

TREINAMENTO AERÓBIO DE 24 SEMANAS ALTERA POSITIVAMENTE AS VARIÁVEIS HEMODINÂMICAS EM DIABÉTICOS TIPO 2

Roberto Carlos Vieira Junior¹, Elton Alves de Andrade¹

RESUMO

Introdução: O diabetes mellitus é considerado um grave problema de saúde pública e sua prevalência aumenta gradativamente devido ao processo de industrialização. O tratamento do diabetes mellitus do tipo 2 (DM2) inclui estratégias medicamentosas e não medicamentosas, como mudança na alimentação, prática regular de exercício físico e suspensão dos hábitos tabágicos. Objetivo: Avaliar os efeitos do treinamento físico aeróbio (TFA) sobre os parâmetros antropométricos, glicídicos, insulínicos e hemodinâmicos de indivíduos acometidos pelo DM2. Materiais e Métodos: Dois grupos foram avaliados: GC (n=39): não submetido ao TFA; GE (n=36): submetido ao TFA, 3 vezes/sem, com duração de 50 min/sessão, acumulando 150 min/semana. Foram mensuradas 7 dobras cutâneas, circunferências de abdômen, cintura e quadril, assim como amostras sanguíneas para análise glicídica e insulínica em jejum, TOTG e hemoglobina glicada. Para aferição da PA utilizou-se esfigmomanômetro e estetoscópio, além do frequencímetro para obtenção da FC. Resultados: Apenas no somatório de pregas cutâneas houve diferença significativa entre os momentos pré e pós-TFA e, também, quando comparado ao GC, GE sofreu redução. Não houve alteração das variáveis bioquímicas e as variáveis hemodinâmicas apresentaram reduções significativas em todos os parâmetros avaliados. Conclusão: O TFA promoveu diminuições nas variáveis hemodinâmicas analisadas, bem como reduziram, discretamente, a gordura corporal de indivíduos acometidos pelo DM2.

Palavras-chave: Diabetes mellitus tipo 2. Exercício Físico. Glicemia. Insulina. Hemodinâmica.

ABSTRACT

Aerobic training of 24 weeks positively alter the hemodynamic variables in type 2 diabetics

Introduction: Diabetes mellitus is considered a serious public health problem and its prevalence gradually increases due to the industrialization process. The treatment of type 2 diabetes mellitus (DM2) includes medications and non-medications, such as changes in diet, regular physical exercise and suspension of smoking habits. Objective: The present study evaluated the aerobic physical training (APT) effects on anthropometric, glycemic, insulinemic, and hemodynamic parameters of DM2 individuals. Material and Method: Two groups were evaluated: CG (n=39): sedentary; EG (n=36): subjected to APT, 3 times/week, 50min/session, accumulating 150min/week. Seven skinfolds, abdominal circumference, waist and hip were measured, as well as blood samples were collected for fasting glucose and insulin analysis OGTT, and glycated hemoglobin determination. For BP measurement was used sphygmomanometer plus stethoscope, and a frequencimeter to FC determination. Results: The sum of skinfolds present significant difference between pre and post- APT and, when compared to GC, GE showed lower values. There was no change in the biochemical variables; on the other hand, the hemodynamic ones showed significant decreases in all parameters analyzed. Conclusion: The APT stimulated decreases in hemodynamic variables, as well as a slightly reduced in the body fat of DM2 individuals.

Key words: Diabetes mellitus type 2. Exercise. Blood Glucose. Insulin. Hemodynamics.

1 - Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil.

E-mail dos autores:
 rcvieirajr@gmail.com
 eltonalves65@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O diabetes mellitus (DM) é considerado um grave problema de saúde pública e sua prevalência aumenta gradativamente devido ao processo de industrialização (Cambri e colaboradores, 2007).

Associado ao consumo de alimentos altamente calóricos e ao sedentarismo, promove-se a obesidade bem como a eclosão do DM em pessoas geneticamente predispostas ou vulneráveis (American Diabetes Association, 2010).

As alterações metabólicas associadas ao DM ocasionam alterações vasculares, disfunção, dano ou falência de vários órgãos (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2015; International Diabetes Federation, 2011).

Tais complicações vasculares são responsáveis diretas pela elevada taxa de mortalidade, sendo os acidentes vasculares encefálicos responsáveis por cerca de 6% das mortes em sujeitos com 45 anos ou mais, e os infartos agudos do miocárdio por cerca de 20% dos indivíduos, independentemente da idade (Brasil, 2006).

O tratamento do DM do tipo 2 (DM2) inclui estratégias medicamentosas (uso de hipoglicemiantes e insulina) e não medicamentosas, como mudança na alimentação, prática regular de exercício físico e suspensão dos hábitos tabágicos (Cambri e colaboradores, 2007; American Diabetes Association, 2010; Sociedade Brasileira de Diabetes, 2015).

O exercício físico regular constitui-se como potencial aliado para o controle glicêmico no tratamento do DM2, pois reduz os índices de morbidade e mortalidade relacionados às complicações do sistema cardiovascular (O'Donovan e colaboradores, 2005; Kadoglou e colaboradores, 2007).

Entre as diversas modalidades, os exercícios físicos aeróbios, em especial a caminhada, parecem ser os mais recomendados para estes indivíduos, e, pelo fato de necessitarem de poucos equipamentos para a sua prática, podem ser realizados em diversos locais, com menor risco e baixo custo (American Diabetes Association, 2010; Sociedade Brasileira de Diabetes, 2015; International Diabetes Federation, 2011).

Estudos têm avaliado a influência do exercício físico sobre os perfis metabólico, antropométrico e cardiovascular no DM2 (Cizmić e colaboradores, 2003; Holton e

colaboradores, 2003; Stewart, 2004; Alam e colaboradores, 2004).

Entretanto, a maioria não inclui grupo controle (Cizmić e colaboradores, 2003; Stewart, 2004; Alam e colaboradores., 2004; Bjørgaas e colaboradores, 2008; Nathan, Turgeon, Regan, 2007), possui habitualmente amostras pequenas (Alam e colaboradores, 2004), programas de exercícios físicos sem controle adequado (Bjørgaas e colaboradores, 2008), períodos de intervenção relativamente curtos e insuficientes e, provavelmente por estas razões e pelas diferentes metodologias e desenhos experimentais utilizados, apresentam desfechos conflitantes (Cizmić e colaboradores, 2003; Holton e colaboradores, 2003; Nathan, Turgeon, Regan, 2007).

Dessa forma, tivemos por objetivo a realização de um estudo do tipo caso-controle experimental, longitudinal, com período de intervenção alargado (24 semanas) de forma a avaliar o efeito de um programa de exercício físico aeróbio (caminhada) de intensidade moderada sobre os parâmetros antropométricos, glicídicos, insulínicos e hemodinâmicos de indivíduos acometidos pelo DM2.

Nossa hipótese foi que o treinamento físico aeróbio realizado em intensidade moderada promoveria respostas adaptativas no que diz respeito às reduções de gordura e circunferências corporais, à diminuição de valores dos parâmetros metabólicos, às reduções na glicemia e insulinemia e, ainda, à melhor regulação das variáveis hemodinâmicas de pessoas com DM2.

MATERIAIS E MÉTODOS**Amostra**

O presente estudo foi do tipo caso-controle experimental de caráter longitudinal, realizado na cidade de Diamantino, no estado de Mato Grosso, na região Centro-Oeste do Brasil, no período correspondente entre os meses de março e setembro de 2006.

Foram considerados critérios de inclusão para este estudo: i) ser diabético do tipo 2, independentemente de estar ou não em uso de hipoglicemiantes orais, e ii) estar cadastrado no Estratégia de Saúde da Família. Os indivíduos os quais se disponibilizaram para participar no estudo foram submetidos a uma avaliação médica inicial para avaliá-los quanto: i) à necessidade de administração terapêutica de insulina para o controle da

doença ou ii) à existência de alguma complicação crônica do DM2 incompatível com a realização do treinamento físico aeróbio, situações estas que constituíram critérios de exclusão do estudo.

Deste modo, ao final, enquadraram-se nestes critérios 75 indivíduos distribuídos entre os grupos controle e experimental, sendo 68% (n=51) do sexo feminino e 32% (n=24) do sexo masculino, apresentando média de idade igual a 57,3±10,0 anos.

Delineamento Experimental

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Júlio Müller da Universidade Federal de Mato Grosso e Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do Ministério da Saúde do Brasil, tendo em vista que ele atendeu por completo aos requisitos da Resolução 196/96 do Ministério da Saúde para pesquisas envolvendo seres humanos (Protocolo: 2978/CEP/HUJM/2006).

Inicialmente, os pacientes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para que pudesse participar da pesquisa. Posteriormente, por meio de sorteio, os indivíduos foram subdivididos em dois grupos:

- Grupo Controle (GC; mulheres=28; homens=11; total=39): não submetido treinamento físico aeróbio;
- Grupo Exercitado (GE; mulheres=23; homens=13; total=36): submetido ao treinamento físico aeróbio (caminhada) durante 24 semanas.

Avaliações

Ao longo do protocolo experimental, ambos os grupos foram avaliados em diferentes momentos a partir de variáveis antropométricas, bioquímicas e hemodinâmicas.

Estas avaliações foram efetuadas sempre no início da manhã (07:00 as 08:00 horas), com o grupo experimental sempre às segundas-feiras nos dias da sessão de treinamento físico aeróbio, evitando, com isso, que o estresse causado pela sessão do dia anterior interferisse, de alguma forma, nos resultados.

O grupo controle foi submetido sempre às mesmas avaliações do grupo experimental, mas, por questões logísticas, as mesmas aconteceram em diferentes dias da semana.

Entretanto, os indivíduos deste grupo não fizeram qualquer tipo de exercício físico durante todo o período experimental; a não realização de exercícios físicos, bem como mudanças no tratamento medicamentoso, foi garantida por meio do acompanhamento dos sujeitos tanto pelo investigador como pelos membros da equipe multidisciplinar da Estratégia de Saúde da Família.

O grupo experimental foi submetido aos procedimentos metodológicos das coletas sanguíneas para a determinação das variáveis bioquímicas: i) glicemia de jejum e teste oral de tolerância à glicose (TOTG) nos momentos: zero, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 semanas; e ii) hemoglobina glicada, insulina de jejum e HOMA-IR (homeostatic model assessment for insulin resistance/ modelo de avaliação da homeostase de resistência à insulina) nos tempos: zero, 12 e 24 semanas.

Medidas para determinação das variáveis antropométricas e hemodinâmicas, em repouso, foram realizadas nos seguintes momentos: zero, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 semanas.

Variáveis Antropométricas

Os grupos GC e GE foram submetidos aos mesmos protocolos para a avaliação das variáveis antropométricas. Para a avaliação da massa corporal foi utilizada balança antropométrica da marca Filizola® com precisão de 100g, previamente nivelada, aferida e calibrada.

O indivíduo foi pesado com o mínimo de roupa possível, estando no centro da plataforma e totalmente imóvel. A estatura foi aferida utilizando-se o estadiômetro fixado na balança antropométrica. O indivíduo foi medido descalço, com os calcanhares unidos e os braços relaxados, em posição ereta e olhar fixo no horizonte.

Utilizou-se para a mensuração das dobras cutâneas o compasso Harpenden John Bull da British Indicators Ltd-England, com precisão de 0,2 mm² e grau de compressão de 10g/mm².

Todas as mensurações foram feitas por um único avaliador, com experiência prévia, do início ao final do experimento.

Todas as medidas foram feitas em triplicata, de forma não sequencial, sempre no hemisfério direito dos indivíduos, calculando-se, para cada dobra, a média dos valores obtidos.

Com orientação vertical foram medidas três dobras: i) tricipital, na linha média posterior do braço no ponto médio entre o acrômio e o olecrânio; ii) abdominal, a 2 cm à direita da cicatriz umbilical e a iii) coxa, na linha média anterior a dois terços da distância entre a rótula e a crista ilíaca.

Com orientação diagonal foram medidas quatro dobras i) subescapular, 1 a 2 cm abaixo do ângulo inferior da escápula \pm a 45°; ii) supra-ilíaca, imediatamente acima da crista ilíaca, iii) dobra peitoral, no ponto médio da distância entre a linha axilar anterior e o mamilo (nos homens) ou a um terço da distância da linha axilar anterior e o mamilo (nas mulheres) e iv) axilar média na linha média axilar no nível da união xifoesternal (Jackson, Pollock, 1985).

Para as medidas dos perímetros do abdômen e circunferências da cintura e do quadril, utilizou-se uma fita métrica não elástica de 1,50 m de comprimento da marca SANNY®, a qual permitiu a obtenção das medidas sem a compressão da pele, sendo as medições efetuadas após a expiração eupnéica.

A medida da cintura teve como ponto de referência a menor circunferência acima da cicatriz umbilical e o apêndice xifoide.

A circunferência do quadril foi avaliada acima da dobra glútea ou na parte mais volumosa, sendo o perímetro do abdômen efetuado acima da cicatriz umbilical.

A medição das duas circunferências foi efetuada em duplicata com posterior cálculo dos valores médios. Para a identificação do tipo de distribuição de gordura utilizou-se, como base de cálculo, a divisão da medida da circunferência da cintura pela circunferência do quadril.

Variáveis Bioquímicas

As coletas de sangue venoso para determinação das variáveis bioquímicas foram feitas na sala de coletas alocada nos postos de saúde do Programa Saúde da Família, sempre pela mesma enfermeira responsável, designada pela Secretaria de Saúde do Município.

Todos os procedimentos de coleta de sangue foram realizados após preparação da sala e assepsia tanto dos materiais como dos indivíduos.

O jejum prévio exigido para coleta sanguínea foi de, no mínimo 8 horas, não ultrapassando 12 horas. As amostras de

sangue foram coletadas em tubos a vácuo Vacutainer® (5 ml), contendo como anticoagulante o Fluoreto de Sódio (NaF). Para o teste oral de tolerância à glicose (TOTG) foram coletadas amostras de sangue 120 minutos após a ingestão de 75 gramas de glicose diluída em 250 a 300 ml de água. Para a determinação da hemoglobina glicada o anticoagulante utilizado foi o EDTAK (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2015).

Para a dosagem de glicemia capilar utilizou-se aparelho da marca Advantage® da Roche Diagnostics, lancetador ACCU-CHEK® Softclix profissional descartável e lancetas ACCU-CHEK® Softclix.

O sangue venoso coletado foi imediatamente transportado em caixas térmicas e o material biológico separado em centrífuga BIO ENG® modelo BE 4000 por 5 minutos a 3.000 rpm entre 1 a 2 horas após a coleta (tempo suficiente para a coagulação do sangue).

Após a centrifugação, o soro foi separado e alíquotado em tubos de plástico (2,5ml) para as dosagens bioquímicas da glicemia de jejum e da insulina de jejum, as quais foram realizadas no mesmo dia da coleta.

As concentrações de glicemia de jejum e do TOTG foram determinadas pelo método de Automação Technicon®. A metodologia utilizada nas dosagens de glicose foi a enzimática, sendo a leitura realizada no aparelho COBAS PLUS (ROCHE).

O método para quantificar a hemoglobina glicada foi o High Performance Liquid Chromatography (HPLC), método de referência do National Glycohemoglobin Standardization Program (NGSP). Para a análise da insulina sérica de jejum das amostras, utilizou-se o método de eletroquimioluminescência automatizada.

Para a avaliação da resistência à insulina foi utilizado o índice Homeostatic Model Assessment for Insulin Resistance (HOMA-IR), o qual foi calculado a partir da fórmula de Matthews e colaboradores (1985):

$$\text{HOMA-IR} = \text{IJ} (\mu\text{U/mL}) \times \text{GJ} (\text{mmol/L}) / 22,5$$

Onde:

IJ - insulinemia de jejum

GJ - glicemia de jejum

Os valores da glicemia de jejum foram convertidos de mg/dL para mmol/L a fim de

serem inseridos no cálculo do HOMA-IR bem como para a padronização dos valores do TOTG em mmol/L.

Variáveis Hemodinâmicas

Para aferir as pressões arteriais (PA) em repouso, foram utilizados dois esfigmomanômetros aneróides da marca SOLIDOR®, periodicamente testados e calibrados pelo Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO), e dois estetoscópios da marca LITTMANN®.

A tensão na braçadeira, colocada no braço direito ao nível do coração, foi elevada de 20 a 30 mmHg acima do valor máximo obtido na leitura anterior ou no ponto acima da sua leitura por método palpatório.

Em todos os momentos da aferição da PA, o indivíduo encontrava-se sentado, em repouso de 5 a 10 minutos, com o braço direito relaxado e apoiado sobre a mesa, com a palma da mão voltada para cima.

A frequência cardíaca em repouso foi obtida utilizando-se o aparelho frequencímetro POLAR® com os indivíduos em decúbito dorsal por 5 minutos, em uma sala preparada no Posto de Saúde. No final deste período, o investigador anotou o número de pulsações durante um minuto.

Programa de Treinamento Físico Aeróbio

O GE foi submetido a 24 semanas (totalizando 72 sessões) de treinamento físico aeróbio de caminhada supervisionada, com duração total de 50 minutos cada sessão, 3 vezes por semana, acumulando 150 minutos semanais, em intensidade moderada que variou dos 60% aos 80% da frequência cardíaca de reserva (Karvonen, Kentala, Mustala, 1957). As sessões de caminhada foram realizadas em pista de atletismo apropriada.

Cada sessão de exercício foi subdividida em 10 minutos de aquecimento com atividades recreativas, 30 minutos de

caminhada supervisionada e 10 minutos de retorno à calma, com exercícios de alongamento, flexibilidade e mobilidade articular para reduzir o risco de complicações cardiovasculares e lesões musculoesqueléticas.

Análise Estatística

Os resultados foram expressos em Média \pm Desvio Padrão. Para análise das variáveis ao longo do tempo aplicou-se a análise de variâncias para amostras repetidas (ANOVA) e, quando necessário, ela foi complementada pelo teste de comparação múltipla de médias (Tukey HSD). Todas essas análises foram precedidas de testes para verificar homogeneidade das variâncias e normalidade (LEVENE).

Os resultados com variâncias heterogêneas e sem distribuição normal (pressões arteriais e frequência cardíaca) foram transformados (logaritmo) para correção da heterogeneidade ou anormalidade.

Em todas as análises, estabeleceu-se um nível de significância igual a 5%. Todos os cálculos foram realizados usando o programa "Statistica for Windows", versão 4.3, 1993 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK).

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as variáveis antropométricas e o estado nutricional da população estudada no decorrer de todo o período experimental. Verificamos que apenas as somatórias das sete dobras cutâneas apresentaram diferença estatisticamente significativas, quando comparados GE e GC e, também, quando comparados os momentos pré e pós-treinamento físico aeróbio. As demais variáveis não apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 1 - Variáveis antropométricas e estado nutricional da população total estudada durante todo o período experimental

| | Tempo (semanas) | | | | | | | p-valor |
|---|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---------|
| | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | |
| Massa Corpórea (kg) | | | | | | | | |
| GC | 73,9±14,4 | 73,7±14,5 | 73,9±14,8 | 73,6±14,4 | 73,4±14,2 | 74,2±14,4 | 73,7±14,3 | 0,235 |
| GE | 75,9±16,8 | 75,0±16,9 | 75,2±17,1 | 74,8±16,8 | 74,8±16,9 | 75,0±17,1 | 74,5±17,4 | |
| Índice de Massa Corpórea (kg.(m²)⁻¹) | | | | | | | | |
| GC | 30,0±4,7 | 29,8±4,6 | 29,8±4,7 | 29,8±4,6 | 29,8±4,8 | 30,0±4,9 | 29,9±4,6 | 0,166 |
| GE | 30,9±6,1 | 30,5±6,2 | 30,7±6,2 | 30,4±6,2 | 30,4±6,2 | 30,5±6,3 | 30,4±6,4 | |
| Σ7PC (mm) | | | | | | | | |
| GC | 166,3±48,8 ^{bc} | 159,3±45,9 ^c | 153,7±43,7 ^c | 153,3±43,8 ^c | 154,2±45,0 ^c | 154,0±43,2 ^c | 157,0±43,3 ^c | <0,001 |
| GE | 187,1±67,1 ^a | 170,8±58,5 ^b | 153,2±49,3 ^c | 143,2±46,2 ^d | 142,5±44,5 ^d | 140,0±45,6 ^{de} | 133,5±42,2 ^e | |
| Relação Cintura Quadril | | | | | | | | |
| GC | 1,00±0,06 | 1,00±0,06 | 1,00±0,06 | 1,01±0,05 | 1,01±0,05 | 1,00±0,06 | 1,00±0,06 | 0,804 |
| GE | 1,00±0,05 | 1,01±0,06 | 1,01±0,05 | 1,01±0,05 | 1,01±0,05 | 1,01±0,05 | 1,01±0,05 | |
| Circunferência Abdominal (cm) | | | | | | | | |
| GC | 104,2±12,3 | 103,8±11,9 | 103,8±11,8 | 104,1±11,7 | 102,9±10,5 | 103,4±10,8 | 103,6±11,0 | 0,193 |
| GE | 104,3±12,7 | 104,0±13,0 | 103,8±12,7 | 104,0±12,4 | 103,1±12,2 | 102,6±12,5 | 102,2±12,4 | |

Legenda: Σ7PC - Somatório das sete dobras cutâneas. Para valores de p menor que 0,05, observar as letras sobrescritas, letras diferentes significa diferença estatisticamente significativas, letras iguais significa semelhança estatística.

A Tabela 2 mostra os valores de glicemia e insulinemia de jejum durante todo o período experimental para GC e GE. Nota-se que GE apresentou valores menores de glicemia de jejum se comparado a GC do início ao final do período de treinamento físico aeróbio.

No entanto, ao analisarmos os valores iniciais e finais da glicemia de jejum de GE, não observamos diferenças estatisticamente significativas. Ainda, as demais variáveis analisadas não apresentaram diferença significativa ao final do estudo.

A Tabela 3 denota a evolução das variáveis hemodinâmicas durante todo o período experimental.

Verificamos que houve diferença estatisticamente significativas para todas as variáveis analisadas, sendo elas Pressão Arterial Sistólica (PAS), Pressão Arterial Diastólica (PAD) e Frequência Cardíaca de Repouso (FC_{rep}), mostrando, assim, os efeitos positivos do treinamento físico aeróbio sobre os parâmetros relacionados ao sistema cardiovascular.

Tabela 2 - Variáveis glicídicas e insulínicas da população total estudada durante todo o período experimental

| | Tempo (semanas) | | | | | | | p-valor |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | |
| Glicemia de Jejum (mmol/L) | | | | | | | | |
| GC | 11,4±5,1 ^a | 11,4±5,3 ^a | 9,7±3,8 ^{abc} | 9,9±3,4 ^{abc} | 8,8±4,0 ^{bc} | 9,1±3,6 ^{bc} | 11,5±4,9 ^a | 0,049 |
| GE | 9,6±4,0 ^{abc} | 10,5±4,1 ^{ab} | 9,1±3,4 ^{bc} | 9,9±3,2 ^{bc} | 8,3±3,9 ^c | 7,9±2,6 ^c | 8,6±3,4 ^c | |

| Teste Oral de Tolerância à Glicose (mmol/L) | | | | | | | | |
|---|-----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-------|
| GC | 18,7±14,9 | 16,2±7,7 | 16,4±14,4 | 15,2±4,3 | 12,8±4,7 | 17,4±10,0 | 15,2±5,0 | 0,901 |
| GE | 14,0±6 | 15,0±7,2 | 13,2±4,2 | 12,6±4,9 | 11,7±4,2 | 14,0±5,7 | 12,1±4,8 | |
| Insulinemia de Jejum (µU/mL) | | | | | | | | |
| GC | 10,8±6,29 | - | - | 9,4±4,34 | - | - | 10,6±4,97 | 0,241 |
| GE | 12,0±9,66 | - | - | 9,9±6,17 | - | - | 11,8±8,21 | |
| HOMA - IR | | | | | | | | |
| GC | 5,2±3,71 | - | - | 6,6±5,57 | - | - | 5,3±3,52 | 0,241 |
| GE | 6,5±5,77 | - | - | 4,5±4,14 | - | - | 5,7±5,90 | |
| HbA1c (%) | | | | | | | | |
| GC | 8,9±2,71 | - | - | 7,9±1,90 | - | - | 8,3±2,19 | 0,845 |
| GE | 8,6±2,17 | - | - | 7,6±1,68 | - | - | 7,8±1,95 | |

Legenda: HOMA – IR = Homeostatic Model Assessment for Insulin Resistance; HbA1c = Hemoglobina Glicosilada. Para valores de p menor que 0,05, observar as letras sobrescritas, letras diferentes significa diferença estatisticamente significativas, letras iguais significa semelhança estatística.

Tabela 3 - Variáveis hemodinâmicas da população total estudada durante todo o período experimental.

| | Tempo (semanas) | | | | | | | p-valor |
|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------|
| | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | |
| Pressão Arterial Sistólica (mmHg) | | | | | | | | |
| GC | 135,8±10,4 ^b | 135,8±11,1 ^b | 135,8±12,0 ^b | 135,1±10,7 ^b | 135,9±11,3 ^b | 136,6±11,3 ^b | 135,3±10,4 ^b | <0,001 |
| GE | 141,3±5,2 ^a | 136,7±5,6 ^b | 133,0±5,7 ^c | 129,7±5,2 ^c | 128,4±4,7 ^d | 126,7±4,6 ^d | 122,7±5,0 ^e | |
| Pressão Arterial Diastólica (mmHg) | | | | | | | | |
| GC | 84,2±6,7 ^c | 84,2±6,6 ^c | 84,8±5,6 ^c | 84,2±6,2 ^c | 83,8±6,3 ^c | 84,3±5,8 ^c | 84,3±6,3 ^c | <0,001 |
| GE | 89,4±2,0 ^a | 87,2±2,1 ^b | 84,8±2,2 ^c | 81,9±1,8 ^d | 81,2±2,6 ^{de} | 79,9±2,6 ^{ef} | 77,0±2,2 ^g | |
| Frequência Cardíaca de Repouso (bpm) | | | | | | | | |
| GC | 80,2±8,4 ^b | 80,2±8,3 ^b | 79,8±8,0 ^{bc} | 79,9±8,0 ^{bc} | 80,1±8,8 ^b | 80,0±7,8 ^b | 79,7±8,2 ^{bc} | <0,001 |
| GE | 83,2±5,5 ^a | 79,6±5,8 ^b | 78,3±4,7 ^{bc} | 75,2±4,3 ^d | 74,8±4,7 ^d | 73,8±4,5 ^d | 68,5±4,0 ^e | |

Legenda: Para valores de p menor que 0,05, observar as letras sobrescritas, letras diferentes significa diferença estatisticamente significativas, letras iguais significa semelhança estatística.

DISCUSSÃO

Os benefícios da prática de exercícios físicos regulares por indivíduos diabéticos têm sido amplamente documentados.

Além de contribuir para a perda ponderal de gordura, com redução preferencial da gordura abdominal, o exercício físico está associado a benefícios metabólicos e hemodinâmicos, atenuando as complicações crônicas do DM2.

Sendo assim, o exercício físico, associado à dieta e à medicação, é

considerado base do tratamento desta patologia (American Diabetes Association, 2010).

Os resultados do presente estudo indicam que 24 semanas de treinamento físico aeróbico, de intensidade moderada, foi capaz de promover reduções favoráveis nas variáveis hemodinâmicas analisadas (PAS, PAD e FC_{rep}), além de ter contribuído, mesmo que discretamente, para a redução de gordura corporal (através da redução do somatório de dobras cutâneas) em indivíduos acometidos pelo DM2.

O programa de treinamento físico aeróbio composto de 72 sessões de intensidade moderada (60 a 80% da FCR), com duração total de 150 minutos semanais, não alterou o peso corporal e o IMC dos indivíduos.

A manutenção dessas variáveis não surpreendeu, uma vez que perda de peso corporal significativa é observada em programas que combinam treinamento físico, dieta e modificações comportamentais, ou naquela cuja intensidade é de moderada a alta, com duração total de, pelo menos, 420 minutos semanais.

Exercícios físicos isolados, como realizados neste estudo, tendem a produzir modestas perdas ou, ao menos, manutenção do peso corporal (Kirk e colaboradores, 2004; Krinski e colaboradores, 2008).

Este estudo se utilizou de medidas antropométricas simples, que estimam a quantidade de adiposidade abdominal por meio das medidas das circunferências de cintura e quadril. Não observamos diferença estatística na Relação Cintura Quadril dos indivíduos do GE ao final do experimento.

Picon e colaboradores (2007) observaram alterações significativas na adiposidade abdominal, contudo, eles utilizaram técnicas de imagem como tomografia computadorizada e ressonância magnética, os quais proporcionam quantificação mais acurada e precisa do tecido adiposo visceral.

O efeito atenuador do treinamento físico aeróbio sobre a resistência à insulina também não foi observado no presente estudo, considerando os valores inalterados do índice HOMA-IR bem como da insulinemia de jejum.

São escassos os estudos que verificaram a influência do treinamento físico aeróbio de intensidade moderada sobre a sensibilidade à insulina em indivíduos acometidos pelo DM2 obesos e que não apresentaram perda concomitante de peso.

Em geral, a melhora da resistência à insulina em resposta aos exercícios aeróbios tem sido observada especialmente em indivíduos eutróficos, obesos e intolerantes à glicose (O'Donovan e colaboradores, 2005), mas não em diabéticos (Cuff e colaboradores, 2003).

Por serem mais resistentes à insulina, é possível que esses indivíduos requeiram um tempo maior de treinamento físico aeróbio para obterem respostas satisfatórias. Sabe-se

que a depender da duração e da intensidade do exercício, o seu efeito sobre este parâmetro pode perdurar por 24 a 72 horas (Sigal e colaboradores, 2004).

Em nosso estudo, as determinações da glicemia e insulinemia de jejum ocorreram 60 horas após a realização da última sessão de treinamento físico, quando, provavelmente, estas variáveis já haviam retornado aos seus valores de base.

Finalmente, o efeito inócuo do treinamento físico aeróbio sobre a adiposidade visceral pode ter contribuído para a resistência à insulina persistente, uma vez que a mesma é associada negativamente com esse tipo/localização de gordura (Goodyear, Kahn, 1998).

O efeito do treinamento físico aeróbio sobre a glicemia de jejum e a hemoglobina glicada é controverso. Em indivíduos não diabéticos este tipo de treinamento promove leve e transitório aumento da glicemia de jejum, a qual retorna aos valores de base 72 horas após o término da sessão (Boulé e colaboradores, 2005).

Em diabéticos, os resultados encontrados são diversos: tem sido observada redução significativa da glicemia de jejum e da hemoglobina glicada após oito meses de treinamento físico aeróbio constante com intensidade moderada (Kadoglou e colaboradores, 2007), bem como valores inalterados de hemoglobina glicada após dezesseis semanas de treinamento (Cuff e colaboradores, 2003); ainda, manutenção de glicemia de jejum e hemoglobina glicada após seis semanas de exercício aeróbio foi observada (Cambri e colaboradores, 2007).

Meta-análises também têm mostrado resposta modesta (0,5-1,0%) ou nenhuma resposta em relação ao efeito do exercício físico aeróbio sobre a hemoglobina glicada (Boulé e colaboradores, 2001; Kelley, Goodpaster, 2001; Snowling, Hopkins, 2006).

Esses resultados conflitantes têm sido atribuídos a amostras pequenas e à fisiopatologia complexa do DM2.

Esses fatores também podem ter contribuído para a não observância do efeito crônico do treinamento físico aeróbio sobre a glicemia de jejum e hemoglobina glicada no presente estudo.

Em relação às respostas cardiovasculares, 12 semanas de treinamento físico aeróbio de intensidade moderada foram suficientes para promover redução das pressões arteriais e da frequência cardíaca de

repouso a valores menores em relação aos sujeitos que permaneceram sedentários durante todo o experimento; curiosamente, GC apresentava, inicialmente, valores médios dessas variáveis menores em comparação ao GE, havendo, portanto, inversão.

O efeito anti-hipertensivo do exercício aeróbio tem sido verificado em hipertensos, obesos e diabéticos tipo 2 (Krinski e colaboradores, 2008; Monteiro, Sobral Filho, 2004), contudo, nesses relatos foi também verificado um efeito redutor tanto do peso corporal como da adiposidade visceral, variáveis estas não alteradas no presente estudo.

Diversos mecanismos podem ter contribuído para a redução das pressões arteriais em repouso ao treinamento físico aeróbio. Estudos têm mostrado que tais alterações estão baseadas nas respostas anatômicas e/ou funcionais, como reduções da resistência vascular periférica (Amaral, Zorn, Michelini, 2000), do débito cardíaco (Véras-Silva e colaboradores, 1997), da resistência à insulina (Rhéaume e colaboradores, 2002), da atividade simpática (Roveda e colaboradores, 2003) e aumento da biodisponibilidade de substâncias vasodilatadoras pelo endotélio, particularmente o óxido nítrico (Higashi, Yoshizumi, 2004).

Além disso, o treinamento físico aeróbio também tem sido associado ao aumento da capilarização (angiogênese), a qual contribui sobremaneira para a melhora da capacidade física (Richardson e colaboradores, 2006).

De todas essas hipóteses, apenas a perda de peso corporal, da gordura abdominal e a melhora da resistência à insulina podem não estar associados aos efeitos benéficos sobre as variáveis cardiovasculares observadas no presente estudo.

A redução da frequência cardíaca de repouso em resposta ao exercício físico aeróbio também é bem documentada (Silva, Lima, 2002).

É possível que esse efeito tenha resultado, em nosso estudo, de adaptações intrínsecas do nódulo sinusal ou, ainda, decorrentes de outras modificações fisiológicas, como aumento do retorno venoso e do volume sistólico e melhora da contratilidade miocárdica, ou de adaptações periféricas, como aumento da extração (diferença arteriovenosa de oxigênio) e da utilização de oxigênio para gerar mais trabalho (eficiência mecânica) (Almeida, Araújo, 2003).

A assiduidade e regularidade dos indivíduos às sessões de treinamento físico podem ter contribuído fortemente para os resultados obtidos.

CONCLUSÃO

Determinações mais precisas acerca do sistema cardiovascular seriam necessárias para um maior e melhor acompanhamento das variáveis hemodinâmicas analisadas, tais como Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial (MAPA), além da variabilidade da frequência cardíaca, antes, durante e após o exercício, o que nos forneceria respostas mais precisas sobre a atuação simpática e parassimpática no coração.

Ainda, a não determinação (devido ao alto custo financeiro) de gases responsáveis pela vasodilatação, como o óxido nítrico, que possivelmente tenha contribuído para a redução da FC_{rep} , bem como a análise de componentes corporais por meio de métodos padrões-ouro, como a técnica de Absorciometria de raio-x de dupla energia (DEXA), configuram-se como as principais limitações de nosso estudo.

Além disso, para respostas mais acuradas sobre as variáveis glicêmicas e insulinêmicas, sugerimos, como proposição futura, a realização da técnica de biópsia muscular a fim de determinar as expressões proteicas e/ou gênicas de sinalizadores moleculares relacionados à captação e metabolização de glicose, pois, mesmo ao final do experimento, notamos pouca variabilidade nas análises bioquímicas relacionadas a esse importante substrato.

REFERÊNCIAS

- 1-Alam, S.; Stolinski, M.; Pentecost, C.; Boroujerdi, M. A.; Jones, R. H.; Sonksen, P. H.; Umpleby, A. M. The effect of a six-month exercise program on very low-density lipoprotein apolipoprotein B secretion in type 2 diabetes. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*. Vol. 89. Num. 2. 2004. p. 688-694.
- 2-Almeida, M. B.; Araújo, C. G. Efeitos do treinamento aeróbio sobre a frequência cardíaca. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 9. Num. 2. 2003. p. 104-112.
- 3-Amaral, S. L.; Zorn, T. M.; Michelini, L. C. Exercise training normalizes wall-to-lumen

ratio of the gracilis muscle arterioles and reduces pressure in spontaneously hypertensive rats. *Journal of hypertension*. Vol. 18. Num. 11. 2000. p. 1563-1572.

4-American Diabetes Association-ADA. Standards of medical care in diabetes-2010. *Diabetes Care*. Vol. 33. Num. Suppl 1. 2010. p. S11-61.

5-Björngaas, M. R.; Vik, J. T.; Stølen, T.; Lydersen, S.; Grill, V. Regular use of pedometer does not enhance beneficial outcomes in a physical activity intervention study in type 2 diabetes mellitus. *Metabolism: clinical and experimental*. Vol. 57. Num. 5. 2008. p. 605-611.

6-Boulé, N. G.; Haddad, E.; Kenny, G. P.; Wells, G. A.; Sigal, R. J. Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: meta-analysis of controlled clinical trials. *Journal of the American Medical Association*. Vol. 286. Num. 10. 2001. p. 1218-1227.

7-Boulé, N. G.; Weisnagel, S. J.; Lakka, T. A.; Tremblay, A.; Bergman, R. N.; Rankinen, T.; Leon, A. L.; Skinner, J. S.; Wilmore, J. H.; Rao, D. C.; Bouchard, C. Efeitos do treinamento físico na homeostase da glicose: o Estudo da Família HERITAGE. *Diabetes Car.* Vol. 28, Num. 1. 2005. p. 108-114.

8-Brasil, Ministério da Saúde. Indicadores e dados básicos para a saúde – IDB. 2006.

9-Cambri, L. T.; Decimo, J. P.; Souza, M.; Oliveira, F. R.; Gevaerd, M. S. Efeito agudo do exercício físico no perfil glicêmico e lipídico em diabéticos do tipo 2. *Motriz*. Vol.13. Num. 4. 2007. p. 238-248.

10-Cizmić, M.; Zivotić-Vanović, M.; Zivanić, S.; Dragojević, R. Effect of a two-week program of individually monitored physical activity on insulin resistance in obese non-insulin-dependent diabetics. *Vojnosanitetski pregljed*. Vol. 60. Num. 6. 2003. p. 683-690.

11-Cuff, D. J.; Meneilly, G. S.; Martin, A.; Ignaszewski, A.; Tildesley, H. D.; Frohlich, J. J. Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. Vol. 26. Num. 1. 2003. p. 2977-2982.

12-Goodyear, L. J.; Kahn, B. B. Exercise, glucose transport and insulin sensitivity. *Annual review of medicine*. Vol. 49. 1998. p. 235-261.

13-Higashi, Y. M.; Yoshizumi, M. Exercise and endothelial function: role of endothelium-derived nitric oxide and oxidative stress in health subjects and hypertensive patients. *Pharmacology & therapeutics*. Vol. 102. Num. 1. 2004. p.87-96.

14-Holton, D. R.; Colberg, S. R.; Nunnold, T.; Parson, H. K.; Vinik, A. I. The effect of an aerobic exercise training program on quality of life in type 2. *The Diabetes educator*. Vol. 29. Num. 5. 2003. p. 837-846.

15-International Diabetes Federation-IDF. *Diabetes Atlas*. 5th ed. Brussels: International Diabetes Federation. 2011.

16-Jackson, A. S.; Pollock, M. L. Practical assessment of body composition. *The Physician and Sportsmedicine*. Vol. 13. Num. 5. 1985. p.76-90.

17-Kadoglou, N. P. E.; Iliadis, F.; Liapis, C. D.; Perrea, D.; Angelopoulou, N.; Alevizos, M. Beneficial effects of combined treatment with rosiglitazone and exercise on cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. Vol. 30. Num. 9. 2007. p. 2242-2244.

18-Karvonen, M. J.; Kentala, E.; Mustala, O. The effects of training on heart rate: a "longitudinal" study. *Annales medicinae experimentalis et biologiae Fenniae*. Vol. 35. Num. 3. 1957. p. 307-315.

19-Kelley, D. G.; Goodpaster, B. H. Effects of exercise on glucose homeostasis in type 2 diabetes mellitus. *Medicine and science in sports and exercise*. Vol. 33. Num. Suppl. 6. 2001. p. S495-S501.

20-Kirk, A.; Mutrie, N.; MacIntyre, P.; Fisher, M. Effects of a 12-month physical activity counselling intervention on glycaemic control and on the status of cardiovascular risk factors in people with Type 2 diabetes. *Diabetologia*. Vol. 47. Num. 5. 2004. p. 821-832.

21-Krinski, K.; Elsangedy, H. M.; Nardo Junior, N.; Soares, I. A. Efeito do exercício físico aeróbio e resistido no perfil antropométrico e

respostas cardiovasculares de idosos portadores de hipertensão. *Acta Scientiarum. Health Sciences*. Vol. 28. Num. 1. 2008. p. 71-75.

22-Matthews, D. R.; Hosker, J. P.; Rudenski, A. S.; Naylor, B. A.; Treacher, D. F.; Turner, R. C. Homeostasis model assessment: insulin resistance and B-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. Vol. 28. Num. 7. 1985. p. 412-419.

23-Monteiro, M. F.; Sobral Filho, D. C. Exercício físico e o controle da pressão arterial. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 10. Num. 6. 2004. p. 513-516.

24-Nathan, D.M.; Turgeon, H.; Regan, S. Relationship between glycated haemoglobin levels and mean glucose levels over time. *Diabetologia*. Vol. 50. Num. 11. 2007. p. 2239-2244.

25-O'Donovan, G.; Kearney, E. M.; Nevill, A. M.; Woolf-May, K.; R Bird, S. R. The effects of 24 weeks of moderate-or high-intensity exercise on insulin resistance. *European journal applied physiology*. Vol. 95. Num. 5-6. 2005. p. 522-528.

26-Picon, P. X.; Leitão, C. B.; Gerchman, F.; Azevedo, M. J.; Silveiro, S. P.; Gross, J. L.; Canani, L. H. Medida da cintura e razão cintura/quadril e identificação de situações de risco cardiovascular: estudo multicêntrico em pacientes com diabetes melito do tipo 2. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*. Vol. 51. Num. 3. 2007. p. 443-449.

27-Rhéaume, C.; Waib, P. H.; Lacourcière, Y.; Nadeau, A.; Cléroux, J. Effects of mild exercise on insulin sensitivity in hypertensive subjects. *Hypertension*. Vol. 39, Num. 5. 2002. p.989-995.

28-Richardson, R. S.; Duteil, S.; Wary, C.; Wray, D. W.; Hoff, J.; Carlier, P. G. Human skeletal muscle intracellular oxygenation: the impact of ambient oxygen availability. *The Journal of physiology*. Vol. 571. Num. Pt 2. 2006. p. 415-424.

29-Roveda, F.; Middlekauff, H. R.; Rondon, M. U. P. B.; Reis, S. F.; Souza, M., Nastari, L.; Barretto, A. C. P.; Krieger, E. M.; Negrão, C. E.

The effects of exercise training on sympathetic neural activation in advanced heart failure: a randomized controlled trial. *Journal of the American College of Cardiology*. Vol. 42. Num. 5. 2003. p. 854-860.

30-Sigal, R. J.; Kenny, G. P.; Wasserman, D. H.; Castaneda-Sceppa, C. Physical activity/exercise and type 2 diabetes. *Diabetes Care*. Vol. 27. Num. 10. 2004. p. 2518-2539.

31-Silva, C. A.; Lima, W. C. Efeito benéfico do exercício físico no controle metabólico do diabetes mellitus tipo 2 à curto prazo. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*. Vol. 46. Num. 5. 2002. p.550-556.

32-Snowling, N. J.; Hopkins, W.G. Effects of different models of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients. *Diabetes Care*. Vol. 29. Num. 11. 2006. p. 2518-2527.

33-Sociedade Brasileira de Diabetes, SBD. Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes: 2014-2015. org.: Oliveira, J.E.P.; Vencio, S. São Paulo: AC Farmacêutica. 2015.

34-Stewart, K. J. Role of exercise training on cardiovascular disease in persons who have type 2 diabetes and hypertension. *Cardiology clinics*. Vol. 22. Num. 4. 2004. p. 569-586.

35-Véras-Silva, A. S.; Mattos, K. C.; Gava, N. S.; Brum, P. C.; Negrão, C. E.; Krieger, E. M. Low-intensity exercise training decreases cardiac output and hypertension in spontaneously hypertensive rats. *The American journal of physiology*. Vol. 273. Num. 6. 1997. p. H2627-H2631.

Recebido para publicação em 27/06/2020

Aceito em 12/12/2021