compará-los com um programa de perda de peso moderado sem exercício de resistência (DUNSTAN et al., 2002).

O aumento da massa muscular e resistência pelo treinamento de exercício de resistência, frequentemente causa mudanças mais rápidas no status funcional e na composição corporal que treinamento aeróbico. Devido cada sessão envolver muitos diferentes exercícios de resistência, a atividade acaba sendo menos monótona que o exercício aeróbico e este melhora sensibilidade à insulina em relação à mesma extensão do exercício aeróbico (IVY, 1997).

Algumas práticas médicas têm preocupação em relação aos cuidados no exercício de resistência de alta intensidade em idosos e pessoas com risco de doença vascular coronariana. A maior preocupação é frequentemente que a pressão arterial elevada associada ao exercício de resistência de alta intensidade possa desencadear infarto, isquemia miocárdica ou hemorragia retinal. No entanto, nenhum evento adverso sério tem sido relatado em estudos pesquisados sobre treinamento de resistência em pacientes com DM tipo 2, embora o número total de indivíduos utilizados nesses estudos seja pequeno (SIGAL et al., 2004). A razão para que o treinamento de resistência muscular pareça ser menos comum para induzir isquemia que exercício aeróbico não tem sido demonstrado claramente. Um número de razões parece plausível. Durante exercício de resistência, pressão

arterial sistólica e diastólica aumentam paralelamente, possivelmente auxiliando na perfusão coronária, onde exercício aeróbico a pressão sistólica eleva mais significativamente que a pressão diastólica (McCARTNEY, 1998).

Exercício de flexibilidade é muitas vezes subestimado como sem importância para o condicionamento físico. Entretanto, o treino de flexibilidade é fundamental para manter a amplitude de movimento das articulações, especialmente em indivíduos com diabetes tipo 2, que pode ter limitada mobilidade das articulações devido à glicação de estruturas comuns (AOKI et al., 1993). Todavia, ao ser usado sucessivamente em estudos clínicos com um exercício placebo não há evidência que flexibilidade afeta controle metabólico (DUNSTAN et al., 2002).

Frequência

O exercício físico realizado regularmente pode ser considerado uma terapia importante para sustentar a homeostase glicêmica, já que mudanças favoráveis na tolerância à glicose e na sensibilidade à insulina geralmente se deterioram no prazo de 72h após a última sessão de exercício (ALBRIGHT et al., 2000).

Tabela 1: Posição das maiores associações sobre a recomendação da atividade física quanto ao tipo e quantidade

Referência	Treinamento aeróbio			Treinamento de resistência		
	Frequência	Intensidade	Duração/modo	Frequência	No de exercícios	Séries/repetições
ACSM/1995	Diariamente	Moderado	30 min/dia	-	Não especificado	-
U.S. Surgeon General's Report/1996	Quase diariamente	Moderado/Intenso	≥ 30 min/dia	2 dias/semana	8-10 exercícios envolvendo grandes grupos musculares	1 a 2 séries/ 8 a 12 repetições
ACSM/2000	3-5 dias/semana	Leve/Moderado	20-60 min (contínuo)	2 dias/semana	8-10 exercícios envolvendo grandes grupos musculares	1 série/ 8 a 12 repetições
Idosos (idade ≥ 65 anos)						
ACSM/1998	3-5 dias/semana	50-85% Vo2máx ou 40-80% F.C	30-60 min (contínuo)	2 dias/semana	8-10 exercícios envolvendo grandes grupos musculares	1 série/10 a 15 repetições
Pacientes cardíacos						
AHA Exercise Standards/1995 (FLETCHER et al., 1996)	Mínimo de 3 dias/semana	50-60% Vo2máx	Mínimo de 30 min (contínuo)	2-3 dias/semana	8-10 exercícios envolvendo grandes grupos musculares	1 série/10 a 15 repetições
AACVPR/1999 (American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation)	3-5 dias/semana	50-60% Vo2máx	30-45 min (contínuo ou intervalado)	2-3 dias/semana	Envolvimento de todos grandes grupos musculares	1 série/10 a 15 repetições
Indivíduos com diabetes tipo 2						
Canadian Diabetes Association/2003	Mínimo de 3 dias/sem (não consecutivos)	Moderado ou Intenso	pelo menos 150 min/semana	3 dias/semana	~ 8 exercícios envolvendo grandes grupos musculares	Inicialmente 1 série/10 a 15 repetições progredindo para 3 séries de 8 a 12 repetições
ACSM/2000	Mínimo de 3 dias/sem (não consecutivos)	40-70% Vo2máx	10-15 min (contínuo) aumento gradual para 30 minutos	pelo menos 2 dias/semana	Mínimo de 8-10 exercícios envolvendo grandes grupos musculares	Mínimo de 1 série/10 a 15 repetições
Prévios ADA guidelines (American Diabetes Association, 2002)	3-5 dias/semana	55-79% F.C.	20-60 min (contínuo ou intervalado)	(Exercício de alta intensidade de resistência usando peso deve ser aceitável para indivíduos jovens ou aqueles com longo tempo de diabetes/ moderada intensidade nos programas de treinamento de resistência que utilizam peso leves e altas repetições pode ser usados para manutenção do peso e força para todos pacientes com diabetes)		

A American College Sports Medicine (1998) sugere que os indivíduos devam estar engajados num programa de exercícios pelo menos três dias não consecutivos, cinco dias por semana para melhorar a resistência cardiorespiratória e atingir o gasto calórico desejável. Já a U.S. Surgeon General (1996) recomenda que a atividade física deva ser realizada na maioria, se não todos os dias da semana, para proporcionar efeitos benéficos, como perda de peso, redução da pressão sanguínea e mudanças favoráveis nos lipídios e lipoproteínas, dado que, os efeitos agudos de uma única sessão após 24-72h, dependem da duração e intensidade da atividade (WALLBERG-HENRIKSSON; RINCON; ZIERATH, 1998) e a atividade aeróbia não deve estar ausente mais de dois dias consecutivos na sua execução.

O treinamento de resistência deve ser realizado pelo menos 2 dias por semana, com um mínimo de 8 a 10 exercícios envolvendo grandes grupos musculares em 10-15 repetições para alcançar a fadiga. A recomendação da ADA é que treinamento de resistência de alta intensidade diminuiu HbA1c, ao passo que estudos usando baixa intensidade não apresentam consistentes melhoras nesse parâmetro (ISHII et al., 1998). Apesar disso, Balducci et al (2004) demonstraram que baixos níveis de treinamento de resistência (40-50% de máxima repetição) em combinação com exercício aeróbio moderado melhoram HbA1c similarmente ao treinamento de alta resistência (CASTANEDA et al., 2002), além de também reduzir vários fatores de risco cardiovasculares. Dessa forma, há uma necessidade de pesquisas que possam identificar a ótima prescrição de treinamento de resistência para induzir benefícios na adaptação do músculo esquelético e controle da homeostase da glicose.

Intensidade

A intensidade do exercício é normalmente medida em quilocalorias gastas por minuto da atividade ou em uma unidade chamada de equivalente metabólico (MET), definido como a relação entre a taxa metabólica durante o exercício para a taxa metabólica em repouso. Atividades de intensidade moderada, como caminhada rápida, são aqueles que gastam 3,5-7 kcal/min, ou equivalentemente, aqueles que gastam 3-6 METs. Atividades intensas, como correr, são aqueles que despendem > 7 kcal / min ou gastam > 6 METs (BASSUK; MANSON, 2005). Guias anteriores recomendam que o exercício intenso durante pelo menos 20 min (3x por semana) foi complementado a partir de 1995 pelo Centers for Disease Control e American College of Sports Medicine para que os adultos devam se envolver em 30 minutos de atividade física moderada, intensa e, de preferência, todos os dias da semana (LAAKSONEN et al., 2005).

A monitoração da intensidade da atividade física pode requerer o uso da frequência cardíaca ou escalas de percepção subjetiva de esforço (Tabela 2). O percentual da frequência cardíaca de reserva (50 a

95%) 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). Consequentemente, a ferramenta adjunta mais apropriada para auxiliar no controle da intensidade do exercício são as escalas de percepção subjetiva do esforço, especialmente naqueles indivíduos que não se requer limites específicos de frequência cardíaca (ACSM, 2000). Entretanto, há uma grande variabilidade entre os indivíduos em termos de percepção de esforço na mesma intensidade do exercício. Comumente, os mesmos indivíduos têm diferentes percepções quando realizam diferentes exercícios na mesma intensidade (exemplo: corrida, ciclismo e etc).

Tabela 2: Classificação da intensidade do exercício de acordo com a duração da atividade com duração acima de 60 min.

Intensidade	Intensidade relativa		Percepção subjetiva do esforço
	Vo2máx (%)	Frequência cardíaca máxima (%)	
Muito leve	< 20	< 35	< 10
Leve	20-39	35-54	10-11
Moderada	40-59	55-69	12-13
Intensa	60-84	70-89	14-16
Muito intensa	> 85	> 90	17-19
Máxima	100	100	20

Fonte: ZINMAN et al., 2003.

Frequência cardíaca máxima = 220 – idade; Percepção subjetiva do esforço escala de 6-20.

Para a maioria das pessoas com DM tipo 2, intensidade baixa a moderada correspondente a 40-70% do Vo2máx é recomendada para melhorar condicionamento cardiorespiratório e obter favoráveis efeitos metabólicos como redução da glicose sanguínea e aumento da sensibilidade à insulina (ACSM, 2000), porém, implementando-se a atividade com intensidade de baixa a moderada para pessoas com DM tipo 2 minimiza-se os riscos e maximiza os benefícios aumentando a aderência e diminuindo injúria músculo-esquelético e possíveis traumas nos pés, particularmente quando há excesso de peso.

Quanto ao exercício aeróbio à quantidade e intensidade recomendada para melhora do controle glicêmico com manutenção do peso e redução do risco de doença vascular coronária é de pelo menos 150min/sem de exercício aeróbio de intensidade moderada (40-60% do Vo2máx ou 50-70% da frequência cardíaca máxima) e/ou pelo menos 90 min/sem de exercício aeróbio intenso (> 60% do Vo2máx ou > 70% da frequência cardíaca máxima). Atividade aeróbia com ≥ 4h/sem de intensidade moderada a intensa e/ou exercício de resistência associado conduzem

a uma grande redução do risco de doença vascular coronariana (ALBRIGHT et al., 2000).

Duração

Aceita-se que a duração da atividade não deva ser inferior a 20 minutos para os exercícios contínuos, e não deve ultrapassar 60 minutos para o mesmo exercício. O exercício prolongado apresenta grandes vantagens, mas aumenta também o risco de hipoglicemia e, por isso, necessita um melhor controle. 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 (ACSM, 2000).

Progressão

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 direcionadas sobre a frequência e duração da atividade física mais do que na intensidade, com a meta de proporcionar um nível de atividade segura para que possa ser desempenhada de forma a aumentar a probabilidade de aderência ao programa de treinamento (ACSM, 1995).

Inicialmente é recomendado que indivíduos com DM tipo 2 engajem numa atividade física de nível confortável (RPE 10-12) por aproximadamente 10-15 minutos em baixa intensidade, pelo menos 3 vezes por semana e preferencialmente 5 vezes por semana (WING, 1995). A duração da atividade física deve ser gradualmente aumentada para acomodar a capacidade funcional e status clínico das pessoas com DM tipo 2. O aumento na intensidade deve ser pequeno como precaução para minimizar o risco de fadiga músculo-esquelético.

Avaliação dos pacientes com DM antes de recomendar um programa de exercício

Um teste de exercício com monitoramento de eletrocardiograma (ECG) deve ser seriamente considerado antes de iniciar atividade física aeróbia com intensidade excessiva e diária (mais intensa que caminhada) em indivíduos diabéticos sedentários, cujo risco de um evento coronário seja $\geq 10\%$. Uma controvérsia é a circunstância em que o ECG deve ser considerado medicamente indicado. Anteriores guias da ADA (2002) sugerem que antes de iniciar um programa de exercício intenso ou moderado, um ECG deve ser realizado em todos os indivíduos diabéticos com idade $>$ de 25 anos na presença de adicional fator de risco (doença com duração $>$ 10 anos para diabetes tipo 2, hipertensão, dislipidemia, nefropatia incluindo microalbuminúria, doença vascular periférica ou neuropatia autonômica). Se estas recomenda-

ções forem seguidas rigorosamente, a grande maioria dos indivíduos jovens com risco de DCV muito baixo, requerirá testes antes de iniciar um programa de exercício de intensidade moderada. Porém, há algum valor para realização no teste aeróbio máximo para triagem de isquemia induzida pelo exercício em uma grande faixa de indivíduos. Um teste de exercício máximo pode proporcionar informação proveitosa considerando frequência cardíaca máxima, resposta da pressão arterial para diferentes níveis de exercício e faixa de performance inicial.

O risco deve ser diretamente estimado correspondendo aproximadamente para encontrar alguns dos seguintes critérios:

- Idade $>$ de 40 anos, com ou sem fator de risco DCV outros que diabetes
- Idade $>$ 30 anos
diabetes tipo 2 de $>$ de 10 anos de duração;
hipertensão;
fumante;
dislipidemia;
retinopatia proliferativa ou pré-proliferativa;
nefropatia incluindo microalbuminúria.
- Em qualquer idade saber ou suspeitar DCV, doença cerebrovascular e/ou doença vascular periférica; neuropatia autonômica; nefropatia avançada com falência renal.

Exercício em complicações diabéticas a longo prazo

Antes de iniciar um programa de atividade física mais intensa que caminhar, indivíduos com diabetes devem se certificar sobre condições que podem estar associadas a aumento da probabilidade de doença cardiovascular ou que podem contra-indicar certos tipos de exercícios que predispoem para injúria.

Retinopatia

Não são conhecidos que o exercício físico tenha efeitos adversos sobre visão ou progressão de retinopatia diabética não proliferativa (RDNP) ou edema macular. Isso se aplica para treinamento de resistência, assim como, treinamento aeróbio (AIELLO et al., 2002). Embora exercícios aumentem pressão sistêmica e retinal, Bernbaum et al (1989) encontraram que indivíduos com DM tipo 2 com retinopatia proliferativa engajados em programa de treinamento de baixa intensidade melhoram função cardiovascular. Cuidados foram tomados para limitar aumento da pressão arterial sistólica em 20-30 mmHg acima do nível basal durante cada sessão de treinamento. Dessa maneira, em ambientes bem supervisionados, atividade física de baixa intensidade podem ser realizadas por pessoas com retinopatia.

Na presença de retinopatia diabética proliferativa (RDP) ou retinopatia diabética não proliferativa severa (RDNP), exercício aeróbio vigoroso

ou exercício de resistência pode ser contraindicado devido risco de desencadear hemorragia ou deslocamento retinal (AIELLO et al., 2002). Esses indivíduos devem evitar exercício anaeróbico e atividade física que envolva peso, choque e manobra de valsalva.

Nefropatia e microalbuminúria

Atividade física pode aumentar agudamente a excreção de proteína urinária. Entretanto, não há evidência de resultados clínicos conclusivos demonstrando que exercícios vigorosos aumentam a taxa de progressão de doença renais diabéticas; não sendo necessária restrição de nenhuma espécie de exercício para indivíduos com doença renal diabética (MOGENSEN, 2002).

Pacientes com nefropatia evidente frequentemente tem uma reduzida capacidade para atividade física, o qual conduz para limitado nível de exercício. Embora não haja clara razão para limitar baixa ou moderada intensidade de atividade, alta intensidade de atividades físicas vigorosas devem provavelmente ser desencorajadas nesses indivíduos a menos que pressão arterial seja monitorada cuidadosamente durante o exercício. Ao contrário, estudos em animais com diabetes e proteinúria mostram que treinamento com exercício aeróbico diminui excreção de proteína na urina (WARD; MAHAN; SHERMAN, 1994), possivelmente em parte devido melhora no controle glicêmico, pressão sanguínea e sensibilidade à insulina. Já o treinamento de resistência pode também ser benéfico. Em estudo realizado por Castaneda et al. (2002) indivíduos idosos com doença renal tratada com baixa proteína na dieta foram treinados com exercício de resistência de alta intensidade e obtiveram significativa melhora na massa muscular, perfil nutricional, capacidade funcional e igual taxa de filtração glomerular quando comparados com indivíduos do grupo controle. Assim, acredita-se que talvez não seja necessária a restrição de exercício para pessoas com doença renal diabética. Contudo, como microalbuminúria e proteinúria são associadas a aumento do risco de DCV é importante realizar um ECG antes de iniciar um exercício mais intenso que a demanda das atividades da vida diária.

Neuropatia periférica

Neuropatia periférica pode resultar em baixa sensação protetora nos pés. Exercício repetitivo sobre pés insensíveis pode conduzir para ulcerações e fraturas (ADA, 2002). 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 seu conhecimento. Dessa forma, na presença de neuropatia periférica severa é melhor encorajar atividades como natação, ciclismo e outros (quadro 2).

Quadro 2: Exercício para pacientes diabéticos com baixa sensação.

Exercícios contraindicados	Exercícios recomendados
Esteira	Natação
Caminhadas prolongadas	Ciclismo
Jogos	Remo
Step	Exercícios com armas
	Outros exercícios usando peso

Fonte: ZINMAN et al., 2003.

Neuropatia autonômica

Neuropatia autonômica pode aumentar o risco do exercício induzir dano pela diminuição da resposta cardíaca para o exercício, hipotensão postural, prejudicada termorregulação, prejudicada visão noturna, diminuição da sede aumentando o risco de desidratação e gastroparesia (VINIK; ERBAS, 2001). Neuropatia autonômica é também largamente associada à doença cardíaca vascular em pessoas com diabetes (VALENSI et al., 2001; WACKERS et al., 2004). A presença de neuropatia autonômica pode limitar a capacidade de atividade física e aumentar o risco de eventos cardiovasculares durante o exercício. Neuropatia autonômica cardíaca (NAC) pode ser indicada em repouso quando apresentar taquicardia (> 100 batimento por minuto), ortostasia (uma diminuição na pressão sanguínea sistólica > 20 mmHg acima do padrão) ou outros distúrbios na função do sistema nervoso autonômico envolvendo pupila, sistema gastrointestinal, ou geniturinário. Morte súbita e isquemia miocárdica silenciosa têm sido atribuída para NAC em diabetes. Hipotensão e hipertensão após atividade física vigorosa são mais comumente desenvolvidas em pacientes com neuropatia autonômica, particularmente quando iniciado um programa de atividade física (ZINMAN et al., 2003). Pessoas com neuropatia autonômica diabética devem passar por uma investigação cardíaca antes de iniciar um programa de atividade física mais intensa que a que estão acostumados.

Considerações Finais

O exercício físico através da capacidade que demonstra na modulação glicêmica apresenta-se, atualmente, como um dos protagonistas principais quer na prevenção quer no tratamento da DM não insulino-dependente, demonstrando um efeito estatístico e clinicamente significativo com consequente decréscimo das complicações. Portanto, se devidamente prescrito, pode melhorar o controle metabólico e qualidade de vida em indivíduos com diabetes tipo 2.

Dados de estudos rotineiramente indicam que a prescrição de atividade física em portador de DM do tipo 2 corrige resistência à insulina e con-

trola a glicemia, porém, o impacto do exercício tem sido observado em amostras relativamente pequenas que não tem adequadamente distinguido entre o treinamento físico com diversas metodologias e as terapias, incluindo dietoterapia sozinha e medicações antidiabéticas. Além disso, os diferentes status da doença presente nos indivíduos estudados em cada pesquisa apresentam diferentes combinações de defeitos genéticos de secreção e ação de insulina propiciando uma heterogenicidade de diabetes tipo 2.

Contudo, os pesquisadores concordam que a atividade física traz benefícios metabólicos e cardiovasculares, em função da intensidade, frequência e duração da atividade necessária, cabendo aos profissionais de saúde, orientar os doentes com DM tipo 2 para programas de treinamento físico com atividades devidamente ajustadas; minimizando os riscos e aumentando os benefícios da sua prática centrada em medidas respaldadas em estudos que contribuam, de fato, para uma ideal associação da atividade física ao contexto patológico específico que o doente permitir.

Referências

- AIELLO, L. P. et al. Retinopathy. In: RUDERMAN, R. N. **Handbook of exercise in diabetes**. 2. ed. Alexandria: American Diabetes Association, 2002. p. 401-413.
- ALBRIGHT, A. et al. American College of Sports Medicine position stand: exercise and type 2 diabetes. **Méd. Sci. Sports Exerc.** n. 3, p. 1345-1360, 2000.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CARDIOVASCULAR AND PULMONARY REHABILITATION. **Guidelines for cardiac rehabilitation programs**. Champaign: Human Kinetics Publishers, 1999.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE POSITION STAND. Exercise and type 2 diabetes. **Med. Sci. Sports Exerc.** 2000.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Physical activity and public health: a recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention. **JAMA**, n. 273, p. 402-407, 1995.
- _____. American college of sports medicine position stand: exercise and physical activity for older adults. **Med. Sci. Sports Exerc.** n. 30, p. 992-1008, 1998.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Diabetes mellitus and exercise (Position Statement). **Diabetes Care**, n. 25, p. S64-S69, 2002.
- AOKI, Y. et al. Stiffening of connective tissue in elderly diabetic patients: relevance to diabetic nephropathy and oxidative stress. **Diabetologia**, n. 36, p. 79-83, 1993.
- BALDI, J. C.; SNOWLING, N. Resistance training improves glycaemic control in obese type 2 diabetic men. **Int. J. Sports Med.** n. 24, p. 419-423, 2003.
- BALDUCCI, S. et al. Is a long-term aerobic plus resistance training program feasible for and effective on metabolic profiles in type 2 diabetic patients? (Letter). **Diabetes Care**, n. 27, p. 841-842, 2004.
- BARNARD, R. J. et al. Role of diet and exercise in the management of hyperinsulinemia and associated atherosclerotic risk factors. **Am. J. Cardiol.** n. 69, p. 440-444, 1992.
- BASSUK, S. S.; MANSON, J. E. Epidemiological evidence for the role of physical activity in reducing risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease. **J. Appl. Physiol.** n. 99, p. 1193-1204, 2005.
- BERNBAUM, M. et al. Cardiovascular conditioning in individuals with diabetic retinopathy. **Diabetes Care**, n. 12, p. 740-742, 1989.
- CANADIAN DIABETES ASSOCIATION CLINICAL PRACTICE GUIDELINES EXPERT COMMITTEE. Physical activity and diabetes. **Can. J. Diabetes**, n. 27, p. S24-S26, 2003.
- CASTANEDA, C. et al. A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. **Diabetes Care**, n. 25, p. 2335-2341, 2002.
- DE ANGELIS K. L. D. et al. Effects of exercise training on autonomic and myocardial dysfunction in streptozotocin-diabetic rats. **Brazilian J. Med. Biol. Res.** n. 33, p. 635-641, 2000.
- DELA, F. et al. Physical training may enhance β -cell in type 2 diabetes. **Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.** n. 287, p. E1024-E1031, 2004.
- DOWSE, G. K. et al. High prevalence of NIDDM and impaired glucose tolerance in Indian, Creole, and Chinese Mauritians. Mauritius Non communicable Disease Study Group. **Diabetes**, n. 39, p. 390-396, 1990.
- DUNSTAN, D. W. et al. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. **Diabetes Care**, n. 25, p. 1729-1736, 2002.
- EASTMAN, R. C. et al. Lessening the burden of diabetes. Intervention strategies. **Diabetes Care**, n. 16, p. 1095-1102, 1993.

- FAHIM, M. A.; EL-SABBAN, F.; DAVIDSON, N. Muscle contractility decrement and correlated morphology during the pathogenesis of streptozotocin-diabetic mice. **Anat. Rec.** n. 251, p. 240-244, 1998.
- FARRELL, P. A. Hypertrophy of skeletal muscle in diabetic rats in response to chronic resistance exercise. **J. Appl. Physiol.** n. 87, p. 1075-1082, 1999.
- FLETCHER, G. F. et al. Statement on exercise: benefits and recommendations for physical activity programs for all Americans: a statement for health professionals by the Committee on Exercise and Cardiac Rehabilitation of the Council on Clinical Cardiology. **Circulation**, n. 94, p. 857-862, 1996.
- FLETCHER, G. F. et al. Statement on exercise. Benefits and recommendations for physical activity programs for all Americans. **Circulation**, n. 86, p. 340-344, 1992.
- FORD, E. S.; HERMAN, W. H. Leisure-time physical activity patterns in the U.S. diabetic population. Findings from the 1990 National Health Interview Survey-Health Promotion and Disease Prevention Supplement. **Diabetes Care**, n. 18, p. 27-33, 1995.
- GOLDSTEIN, B. J. Insulin resistance: from benign to type 2 diabetes mellitus. **Rev. Cardiovasc. Med.** n. 4, p. S3-10, 2003.
- GREGG, E. W. et al. Relationship of walking to mortality among US adults with diabetes. **Arch. Intern. Med.** n. 163, p. 1440-1447, 2003.
- HAMMAN, R. F. et al. Effect of weight loss with lifestyle intervention on risk of diabetes. **Diabetes Care**, n. 29, p. 2102-2107, 2006.
- HOLTEN, M. K. et al. Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. **Diabetes**, n. 53, p. 294-305, 2004.
- HONKOLA, A.; FORSÉN, T.; ERIKSSON, J. Resistance training improves the metabolic profile in individuals with type 2 diabetes. **Acta Diabetol.** n. 34, p. 245-248, 1997.
- IRACE, L. et al. Left ventricular function and exercise tolerance in patients with type II diabetes mellitus. **Clin. Cardiol.** n. 21, p. 567-571, 1998.
- ISHII, T. et al. Resistance training improves insulin sensitivity in NIDDM subjects without altering maximal oxygen uptake. **Diabetes Care**, n. 21, p. 1353-1355, 1998.
- IVY, J. L.; ZDERIC, T. W.; FOGT, D. L. Prevention and treatment of non-insulin-dependent diabetes mellitus. **Exerc. Sport Sci. Rev.** n. 27, p. 1-35, 1999.
- IVY, J. L. Role of exercise training in the prevention and treatment of insulin resistance and non-insulin-dependent diabetes mellitus. **Sports Med.** n. 24, p. 321-336, 1997.
- KELLEY, D. E. et al. The effect of non-insulin-dependent diabetes mellitus and obesity on glucose transport and phosphorylation in skeletal muscle. **J. Clin. Invest.** n. 97, p. 2705-2713, 1996.
- KING, H.; AUBERT, R. E.; HERMAN, W. H. Global burden of diabetes, 1995-2025: prevalence, numerical estimates, and projections. **Diabetes Care**, n. 9, p. 1414-1431, 1998.
- KING, H. et al. Risk factors for diabetes in three Pacific populations. **Am. J. Epidemiol.** n. 119, p. 396-409, 1984.
- KORANYI, L. I. et al. Coordinate reduction of rat pancreatic islet glucokinase and proinsulin mRNA by exercise training. **Diabetes**, n. 40, p. 401-404, 1991.
- KRISKA, A. M. et al. Association of physical activity and serum insulin concentrations in two populations at high risk for type 2 diabetes but differing by BMI. **Diabetes Care**, n. 24, p. 1175-1180, 2001.
- LAAKSONEN, D. E. et al. Finnish diabetes prevention study. Physical activity in the prevention of type 2 diabetes. **Diabetes**, n. 54, p. 158-165, 2005.
- LAMONTE, M. J.; BLAIR, S. N.; CHURCH, T. S. Physical activity and diabetes prevention. **Journal of Applied Physiology**, n. 99, p. 1205-1213, 2005.
- LINDSTRÖM, J. et al. The Finnish diabetes prevention study (DPS). **Diabetes Care**, n. 26, p. 3230-3236, 2003.
- LOIMAALA, A. et al. Exercise training improves baroreflex sensitivity in type 2 diabetes. **Diabetes**, v. 52, p. 1837-1842, 2003.
- MCCARTNEY, N. Role of resistance training in heart disease. **Med. Sci. Sports Exerc.** n. 30, p. S396-402, 1998.
- MOGENSEN, C. E. Nephropathy. In: RUDERMAN, N. et al. **Handbook of exercise in diabetes**. 2. ed. Alexandria: American Diabetes Association, 2002. p. 433-449.

- PETROFSKY, J. S. et al. Cardiovascular responses and endurance during isometric exercise in patients with Type 2 diabetes compared to control subjects. **Med. Sci. Monit.** n. 11, p. CR470-CR477, 2005.
- POEHLMAN, E. T. et al. Resting energy metabolism and cardiovascular disease risk in resistance-trained and aerobically trained males. **Metabolism.** n. 41, p. 1351-1360, 1992.
- RÖNNEMAA, T. et al. A controlled randomized study on the effect of long-term physical exercise on the metabolic control in type 2 diabetic patients. **Acta Med. Scand.** n. 220, p. 219-224, 1986.
- SANCHEZ, A. O. et al. Effects of endurance exercise-training on single-fiber contractile properties of insulin-treated streptozotocin-induced diabetic rats. **J. Appl. Physiol.** n. 99, p. 472-478, 2005.
- SIGAL, R. J. et al. Physical activity/exercise and diabetes and type 2 diabetes. **Diabetes Care,** n. 27, p. 2518-2539, 2004.
- STEWART, K. Exercise training and the cardiovascular consequences of type 2 diabetes and hypertension: plausible mechanisms for improving cardiovascular health. **JAMA,** n. 288, p. 1622-1631, 2002.
- TAN, C. E. et al. Cardiovascular risk factors and LDL subfraction profile in type 2 diabetes mellitus subjects with good glycaemic control. **Diabetes Res. Clin. Pract.** n. 51, p. 107-114, 2001.
- TASKINEN, M. R. Controlling lipid levels in diabetes. **Acta Diabetol.** n. 39, p. S29-S34, 2002.
- TAYLOR, R. J. et al. The prevalence of diabetes mellitus in a traditional-living Polynesian population: the Wallis Island survey. **Diabetes Care,** n. 6, p. 334-340, 1983.
- TOTH, C. et al. Diabetes mellitus and the sensory neuron. **J. Neuropathol. Exp. Neurol.** n. 63, p. 561-73, 2004.
- U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. Atlanta, GA, U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996.
- UUSITUPA, M. I.; MUSTONEN, N. J.; AIRAKSINEN, K. E. Diabetic heart muscle disease. **Ann. Med.** n. 22, p. 377-386, 1990.
- VALENSI, P. et al. Predictive value of cardiac autonomic neuropathy in diabetic patients with or without silent myocardial ischemia. **Diabetes Care,** n. 24, p. 339-343, 2001.
- VARADY, K. A.; JONES, P. J. Combination diet and exercise interventions for the treatment of dyslipidemia: an effective preliminary strategy to lower cholesterol levels? **J. Nutr.** n. 135, p. 1829-1835, 2005.
- VINIK, A. I.; ERBAS, T. Recognizing and treating diabetic autonomic neuropathy. **Cleve Clin. J. Med.** n. 68, p. 928-944, 2001.
- VIRTANEN, K. A. et al. Increased fat mass compensates for insulin resistance in abdominal obesity and type 2 diabetes: a positron-emitting tomography study. **Diabetes,** n. 54, p. 2720-2726, 2005.
- WACKERS, F. J. et al. Detection of ischemia in asymptomatic diabetics investigators. Detection of silent myocardial ischemia in asymptomatic diabetic subjects. **Diabetes Care,** n. 27, p. 1954-1961, 2004.
- WALLBERG-HENRIKSSON, H.; RINCON, J.; ZIERATH, J. R. Exercise in the management of non-insulin-dependent diabetes mellitus. **Sports Med.** n. 25, p. 25-35, 1998.
- WARD, K. M.; MAHAN, J. D.; SHERMAN, W. M. Aerobic training and diabetic nephropathy in the obese Zucker rat. **Ann. Clin. Lab. Sci.** n. 24, p. 266-277, 1994.
- WEI, M. et al. Low cardiorespiratory fitness and physical inactivity as predictors of mortality in men with type 2 diabetes. **Ann. Intern. Med.** n. 132, p. 605-611, 2000.
- WEI, M. et al. The association between cardiorespiratory fitness and impaired fasting glucose and type 2 diabetes mellitus in men. **Ann. Intern. Med.** n. 130, p. 89-96, 1999.
- WILD, S. et al. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. **Diabetes Care,** n. 27, p. 1047-1053, 2004.
- WING, R. R. Exercise and weight control. In: RUDERMAN, N. **The health professional's guide to diabetes and exercise.** Alexandria: American Diabetes Association, 1995. p. 111-114.
- ZIERATH, J. R.; WALLBERG-HENRIKSSON, H. Exercise training in obese diabetic patients. Special considerations. **Sports Med.** n. 14, p. 171-189, 1992.
- ZINMAN, B. et al. American Diabetes Association. Physical activity/exercise and diabetes mellitus.

Exercício e diabetes tipo 2.

Diabetes Care, n. 26, p. S73-S77, 2003.

_____. American Diabetes Association. Physical Activity/Exercise and Diabetes. **Diabetes Care**, n. 27, p. S58-S62, 2004.

Recebido em: 29/12/2009

Aceito em: 30/03/2011

Received on: 29/12/2009

Accepted on: 30/03/2011