



EFEITOS DA ATIVIDADE FÍSICA NO CONTROLE GLICÊMICO DE PORTADORES DE DIABETES MELLITUS TIPO 2

Juliane Jellmayer Fechio^{1,2}

Tácito Pessoa de Souza Junior¹

Fani Eta Korn Malerbi²

¹Faculdade de Educação Física de Santos – Brasil

²Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - Brasil

Resumo: O objetivo do presente estudo foi descrever a melhora produzida pela atividade física no controle glicêmico de indivíduos portadores de diabetes com longa história de sedentarismo. O programa constou de 40 sessões, com duração crescente, duas vezes por semana, sendo a caminhada a atividade física principal. Antes do início de cada sessão era medida a glicemia capilar de cada participante. Realizou-se o exame de hemoglobina glicada pelo método de cromatografia líquida de alta performance (HPLC) antes do programa, três meses após o seu início e 36 dias depois de encerradas as sessões. A média da hemoglobina glicada do grupo caiu significativamente ($p < 0,05$) durante o programa, o que nos permite concluir que houve uma melhora no controle glicêmico dos participantes.

Palavras-chave: atividade física, diabetes, hemoglobina glicada, controle glicêmico.

EFFECTS OF PHYSICAL ACTIVITY IN THE CRONTROL IN TYPE 2 DIABETES

Abstract: The objective of this research was to evaluate the physical education influence in the glycemc control for diabetes participants initially sedentary. The program had 40 sessions with increasing duration, twice a week, and the walking as the main physical activity. Before beginning each session, the capilar glycemia of each participant was measured. The glycated hemoglobin exam was made through the high performance liquid chromatography (HPLC) before the program, three times after its beginning, and 36 days after the end of the sessions. The average of the glycated hemoglobin of the research group significantly dropped ($p < 0.05$) along the program which allowed to conclude that there was an increase in the glycemc control of the participants.

Key-Words: physical activity, diabetes, glycated hemoglobin, glycemc control.

INTRODUÇÃO

O Diabetes Mellitus (DM) compreende um grupo heterogêneo de distúrbios metabólicos de múltiplas etiologias caracterizados pela presença de hiperglicemia crônica acompanhada de alterações no metabolismo dos carboidratos, gorduras e proteínas, conseqüências tanto de defeito na secreção de insulina como na ação insulínica, ou ambas (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2005; HOLCOMB, 2008).

Trata-se de uma doença crônica que requer cuidados médicos contínuos e educação por parte do paciente para prevenir complicações agudas e reduzir o risco das complicações em longo-prazo (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2006; HOLCOMB, 2008).

O diagnóstico e classificação do DM tem sido revisado pelo *Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus* (REDCDM, 1997). A nova classificação sistemática enfatiza a etiologia e a patogenia antes das modalidades de tratamento. O DM é dividido em quatro categorias, dependendo da etiologia: 1) tipo 1 (DM1); 2) tipo 2 (DM2); 3) gestacional; e 4) outros tipos específicos (REDCDM, 2003).

Ambos os fatores, genético e ambiental, tem sido implicados na etiologia do DM2. Há uma grande predisposição genética para esse tipo de diabetes, no entanto, os defeitos genéticos exatos ainda não foram totalmente elucidados (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2005).

Dados recentes afirmam que o DM é um dos principais problemas de saúde, que se refere tanto ao número de pessoas afetadas, gerando incapacidade e mortalidade, quanto ao elevado investimento do governo para o controle e tratamento de suas complicações (WYLIE-ROSETT, HERMAN e GOLDBERG, 2006; TUCKER, FISHER-WELLMAN e BLOOMER, 2008).

Em 1985 estimava-se que existissem 30 milhões de adultos com DM no mundo; esse número cresceu para 135 milhões em 1995, atingindo 173 milhões em 2002, com projeção de chegar a 300 milhões no ano de 2030 (WILD *et al.*, 2004). No Brasil, estima-se que existam 8 milhões de habitantes com DM entre 30 a 69 anos, sendo que metade deles desconhece o diagnóstico (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2002; TORQUATO *et al.*, 2003).

Em 1997, o Comitê de Especialistas em Diagnóstico e Classificação do Diabetes Mellitus definiu intolerância à glicose de jejum (IGJ) como a faixa entre o limite superior de normalidade ($\geq 110\text{mg/dl}$) e o limite inferior de glicemia para o diagnóstico do diabetes ($< 126\text{mg/dl}$), preceito referendado pela Sociedade Brasileira de Diabetes (SBD) (GROSS *et al.*, 2002). Em 2003, o mesmo comitê recomendou a redução do ponto de corte inferior da glicose para diagnóstico da IGJ, de 110mg/dl para 100mg/dl (REDCDM, 2003), também referendado pela SBD, segundo o Consenso Brasileiro sobre Diabetes (SBD, 2002).

Os resultados de uma pesquisa realizada pelo *Diabetes Prevention Program* (Programa de Prevenção ao Diabetes), além de outras, demonstrou convincentemente que a modificação do estilo de vida, incluindo pelo menos uma redução de 7% do peso corporal e um mínimo de 150 minutos de atividade física por semana, pode, em um período de 3 anos, reduzir a incidência do diabetes tipo 2 (DM2) em pelo menos 58% dos indivíduos com risco significativo de desenvolver a doença (KNOWLER *et al.*, 2002; SARTORELLI e FRANCO, 2003).

Alguns estudos têm demonstrado a eficácia da atividade física como prevenção e tratamento não farmacológico do controle glicêmico em portadores de diabetes (CASTANEDA *et al.*, 2002; YASPELKIS III, 2006; YATES *et al.*, 2007; O'GORMAN e KROOK, 2008). De acordo com Henriksen (2002), a inatividade física e a dieta irregular e inapropriada são fatores significativos para o desenvolvimento do DM2. Recentemente, em uma revisão sistemática sobre o tema, Jeon *et al.* (2007) observaram que os indivíduos que se engajaram em um programa de atividade física regular e moderada tiveram um risco 30% menor de desenvolver DM em comparação com indivíduos sedentários.

Considerada atualmente como um dos três alicerces (juntamente com dieta e medicamentos) para o tratamento do diabetes, a atividade física regular está associada com uma variedade de benefícios para a saúde, incluindo a redução e manutenção do peso corporal, redução da pressão arterial, melhora do perfil lipídico, do perfil psicológico e de uma série de sintomas relacionados à Síndrome Metabólica (OSTERGARD *et al.*, 2007).

De acordo com Raguso *et al.* (2007), a atividade física é um alicerce na prevenção e no tratamento do DM2, no entanto, uma revisão realizada por Lutfey e Wishner (1999) apontou que apenas 19 a 30% dos portadores de DM aderem às prescrições de exercícios. O objetivo deste estudo foi descrever a melhora produzida pela atividade física no controle glicêmico de

indivíduos portadores de DM2 com longa história de sedentarismo que participaram de um estudo que tinha por finalidade aumentar a adesão à atividade física.

MATERIAL E MÉTODOS

SUJEITOS

Os nove participantes do presente estudo pertenciam a um grupo de 14 indivíduos portadores de DM que foram selecionados para participar do programa de atividade física após terem informado, numa entrevista inicial, despendem menos do que 30 minutos de atividade física diária conforme a definição do *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2000).

Esses nove indivíduos foram aqueles que completaram o programa, eram portadores de DM2 com tempo médio de diagnóstico de 14 anos ($\pm 10,97$). Com exceção do P1, todos referiram outros problemas de saúde além do DM (Tabela 1). As idades variavam entre 45 e 73 anos ($\bar{X} = 61$ anos $\pm 9,57$). Todos tratavam o diabetes com antidiabético oral (ADO) isoladamente (5) ou em associação com insulina (4).

Após receberem explicações detalhadas a respeito dos objetivos do estudo, todos os participantes assinaram um termo de consentimento pós-informado. O Comitê de Ética da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo aprovou previamente todos os procedimentos realizados.

Tabela 1. Características dos alunos selecionados para o programa de atividade física.

Alunos	Sexo	Idade (anos)	Duração (anos)	Tratamento para o DM	Outros problemas de saúde
P1	Masc.	67	10	ADO	-----
P2	Fem.	62	18	ADO+Insulina	Coluna, Hipertensão, Retinopatia
P3	Masc.	45	2	ADO	Depressão severa
P4	Fem.	63	3	ADO	Angina, Hipertensão
P5	Fem.	48	13	ADO+Insulina	Retinopatia
P6	Fem.	73	2	ADO	Hipertensão
P7	Fem.	56	25	ADO+Insulina	Hipertensão, Retinopatia
P8	Fem.	65	34	ADO	Bronquite, Depressão, Hipertensão, Reumatismo
P9	Masc.	70	15	ADO+Insulina	Depressão, Insuf. Cardíaca (cinco enfartos), Hipertensão, Retinopatia

DESENHO EXPERIMENTAL

O programa de atividade física constou de 40 sessões, duas vezes por semana, com duração aumentada gradualmente a partir de 15 minutos até 60 minutos, sendo a caminhada a atividade física principal. A atividade era realizada em um parque sempre que as condições climáticas permitiam. A duração da caminhada aumentou de acordo com o progresso dos participantes. Em caso de mau tempo era feito um trabalho de resistência muscular, com exercícios de membros superiores, inferiores e de tronco.

Os indivíduos foram orientados quanto aos procedimentos de aferência de suas frequências cardíacas e instruídos a mantê-las dentro de uma faixa particularizada, dependendo da idade do participante. O critério adotado foi de 60% a 75% da frequência cardíaca máxima, compatível com uma atividade de intensidade moderada (ACSM, 2000).

Media-se a glicemia capilar de cada participante antes de cada sessão para verificar se o indivíduo podia participar com segurança da atividade física. Considerou-se como segura a faixa compreendida entre 120 mg/dl e 250 mg/dl. Para a realização desta medida foram utilizados: um glicosímetro, fitas (Precision, Abbot), lancetas e lancetador. Quando a glicemia estava abaixo de 120 mg/dl o aluno era instruído a ingerir algum alimento antes de participar da aula e quando a glicemia estivesse inferior a 90 mg/dl, repetia-se a mensuração depois que o aluno comia. Quando a glicemia estava entre 250 mg/dl e 350 mg/dl, permitia-se que a pessoa realizasse a atividade, mas com uma intensidade menor. Em caso de glicemias acima de 350 mg/dl, pesquisava-se a ocorrência de cetonas na urina e caso fossem identificadas, encaminhava-se a pessoa para um serviço médico.

A hemoglobina glicada foi avaliada pelo método de cromatografia líquida de alta performance (HPLC), com valores **considerados** normais **entre 3,6 e 5,3%**, em três momentos diferentes: antes da intervenção (linha de base), ao final do terceiro mês do programa que durou cinco meses e 36 dias após o término do programa (seguimento).

Durante a intervenção os participantes foram expostos a um “pacote” de estratégias comportamentais para promover a adesão ao programa e a adoção de um estilo de vida mais ativo. As aulas foram planejadas de modo a desenvolver uma interação cooperativa e amigável entre os vários participantes do grupo e a professora; foi utilizado um sistema de pontuação (pelo comparecimento às aulas) e sua troca por prêmios; as pontuações foram apresentadas num mural de forma a permitir que outras pessoas pudessem fornecer reforços sociais para os participantes; os resultados dos exames de hemoglobina glicada e da avaliação física foram fornecidos aos participantes como uma forma de comprovar os benefícios da atividade física no controle glicêmico e na aptidão física (reforços naturais consequentes à prática da atividade física); reportagens sobre os benefícios de um estilo de vida fisicamente ativo, elogios da professora, mensagens de apoio também eram apresentados nesse mural com o objetivo de aumentar a probabilidade de ocorrência de atividade física dentro e fora das aulas; e os familiares foram instruídos a incentivarem e apoiarem os alunos na superação das dificuldades enfrentadas.

Além disso, com o objetivo de incentivar a adoção de um estilo de vida fisicamente ativo, os participantes foram instruídos a aumentar o tempo gasto diariamente com atividades físicas de estilo de vida fora das aulas. Após o término do programa, os alunos foram dispensados das sessões e receberam instruções para que mantivessem o hábito de praticar atividade física fora do programa. As atividades foram registradas diariamente e os familiares foram instruídos para verificarem a participação. Após 36 dias, os participantes retornaram para os exames finais.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

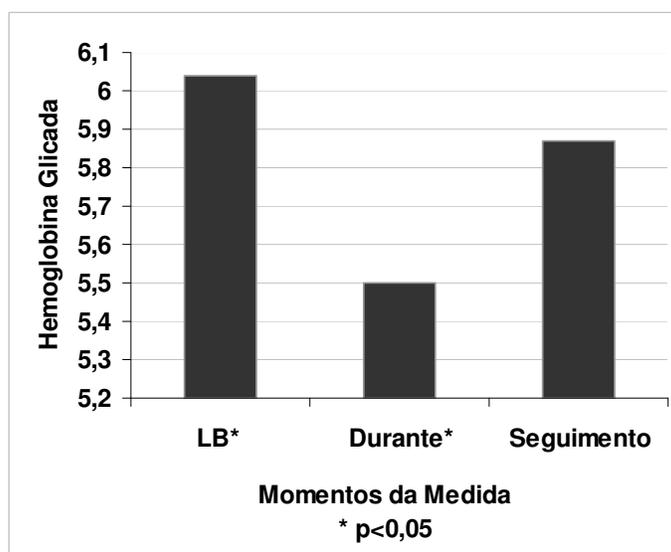
Empregou-se o programa de computador SPSS para realizar a análise de variância para amostras repetidas. O critério adotado para a significância estatística foi $p < 0,05$.

RESULTADOS

Os nove participantes que completaram o programa freqüentaram a maioria das aulas (82,5-100%). Dois participantes (P4 e P8) compareceram a todas as sessões ao longo da intervenção. No último mês do programa oito indivíduos compareceram a todas as sessões.

A figura 1 apresenta os valores médios de hemoglobina glicada na linha de base, no final do terceiro mês do programa e no seguimento.

Figura 1. Avaliação da Hemoglobina Glicada na Linha de Base (LB), no final do terceiro mês (durante) e no Seguimento (valores normais 3,6 – 5,3%).



A comparação estatística entre as médias do grupo nas três ocasiões revelou que os dados mais favoráveis ocorrem três meses após o início do programa ($p < 0,05$). Os resultados da avaliação realizada no seguimento não foram significativamente diferentes dos demais, apesar de serem menores que os níveis basais.

É importante mencionar também que alguns indivíduos obtiveram ganhos não planejados pelo procedimento. Ao longo do programa de atividade física, P1 pôde reduzir a dose do antidiabético oral, P2 pôde dispensar os analgésicos que costumava tomar para dores no corpo, P4 e P8 tiveram sua pressão arterial controlada, reduzindo e suspendendo o uso de remédios, P9 reduziu a dose de insulina e P5 suspendeu seu uso definitivamente.

DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que os indivíduos que concluíram o programa de atividade física melhoraram o controle glicêmico. Além disso, os participantes aumentaram o tempo em que realizavam caminhadas ao longo do programa, o que contribuiu para uma elevação da aptidão física dos mesmos.

Ocasionalmente, por motivos climáticos os participantes eram submetidos a exercícios de resistência muscular localizada com intensidade moderada. Vários estudos (HU *et al.*, 1999; WEINSTEIN *et al.*, 2004; HSIA *et al.*, 2005; LAAKSONEN *et al.*, 2005; O'GORMAN e KROOK, 2008) também mostraram que pelo menos 30 minutos de atividade física com intensidade moderada contribuem para a melhora do controle glicêmico em portadores de DM2 (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, ACSM, 2000).

Com relação ao programa de atividade física, o ACSM (2000) estabelece que intensidade moderada seja definida de acordo com o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) que deverá se situar entre 40-70% do $VO_{2máx}$, ou 3.0-6.0 equivalentes metabólicos/h (3.0-6.0 MET/h). Vários autores recomendam para a saúde a atividade moderada (caminhada rápida), a qual os indivíduos no presente estudo se submeteram (AINSWORTH *et al.*, 2000; SWARTZ *et al.*, 2000; SWARTZ *et al.*, 2003; JEON, LOKKEN, HU *et al.*, 2007).

Os possíveis mecanismos celulares responsáveis pela melhora glicêmica em portadores de DM2 quando submetidos à atividade física regular ainda não estão totalmente elucidados. Segundo Juel (2006) pode-se hipotetizar que: 1) o treinamento físico modifica a maioria das proteínas de transporte; 2) essas modificações são apropriadas; e 3) são específicas, ou seja, os ajustes causados pelo exercício moderado e o de alta intensidade são diferentes.

Em indivíduos portadores de DM2, as proteínas transportadoras de glicose (GLUTs), especificamente o GLUT-4, podem não ser normalmente translocadas do citoplasma para a membrana celular; entretanto, a proteína GLUT-4 e sua expressão gênica (mRNA) são normais (DELA *et al.*, 1994; DELA e VAAG, 2000; DELA, 2007). Em resposta à insulina ou à contração muscular, o GLUT-4 se transloca para a membrana celular, onde é inserido, para aumentar o transporte de glicose. Como o músculo esquelético é um importante tecido regulador da manutenção da homeostase da glicose no período pós-prandial, o aumento da proteína GLUT-4 é um potencial método de tratamento para a hiperglicemia associada ao diabetes (DOHM, 2002). A atividade física promove aumento da concentração muscular de proteínas transportadoras de glicose, especificamente de GLUT-4 (DOHM, 2002; HOLTEN *et al.*, 2004; JUEL, 2006). Os resultados obtidos nesse estudo sugerem que a melhora do controle glicêmico encontrada nos participantes do programa se devam a essas modificações.

Entretanto, há necessidade do entendimento de como o exercício pode regular a expressão de GLUT-4 e quais estratégias terapêuticas podem ser utilizadas para ajudar a aumentar a disponibilidade de glicose no tratamento do DM. Indivíduos com DM2 têm relativamente concentrações normais de GLUT-4 em sua musculatura esquelética, mas a translocação do GLUT-4 da vesícula intracelular para a membrana plasmática em resposta à insulina é reduzida (MCCONELL e KINGWELL, 2006).

As mudanças na expressão de GLUT-4 em resposta ao exercício podem acontecer rapidamente. Em ratos, um dia após serem submetidos à natação durante seis horas, houve duplicação de GLUT-4 mRNA e um aumento de uma vez e meia na proteína GLUT-4 (REN *et al.*, 1994). Host *et al.* (1998) observou que após o término do treino de natação, a proteína muscular GLUT-4 dos ratos retornaram aos níveis iniciais de controle entre 40 e 90 horas, o que indica que os ajustes fisiológicos e metabólicos são reversíveis em caso de descontinuidade do programa de exercícios. Em humanos, os estudos realizados por Houmard *et al.* (1995) demonstraram que indivíduos sedentários submetidos ao um treinamento no cicloergômetro durante 7 dias (1 h/dia, 76% da FCM) aumentaram em três vezes o GLUT-4 muscular. Entretanto, parece que o tipo de exercício, bem

como a sua intensidade, podem causar ajustes negativos em relação ao GLUT-4 muscular. Alguns estudos (ASP, DAUGAARD e RICHTER, 1995; ASP, KRISTIANSEN e RICHTER, 1995; KRISTIANSEN *et al.*, 1997) observaram que o exercício excêntrico diminui em ambos, humanos e animais, o conteúdo de GLUT-4 muscular.

Outro membro da família de proteínas transportadoras de glicose, o GLUT-1, parece ser menos afetado pelo exercício, entretanto, mudanças sensíveis têm sido documentadas (PHILLIPS *et al.*, 1996). O GLUT-5, também membro da mesma família de transportadores, especificamente transportador de frutose parece ser insensível ao treinamento físico, (HUNDAL *et al.*, 1998) e o menos estudado, o GLUT-1, é inalterado pelo exercício (GASTER *et al.*, 2004).

O sistema hormonal também é responsável pela regulação das proteínas transportadoras de glicose. A expressão do GLUT-4 é aumentada pela insulina, pelos hormônios tireoidianos e diminuída pela elevação do cAMP (JONES e DOHM, 1997). Porém, o treinamento físico parece promover ajustes positivos na modulação do GLUT-4 muscular, independente da ação hormonal. De acordo com esses resultados, os indivíduos portadores de DM2 deveriam incorporar o hábito da atividade física para o resto de suas vidas.

Embora haja evidências de que o GLUT-4 muscular é aumentado pelo treinamento físico (DELA *et al.*, 1994; DELA e VAAG, 2000; JUEL, 2006; DELA, 2007), porém, ainda há dúvidas em relação ao tempo em que esses ajustes podem perdurar em caso de descontinuidade do treinamento. Uma importante condição para que os portadores de DM2 sejam favorecidos pelo processo contínuo da prática de atividade física está justamente na adesão ao programa estabelecido. De acordo com Fechio e Malerbi (2004), até que a atividade física consiga produzir consequências positivas naturais para a saúde, capazes de manter o comportamento de exercitar-se, é preciso que o indivíduo seja capaz de superar algumas dificuldades iniciais, tais como o mal estar decorrente de cansaço, dores musculares, episódios de hipoglicemia, etc, frequentemente responsáveis pelo abandono da atividade. Portanto, para que as melhoras fisiológicas e bioquímicas possam ocorrer nos portadores de DM2 que se submetem a um programa de atividade física, algumas estratégias para garantir a adesão aos exercícios devem ser criteriosamente elaboradas. A literatura também chama a atenção para o fato de que a adoção de novos comportamentos saudáveis não garante a sua manutenção ao longo do tempo (MERRILL *et al.*, 2008). Os indivíduos avaliados em nosso estudo foram estimulados com premiações e incentivos dos familiares para que dessem continuidade ao programa.

É importante mencionar que embora o presente estudo tenha focado a atividade física, o controle glicêmico não depende somente dessa prática, mas também da natureza do distúrbio endocrinológico (falta absoluta ou relativa e/ou insensibilidade das células do fígado e de alguns tecidos periféricos à insulina), do estado nutricional, dos hábitos alimentares, da idade, do esquema de tratamento, da forma de enfrentar a doença, além do meio familiar, profissional, social e outros.

CONCLUSÃO

Com relação ao controle do diabetes, observou-se que três meses após o início do programa houve uma redução no valor médio de hemoglobina glicada do grupo. Apesar de ter ocorrido um ligeiro aumento na hemoglobina glicada média dos indivíduos no seguimento, essa medida permaneceu num patamar inferior ao da linha de base.

Os resultados do presente estudo replicam os dados amplamente divulgados na literatura mostrando os benefícios da atividade física para os portadores de DM2.

Não só o encorajamento da prática de exercícios tem extrema importância, como a manutenção desta é fundamental para o sucesso do tratamento. Futuros estudos serão bem-vindos para ampliar e elucidar os benefícios da atividade física nos indivíduos portadores de DM2.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AINSWORTH, B. E.; BASSETT, D. R., JR.; STRATH, S. J. Comparison of three methods for measuring the time spent in physical activity. *Med Sci Sports Exerc*, v.32, n.9 Suppl, p. S457-464, 2000.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position stand. Exercise and type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc*, v.32, n.7, p.1345-1360, 2000.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*, v.28 Suppl 1, p.S37-42, 2005.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Standards of medical care in diabetes--2006. *Diabetes Care*, v.29 Suppl 1, p.S4-42, 2006.

ASP, S.; DAUGAARD, J. R.; RICHTER, E. A. Eccentric exercise decreases glucose transporter GLUT4 protein in human skeletal muscle. *J Physiol*, v.482, p.705-712, 1995.

ASP, S.; KRISTIANSEN, S.; RICHTER, E. A. Eccentric muscle damage transiently decreases rat skeletal muscle GLUT-4 protein. *J Appl Physiol*, v.79, n.4, p.1338-1345, 1995.

CASTANEDA, C.; LAYNE, J. E.; MUNOZ-ORIAN, L. A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, v.25, n.12, p.2335-2341, 2002.

DELA, F. Other adaptations to training/inactivity in type 2 diabetics and other groups with insulin resistance: emphasis on prevention of CHD. *Appl Physiol Nutr Metab*, v.32, n.3, p.602-606, 2007.

DELA, F.; PLOUG, T.; HANDBERG, A. Physical training increases muscle GLUT4 protein and mRNA in patients with NIDDM. *Diabetes*, v.43, n.7, p.862-865, 1994.

DELA, F.; VAAG, A. A. Physical training in the treatment of type 2 diabetes. *Ugeskr Laeger*, v.162, n.15, p.2185-2189, 2000.

DOHM, G. L. Invited review: Regulation of skeletal muscle GLUT-4 expression by exercise. *J Appl Physiol*, v.93, n.2, p.782-787, 2002.

FECHIO, J.; MALERBI, F. Adesão a Um Programa de Atividade Física em Adultos Portadores de Diabetes. *Arq Bras Endocrinol Metabol*, v.48, n.2, p.267-275, 2004.

- GASTER, M.; HANDBERG, A.; SCHURMANN, A. GLUT11, but not GLUT8 or GLUT12, is expressed in human skeletal muscle in a fibre type-specific pattern. *Pflugers Arch*, v.448, n.1, p.105-113, 2004.
- GROSS, J.; SILVEIRO, S.; CAMARGO, J. Diabetes Mellito: Diagnóstico, Classificação e Avaliação do Controle Glicêmico. *Arq Bras Endocrinol Metabol*, v.46, n.1, p.16-26, 2002.
- HENRIKSEN, E. J. Invited review: Effects of acute exercise and exercise training on insulin resistance. *J Appl Physiol*, v.93, n.2, p.788-796, 2002.
- HOLCOMB, S. S. Update: standards of medical care in diabetes. *Nurse Pract*, v. 33, n. 5. p. 12-15, 2008.
- HOLTEN, M. K.; ZACHO, M.; GASTER, M. Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. *Diabetes*, v.53, n.2, p.294-305, 2004.
- HOST, H. H.; HANSEN, P. A.; NOLTE, L. A. Rapid reversal of adaptive increases in muscle GLUT-4 and glucose transport capacity after training cessation. *J Appl Physiol*, v.84, n.3, p.798-802, 1998.
- HOUARD, J. A.; HICKEY, M. S.; TYNDALL, G. L. Seven days of exercise increase GLUT-4 protein content in human skeletal muscle. *J Appl Physiol*, v.79, n.6, p.1936-1938, 1995.
- HSIA, J.; WU, L.; ALLEN, C. Physical activity and diabetes risk in postmenopausal women. *Am J Prev Med*, v.28, n.1, p.19-25, 2005.
- HU, F. B.; SIGAL, R. J.; RICH-EDWARDS, J. W. Walking compared with vigorous physical activity and risk of type 2 diabetes in women: a prospective study. *Jama*, v.282, n.15, p.1433-1439, 1999.
- HUNDAL, H. S.; DARAKHSHAN, F.; KRISTIANSEN, S. GLUT5 expression and fructose transport in human skeletal muscle. *Adv Exp Med Biol*, v.441, p.35-45, 1998.
- JEON, C. Y.; LOKKEN, R. P.; HU, F. B. Physical activity of moderate intensity and risk of type 2 diabetes: a systematic review. *Diabetes Care*, v.30, n.3, p.744-752, 2007.
- JONES, J. P.; DOHM, G. L. Regulation of glucose transporter GLUT-4 and hexokinase II gene transcription by insulin and epinephrine. *Am J Physiol*, v.273, n.4, p.E682-687, 1997.
- JUEL, C. Training-induced changes in membrane transport proteins of human skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol*, v.96, n.6, p.627-635, 2006.
- KNOWLER, W. C.; BARRETT-CONNOR, E.; FOWLER, S. E. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med*, v.346, n.6, p.393-403, 2002.

KRISTIANSEN, S.; JONES, J.; HANDBERG, A. Eccentric contractions decrease glucose transporter transcription rate, mRNA, and protein in skeletal muscle. *Am J Physiol*, v.272, n.5, p.C1734-1738, 1997.

LAAKSONEN, D. E.; LINDSTROM, J.; LAKKA, T. A. Physical activity in the prevention of type 2 diabetes: the Finnish diabetes prevention study. *Diabetes*, v.54, n.1, p.158-165, 2005.

LANGFORT, J.; VIESE, M.; PLOUG, T. Time course of GLUT4 and AMPK protein expression in human skeletal muscle during one month of physical training. *Scand J Med Sci Sports*, v.13, n.3, p.169-174, 2003.

LUTFEY, K. E.; WISHNER, W. J. Beyond "compliance" is "adherence". Improving the prospect of diabetes care. *Diabetes Care*, v.22, n.4, p.635-639, 1999.

MCCONELL, G. K.; KINGWELL, B. A. Does nitric oxide regulate skeletal muscle glucose uptake during exercise? *Exerc Sport Sci Rev*, v.34, n.1, p.36-41, 2006.

MERRILL, R. M.; ALDANA, S.G.; GREENLAWE, R.L.; DIEHL, H.A.; SALBERG, A; ENGLERT, H. Can newly acquired healthy behaviors persist? An analysis of health behavior decay. *Prev Chronic Dis*, v. 5, n. 1, 2008.

O'GORMAN, D. J.; KROOK, A. Exercise and the treatment of diabetes and obesity. *Endocrinol Metab Clin North Am*, v. 37, n. 4, p. 887-903, 2008.

OSTERGARD, T.; JESSEN, N.; SCHMITZ, O. The effect of exercise, training, and inactivity on insulin sensitivity in diabetics and their relatives: what is new? *Appl Physiol Nutr Metab*, v.32, n.3, p.541-548, 2007.

PHILLIPS, S. M.; HAN, X. X.; GREEN, H. J. Increments in skeletal muscle GLUT-1 and GLUT-4 after endurance training in humans. *Am J Physiol*, v.270, n.3, p.E456-462, 1996.

RAGUSO, C. A.; SPADA, A.; JORNAYVAZ, F. R. Physical activity in the prevention and control of diabetes. *Rev Med Suisse*, v.3, n.114, p.1442, 1445-1448, 2007.

REN, J. M.; SEMENKOVICH, C. F.; GULVE, E. A. Exercise induces rapid increases in GLUT4 expression, glucose transport capacity, and insulin-stimulated glycogen storage in muscle. *J Biol Chem*, v.269, n.20, p.14396-14401, 1994.

REPORT OF THE EXPERT COMMITTEE ON THE DIAGNOSIS AND CLASSIFICATION OF DIABETES MELLITUS. *Diabetes Care*, v.20, n.7, p.1183-1197, 1997.

REPORT OF THE EXPERT COMMITTEE ON THE DIAGNOSIS AND CLASSIFICATION OF DIABETES MELLITUS. *Diabetes Care*, v.26, n.11, p.3160-3167, 2003.

SARTORELLI, D. S.; FRANCO, L. J. Trends in diabetes mellitus in Brazil: the role of the nutritional transition. *Cad Saúde Pública*, v.19 Suppl 1, p.S29-36, 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. Consenso Brasileiro sobre Diabetes: diagnóstico e classificação do diabetes melito e tratamento do diabetes melito do tipo 2, 2002.

SWARTZ, A. M.; STRATH, S. J.; BASSETT, D. R., JR. Estimation of energy expenditure using CSA accelerometers at hip and wrist sites. *Med Sci Sports Exerc*, v.32, n.9 Suppl, p.S450-456, 2000.

SWARTZ, A. M.; STRATH, S. J.; BASSETT, D. R. Increasing daily walking improves glucose tolerance in overweight women. *Prev Med*, v.37, n.4, p.356-362, 2003.

TORQUATO, M. T.; MONTENEGRO JUNIOR, R. M.; VIANA, L. A. Prevalence of diabetes mellitus and impaired glucose tolerance in the urban population aged 30-69 years in Ribeirão Preto (São Paulo), Brazil. *Sao Paulo Med J*, v.121, n.6, p.224-230, 2003.

TUCKER, P. S.; FISHER-WELLMAN, K.; BLOOMER, R. J. Can exercise minimize postprandial oxidative stress in patients with type 2 diabetes? *Curr Diabetes Rev*, v. 4, n. 4, p. 309-319, 2008.

WEINSTEIN, A. R.; SESSO, H. D.; LEE, I. M. Relationship of physical activity vs body mass index with type 2 diabetes in women. *Jama*, v.292, n.10, p.1188-1194, 2004.

WILD, S.; ROGLIC, G.; GREEN, A. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*, v.27, n.5, p.1047-1053, 2004.

WYLIE-ROSETT, J.; HERMAN, W. H.; GOLDBERG, R. B. Lifestyle intervention to prevent diabetes: intensive and cost effective. *Curr Opin Lipidol*, v.17, n.1, p.37-44, 2006.

YASPELKIS III, B. B. Resistance training improves insulin signaling and action in skeletal muscle. *Exerc. Sport Sci. Rev*, v.34, n.1, p.42-46, 2006.

YATES, T.; KHUNTI, K.; BULL, F. The role of physical activity in the management of impaired glucose tolerance: a systematic review. *Diabetologia*, v.50, n.6, p.1116-1126, 2007.

Contatos

Universidade Metropolitana de Santos - UNIMES
Fone: (13) 3228 3417
Endereço: Av. Conselheiro Nébias, 536 - Santos/SP – Cep.: 11045-002
E-mail: jfechio@terra.com.br

Tramitação

Recebido em: 11/02/2010
Aceito em: 02/08/2010