

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA
CURSO DE FISIOTERAPIA

RESPOSTAS AGUDAS E CRÔNICAS DO EXERCÍCIO EM ERGÔMETRO DE BRAÇO
NA GLICEMIA DE PACIENTES COM DIABETES TIPO-2.

MARIANA ASSIS DE OLINDA
REGIANE NUNES RABELO

BRASÍLIA
2008

MARIANA ASSIS DE OLINDA
REGIANE NUNES RABELO

RESPOSTAS AGUDAS E CRÔNICAS DO EXERCÍCIO EM ERGÔMETRO DE BRAÇO
NA GLICEMIA DE PACIENTES COM DIABETES TIPO-2.

Projeto de pesquisa apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso - TCC como requisito parcial à conclusão do Curso de Fisioterapia na Universidade Católica de Brasília – UCB.

Orientadora: Prof^a Dra. MSc. Carmen Sílvia Grubert Campbell

Co-Orientador: Prof. MSc. Sérgio Rodrigues Moreira

BRASÍLIA

2008

RESPOSTAS AGUDAS E CRÔNICAS DO EXERCÍCIO EM ERGÔMETRO DE
BRAÇO NA GLICEMIA DE PACIENTES COM DIABETES TIPO-2

Mariana Assis de Olinda*, Regiane Nunes Rabelo *

* Fisioterapeutas graduandas pela Universidade Católica de Brasília – UCB

Autor responsável: Carmen Sílvia Grubert Campbell

Endereço para correspondência: EPCT QS 07, LT1 s/n - Bloco G - Sala 112
72030-170 - Águas Claras - DF – Brasil E-mail: campbellcsg@gmail.com

RESUMO

Os objetivos do estudo foram verificar o efeito crônico do treinamento em ergômetro de braço na glicemia de repouso em diabéticos melitus tipo 2 (DM₂), analisar o efeito do exercício agudo na glicemia pós-exercício e investigar os efeitos de um mês de treinamento em ergômetro de braço sobre o índice de massa corporal (IMC) e circunferência de braço (CB). Dez indivíduos diagnosticados com DM₂ há 12,7± 9,8 anos (seis homens e quatro mulheres; 60,8±8,8 anos; 70,9±12,8kg;) foram submetidos à avaliação cardiovascular, preenchimento de histórico de saúde, avaliação antropométrica, circunferência dos braços direito (CBD) e esquerdo (CBE) e a testes incrementais pré e pós-treinamento de 4 semanas (TI1/PRÉ-T e TI2/PÓS-T) iniciados com carga de 0Kp a 60 RPM e incrementos de 0,1Kp a cada estágio de três min pré e pós-treinamento de quatro semanas. Após realização do TI1 os voluntários realizaram duas sessões semanais de 20 min de exercício à intensidade entre 75 e 79% da frequência cardíaca máxima predita para a idade. Não houve diferença significativa ($p=0,52$) entre a glicemia de repouso PRÉ-T(160±93mg. dL⁻¹) e PÓS-T(187± 4mg.dL⁻¹). Ao analisar a variação percentual da glicemia na condição PÓS-T verificou-se redução significativa (-14%; $p=0,02$) na média de 60 min da recuperação pós TI2 quando comparada ao repouso pré TI2 o que não foi observado no PRÉ-T (-6%). Durante as quatro semanas (oito sessões) de treinamento observou-se queda média significativa ($p<0,01$) da glicemia de 160mg. dL⁻¹ em repouso para 126mg.dL⁻¹ pós-exercício. Após o treinamento observou-se redução significativa do IMC ($p<0,05$; PRÉ-T - 27,3 kg.m²⁽⁻¹⁾ e PÓS-T - 26,8 kg.m²⁽⁻¹⁾) e aumento significativo das circunferências de braço (CBD PRÉ-T/PÓS-T - 30,0/31,9cm e CBE 29,4/31,3cm). Conclui-se que o treinamento de quatro semanas em ergômetro de braço promoveu queda significativa da glicemia durante a recuperação pós TI2, bem como após as oito sessões de treinamento em relação ao repouso, além de promover aumento significativo das CBD e CBE e redução significativa do IMC em pacientes com DM₂.

Palavras Chaves: atividade física, treinamento, controle glicêmico.

ABSTRACT

The purpose of the study was to verify the chronic effect of arm ergometer training on the glycemia in type 2 diabetics (T₂DM) and to analyze the effect of acute exercise on post-exercise glycemia during a month of training. Ten individuals with T₂DM for 12.7±9.8 years (six men and four women; 60.8±8.8 years; 70.9±12.8kg.) were submitted to cardiovascular evaluation, filling out a health history, anthropometric evaluation, right (RAC) and left (LAC) arm circumference and pre and post a four-week training incremental tests (IT1/PRÉ-T and IT2/PÓS-T), starting with an exercise load of 0kp at 60 RPM and with increments of 0.1Kp at each three minute stage. After IT1, the volunteers trained twice a week, with did two weekly sections of 20 min of exercise at intensity between 75 and 79% of the maximum heart rate frequency predicted for the age. There was no significant difference ($p=0.52$) between the glycemia response PRÉ-T (160±93mg.dL⁻¹) and POST-T (187±64mg.dL⁻¹). When analyzing the delta variation of glycemia at the POST-T condition, a significant reduction ($p=0.02$) was verified during 60 min of recovery for IT2 when compared to the pre-IT2 (POS-T -14%), but this was not observed on the PRE-T (-6%). During the four weeks (eight sessions) of training, a significant mean decrease ($p<0.01$) of glycemia from 160mg.dL⁻¹ to 126mg.dL⁻¹ was observed. The BMI (body mass index)

had a significant reduction ($p < 0.05$), (PRE-T – 27.3 kg.m² (-1) POST-T – 26.8 kg.m² (-1)) after four weeks of training, and the arm circumference increased significantly (RAC PRE-T/POS-T 30.0/31.9 and LAC 29.4/31.3cm). We can conclude that the four-week training in a arm ergometer induced a significant decrease of the glycemia during the 60min post-IT2 recovery as well as a significant decrease of the glycemia after the eight sections of training in relation to rest. In addition, the arm ergometer exercise during four weeks resulted in a significant increase of the RAC and LAC and significantly reduced BMI in patients with DM₂.

Key words: physical activity, training, glycemic control.

INTRODUÇÃO

O Diabetes Mellitus (DM) é uma síndrome de etiologia múltipla, decorrente da falta de insulina e/ou da incapacidade da insulina em exercer adequadamente seus efeitos, sendo caracterizada por hiperglicemia crônica (glicemia de jejum ≥ 126 mg.dL⁻¹), freqüentemente acompanhada de dislipidemia, hipertensão arterial e disfunção endotelial^(1,2,3.).

O DM tipo 2 (DM₂), corresponde entre 85 e 90% do total de casos de DM⁽¹⁾ e é caracterizado por “resistência à insulina” que leva a defeitos na sua ação ^(4,5). Os 150 milhões de casos diagnosticados de DM₂ no mundo se devem a predisposição genética e a fatores ambientais, como hábitos alimentares, sedentarismo, e envelhecimento da população ^(4,6).

A resistência à insulina afeta principalmente o músculo esquelético (ME), responsável por aproximadamente 85% da captação de glicose, resultando em hiperglicemia crônica ⁽⁷⁾, sendo o ME responsável por aproximadamente 30% do dispêndio de energia ⁽⁸⁾.

Durante o exercício físico, o aumento da captação de glicose pela célula ocorre independentemente da insulina, por meio do transportador de glicose GLUT-4 o qual é sensível à atividade contrátil muscular, ^(19,22) sendo mais translocado para a membrana e aumentando a captação de glicose durante o exercício físico, enquanto a secreção da insulina está inibida pela adrenalina nesse momento. Por ser o controle glicêmico de fundamental importância para o controle do avanço e surgimento das complicações associadas ao DM₂, o exercício físico tem sido bastante recomendado para essa população.

Os benefícios do exercício para o DM₂ vão além da melhora do controle glicêmico^(3,6,9), incluindo redução do risco cardiovascular^(3,10), melhora da eficiência cardíaca⁽⁶⁾, redução de peso⁽³⁾, redução do triglicerídeos e aumento do HDL colesterol⁽⁶⁾ e melhora a auto-estima⁽³⁾.

Esse efeito hipoglicemiante do exercício físico pode se prolongar por horas e até dias⁽²⁷⁾, sendo a prática de atividade física, associada à perda de peso, uma das indicações mais apropriadas para atenuar a resistência à insulina e controlar a glicemia⁽⁹⁾.

O exercício em ergômetro de braço (EB) é uma alternativa também para indivíduos com DM₂ que têm limitações nos membros inferiores como pacientes lesado medular, pacientes pé diabéticos com ulcerações e até mesmo amputação causada pela neuropatia periférica. Contudo, há carência de estudos na literatura sobre o efeito do exercício agudo e crônico em ergômetro de braço na redução da glicemia.

Os objetivos desse estudo foram verificar o efeito crônico do treinamento em EB sobre a glicemia de repouso de indivíduos portadores de DM₂, analisar o efeito agudo na glicemia pós-exercício em função de um mês de treinamento e investigar os efeitos de quatro semanas de treinamento em EB sobre o Índice de Massa Corporal (IMC) e circunferência de braços (CB).

MATERIAIS E MÉTODOS

AMOSTRA

A amostra foi composta por dez voluntários ativos portadores de DM₂ de ambos os sexos (seis homens e quatro mulheres) com idades entre 42 e 71 anos, dos quais três faziam uso de insulina (NPH) com doses entre 15 a 40 ui e o restante faziam uso de hipoglicemiantes orais no período matutino e noturno. Em virtude de perda de amostras sanguíneas durante análise da glicemia pelo método eletroenzimático, os dados referentes à glicemia foram referentes a sete indivíduos, bem como para analisar o índice de massa corporal foram utilizados nove indivíduos e para circunferência de braço dez indivíduos. As características dos voluntários estão apresentadas na tabela 1.

TABELA 1 – Média (\pm DP) das características gerais da amostra (n=10).

	Idade (anos)	Estatua (m)	Peso (kg)	Tempo de diagnóstico do DM ₂	Glicemia Repouso (mg.dL ⁻¹) (n=7)
Média	60,8	160	70,9	12,7	160
\pm DP	8,8	1	12,8	9,8	93

Os Critérios de Inclusão no estudo foram:

- Não apresentar problemas cardiovasculares, respiratórios ou problema ortopédico que pudesse impossibilitar a realização dos procedimentos;
- Ter entre 40 e 75 anos de idade e ser portador de DM₂;
- Frequentar a fisioterapia do Hospital da Universidade Católica de Brasília (HUCB) que consistia em realizar alongamento, exercício aeróbio na esteira ou bicicleta e exercício resistido durante duas a três vezes por semana com duração de 45-60min cada sessão.

Todos os participantes foram informados dos propósitos, possíveis desconfortos, riscos e benefícios do estudo, assim como assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo A) antes do início dos testes e preencheram um questionário de histórico de saúde (Anexo B).

PROCEDIMENTOS GERAIS

Após aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da SES/DF (CEP/SES 055/2007), os voluntários foram recrutados no Hospital da UCB (HUCB). Inicialmente os participantes foram submetidos à avaliação cardiovascular com o médico responsável e ao preenchimento de anamnese sobre suas características individuais, medicações utilizadas e outros fatores de risco associados ao diabetes. Além disso, foi realizada avaliação antropométrica do peso, estatura, IMC e circunferências dos braços direito (CBD) e esquerdo (CBE) com cotovelo e ombro flexionados a 90° e na posição contraída. Em seguida, os voluntários realizaram um teste incremental em EB (Salazar, DF, Brasil) pré (PRÉ-T) e pós -treinamento (PÓS-T) neste mesmo equipamento.

O teste incremental um (TI1) realizado pré-treinamento possibilitou a determinação da carga de treinamento que seria utilizada durante as quatro semanas subsequentes. Após a determinação do limiar de lactato (LL) ⁽¹⁰⁾, os voluntários realizaram em dias distintos sessões de 20min de exercício em uma frequência de duas vezes por semana em intensidade correspondente ao limiar de lactato ou entre 75-79% da frequência cardíaca máxima (FC_{máx}) predita para a idade, visto que este valor correspondeu ao LL apresentado nos voluntários em que sua identificação foi possível.

Todas as sessões de treinamento foram realizadas no mesmo horário do dia para o mesmo voluntário (manhã – 8 às 10h ou tarde – 14 às 16h), entre 2h e 2h

30min pós-prandial e com 48h de intervalo entre as sessões. Os procedimentos gerais adotados no presente estudo estão exemplificados na figura 1.

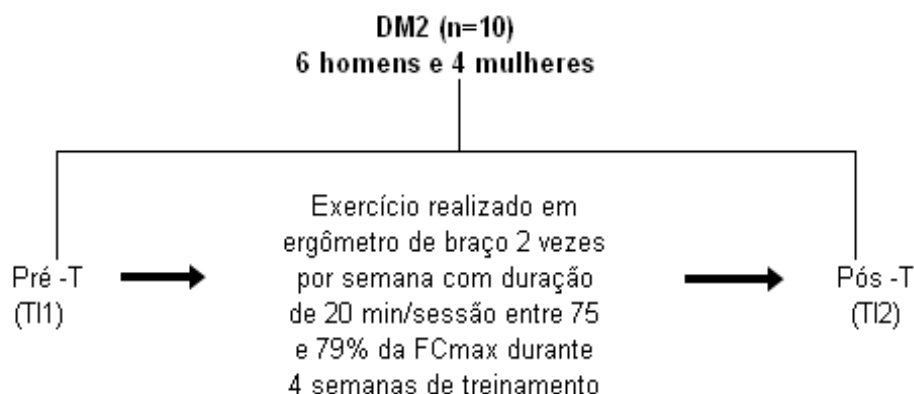


FIGURA 1- Design experimental adotado. T11 – teste incremental 1 realizado no pré-treinamento (PRÉ-T); T12 – realizado no pós-treinamento (PÓS-T).

PROCOLOS EXPERIMENTAIS

Teste incremental pré (T11) e pós-treinamento (T12) em ergômetro de braço.

O T11 foi realizado para se determinar o LL, bem como para realizar o eletrocardiograma de esforço, a fim de verificar possíveis alterações cardíacas que pudessem impossibilitar a participação dos voluntários no estudo. O LL foi identificado a partir da curva de inflexão de lactato plotada contra a carga de exercício, onde o significado fisiológico deste momento representa um equilíbrio entre a taxa de produção e remoção deste metabólito ⁽¹⁰⁾.

Nesta sessão, antes da realização do T11, os voluntários foram submetidos a um eletrocardiograma de repouso (ECG), acompanhado por um cardiologista. Em seguida, os voluntários ficaram em repouso (sentados durante 20min em uma cadeira com encosto, com os pés apoiados no chão em um ângulo de 90°) e tiveram a mensuração da glicemia. Para mensuração da glicemia foram coletados 25µl de sangue capilarizado do lóbulo da orelha e depositado em microtúbulos eppendorfs

para posterior análise bioquímica (Yellow Springs Instruments 2700 STAT, Ohio, EUA).

O TI foi iniciado com uma carga de 0kp a 60 rotações por minuto (RPM), e incrementos de 0,1kp foram acrescentados a cada estágio de três minutos. O teste foi interrompido por fadiga voluntária, considerada quando as 60 RPM não eram mantidas durante um minuto, Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) 16 ou quando o indivíduo atingisse 85% da FC_{máx} predita, calculada pela fórmula “ $FC_{máx} = 208 - (0,7 * idade)$ ”(11).

Para monitorar a intensidade do exercício durante os testes, ao final de cada estágio do TI o voluntário indicava um valor correspondente a Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) na Escala de Borg de 15 pontos (12).

Sessão de exercício submáximo em ergômetro de braço

As sessões de exercício durante o treinamento tiveram duração de 20 minutos e foram realizadas duas vezes por semana com cargas individualizadas que induzissem uma faixa de FC entre 75 e 79% da FC máx predita para idade. Inicialmente, os voluntários ficaram em repouso (sentados com os pés apoiados no chão em um ângulo de 90°) e tiveram a mensuração da glicemia de repouso conforme a sessão TI. Coletou-se também uma amostra de sangue para dosagem da glicemia imediatamente após o exercício.

Os voluntários, em condição alimentada (entre 2h e 2h30min pós-prandial) realizaram oito sessões de exercício em ergômetro de braço duas vezes por semana no período matutino ou vespertino durante quatro semanas de treinamento. Durante a realização das sessões de treinamento, a mesma poderia ser interrompida nas seguintes condições: quando o voluntário não conseguisse manter as 60 rotações

por minuto (após já ter sido reduzido sua carga) e FC superior a 79% da FC máxima predita para a idade.

VARIÁVEIS MENSURADAS

Glicemia

Após assepsia local com álcool a 70% e algodão, amostras de 25µl de sangue foram coletadas do lóbulo da orelha por meio de lanceta descartável (Accu-check Softclix Pro, Roche, Alemanha) e o sangue, era colocado em capilares de vidro heparinizados (Perfecta, Brasil) e posteriormente depositado em microtubolos da marca Eppendoff contendo 50µl de Fluoreto de Sódio (NaF) a 1%. A primeira gota de sangue foi desprezada, a fim de evitar contaminação da amostra com suor do voluntário. As amostras de sangue foram armazenadas no freezer até o momento das dosagens. As concentrações de glicemia foram determinadas pelo método eletro-enzimático, pelo analisador bioquímico de lactato e glicose (Yellow Springs Instruments 2.700 STAT, Ohio, EUA) do laboratório de Educação Física e Saúde da UCB.

Em alguns momentos foi utilizada a análise da glicemia capilar por meio de um glicosímetro (Accu-Check Advantage II Roche, Alemanha) com o objetivo de se prevenir casos de hipoglicemia ou hiperglicemia durante os procedimentos. Se as mesmas ocorressem, devidas providências eram tomadas para assegurar o bem estar do voluntário e, caso não ocorressem, o teste poderia continuar sendo conduzido com segurança. Caso o voluntário estivesse com glicemia menor que 100 mg.dl⁻¹) o mesmo recebia biscoitos de água e sal para normalizar a mesma e posteriormente realizava o teste com segurança. Caso o voluntário estivesse com hiperglicemia (glicemia maior que 240mg. dL⁻¹) o voluntário não realizava os procedimentos e retornava em outro dia⁽⁷⁾.

AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

A avaliação antropométrica foi realizada Pré-T e Pós-T de quatro semanas no laboratório de Atividade Física e treinamento (LAFIT) da UCB. Foi mensurada a circunferência dos braços direito e esquerdo na região bicipital (linha média) com flexão de ombro e de cotovelo a 90°, na posição contraída, por meio de uma fita antropométrica com precisão de 0,1cm (Sanny, AMB, Brasil). Foi realizada também a mensuração da estatura por meio de um estadiômetro com precisão de 0,1cm (Sanny, AMB, Brasil). Para a medição da massa corporal foi utilizada uma balança com precisão de 0,1 (Toledo, Brasil) e para o Índice de Massa corporal (IMC) adotou-se $IMC = \text{peso em kg} / (\text{altura em m})^2$.

PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

A análise estatística dos dados foi realizada a partir de procedimentos de média, desvio padrão e erro padrão da média. Comparações entre as condições pré e pós-treinamento, bem como entre repouso pré-teste incremental e recuperação foram realizados a partir do Teste t de student pareado. O nível de significância adotado no estudo foi $p < 0,05$ e valores tendenciosos até $p = 0,07$ foram considerados para apresentação dos resultados e discussão. O software utilizado foi o GraphPad PRISMA® versão 3.0.

RESULTADOS

A tabela 2 apresenta os valores absolutos de glicemia (GLIC) verificados nas condições de repouso pré-exercício e recuperação pós-exercício para ambos os testes incrementais realizados no pré e pós-treinamento em ergômetro de braço.

TABELA 2 – Resultados médios (\pm DP) dos valores absolutos de glicemia (GLIC) no teste incremental um (TI1) realizado no pré-treinamento (PRÉ-T) e no teste incremental dois (TI2) realizado no pós-treinamento (PÓS-T) de quatro semanas em ergômetro de braço em indivíduos DM₂ (n=07).

	REP	REC15	REC30	REC45	REC60
GLIC (mg. dL ⁻¹) PRÉ-T (TI1)	160 \pm 93	160 \pm 81	160 \pm 93	146 \pm 48	136 \pm 43
GLIC (mg. dL ⁻¹) PÓS-T (TI2)	187 \pm 64	167 \pm 44	170 \pm 62	143 \pm 51	158 \pm 58

REP – repouso pré-teste incremental; REC15-REC60 – minutos da recuperação pós-teste incremental (TI).

Ao analisar o efeito crônico do treinamento em ergômetro de braço, verificou-se que a glicemia de repouso de indivíduos portadores de DM₂ não foi diferente quando comparados PRÉ-T e PÓS-T (Figura 2; $p>0,05$).

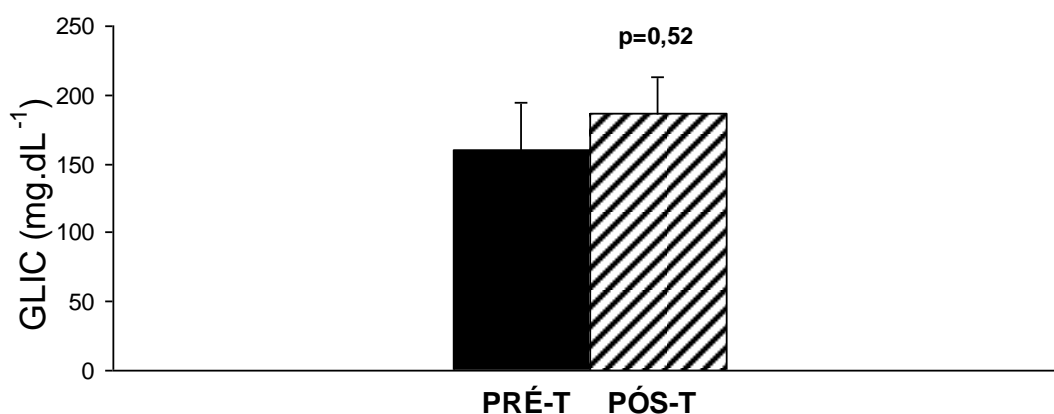


FIGURA 2 - Comparação da glicemia de repouso (GLIC) de indivíduos com DM₂ pré teste incremental um (PRÉ-T) e pré teste incremental dois (PÓS-T) em ergômetro de braço (n=07). $p=0,52$ em relação ao PRÉ-T.

A figura 3 apresenta os valores médios da variação percentual da glicemia ($\Delta\%$) do repouso pré-exercício para a recuperação pós-exercício no teste incremental (TI) nas condições pré e pós-treinamento. Ao analisar o $\Delta\%$ de glicemia na condição PÓS-T (TI2) verificou-se redução significativa na média da glicemia durante os 60min da recuperação do TI2 quando comparado ao repouso ($p=0,02$). Já para a condição pré-treinamento (TI1) não foi observada diferença no $\Delta\%$ de glicemia entre repouso e média de uma hora da recuperação do TI1 ($p=0,20$). Quando comparada glicemia média durante uma hora da recuperação do TI1 e TI2, entre as condições pré e pós-treinamento, ocorreu tendência à diferença significativa entre os resultados obtidos ($p=0,06$).

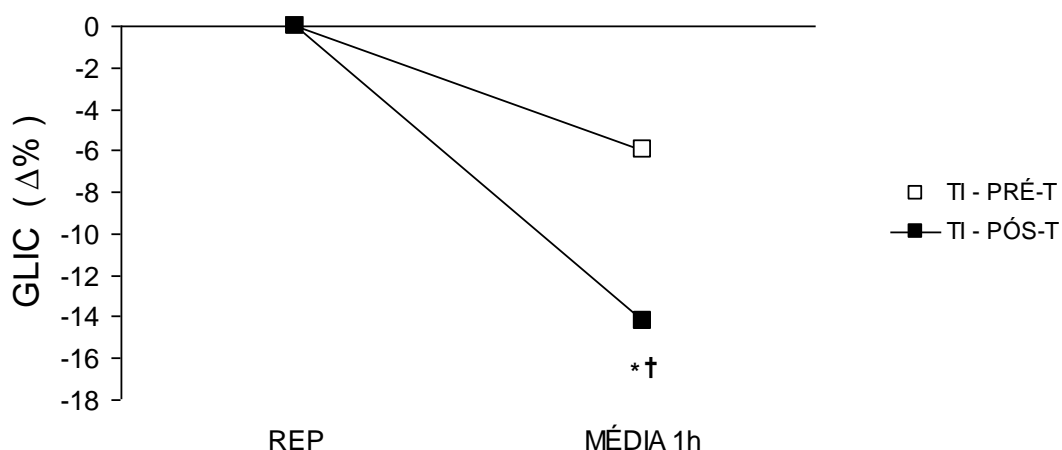


FIGURA 3 – Variação percentual ($\Delta\%$) da glicemia (GLIC) do repouso (REP) pré-exercício para a recuperação pós-exercício (MÉDIA 60min) incremental (TI) em ergômetro de braço, no pré-treinamento (PRÉ-T) e pós-treinamento (PÓS-T) ($n=07$). * $p<0,05$ em relação ao REP; † $p=0,06$ em relação ao PRÉ-T.

A tabela 3 apresenta os resultados médios e desvio padrão ($\pm DP$) dos valores absolutos da glicemia, bem como variação da glicemia de repouso em mg. dL^{-1} (ΔGlic) e em porcentagem ($\Delta\% \text{ Glic}$) pré-sessões e imediatamente após oito sessões de exercício durante as quatro semanas de treinamento. Foi observada diferença

significativa ($p < 0,01$) na queda média da glicemia induzida pelas oito sessões de exercício quando comparada à média do repouso pré-sessões ($n=8$).

TABELA 3 - Resultados médios ($\pm DP$) dos valores absolutos de glicemia (GLIC), variação da glicemia de repouso em mg.dL^{-1} (Δ Glic) e em percentagem ($\Delta\%$ Glic) pré-sessões e imediatamente após oito sessões de treinamento pós exercício ($n=8$)

	Glic. Rep. Pré sessões de exercício (mg. dL^{-1})	Glic. Imed. Pós- sessões de exercício (mg. dL^{-1})	Δ Glic (mg.dL^{-1})	$\Delta\%$ Glic (mg.dL^{-1})
Média	160	126*	-34	-21
$\pm DP$	14	9	11	5

Glic Rep Pré- Glicemia de repouso pré-sessões de exercícios; Glic. Imed. Pós – Glicemia imediatamente pós-sessões de exercícios; Δ Glic – variação da glicemia de repouso; $\Delta\%$ Glic – percentual da variação de glicemia * $p < 0,01$ em relação a Glic. Rep. Pré

Os resultados médios ($\pm EPM$) do índice de massa corporal em função do treinamento crônico em ergômetro de braço foram calculados e observou-se redução no indicador de adiposidade analisado (IMC) que apresentou redução significativa no PÓS-T quando comparado com o PRÉ-T ($27,2 \pm 3,9$ para $26,9 \pm 3,8$) (Figura 4 $p < 0,05$).

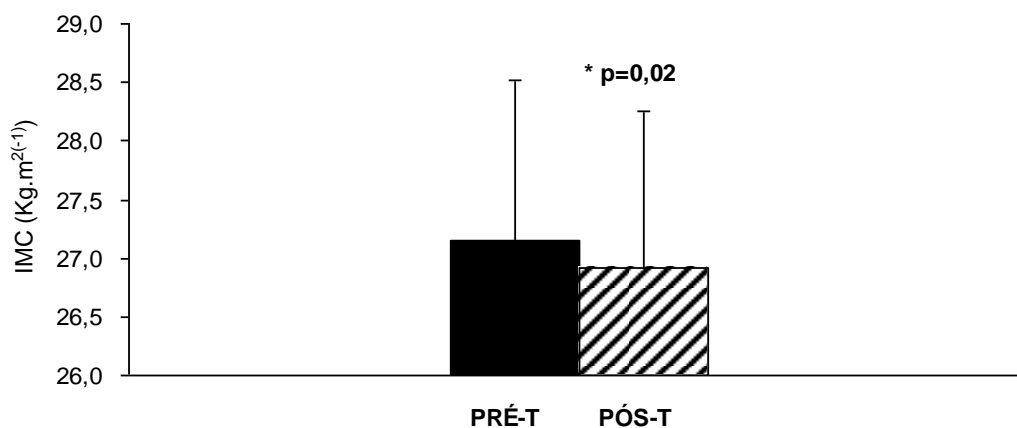


FIGURA 4 - Comparação do índice de massa corporal (IMC) dos indivíduos com diabetes DM₂ pré-treinamento (PRÉ-T) e pós-treinamento (PÓS-T) em ergômetro de braço ($n=09$). * $p < 0,05$ para diferença significativa em relação ao PRÉ-T

A figura 5 apresenta as médias ($\pm EPM$) das circunferências de braço direito (CBD) e esquerdo (CBE) no pré e pós-treinamento. Ambas as medidas de

muscularidade analisadas (CBD e CBE) apresentaram aumento significativo no pós-treino quando comparadas ao pré-treino ($p < 0,05$).

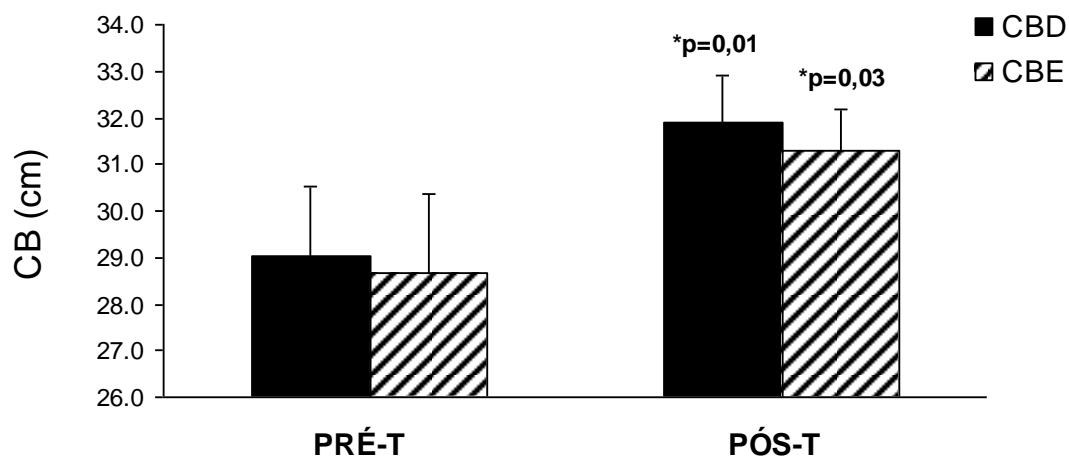


FIGURA 5 - Comparação da circunferência de braço direito (CBD) e esquerdo (CBE) dos indivíduos com DM₂ pré-treino (PRÉ-T) e pós-treino (PÓS-T) em ergômetro de braço (n=10). * $p < 0,05$ para diferença significativa em relação ao PRÉ-T

DISCUSSÃO

Os principais resultados do presente estudo foram:

A glicemia de repouso não mudou cronicamente;

Houve redução significativa da glicemia pós-exercício quando comparado ao repouso pré exercício na condição Pós- T; e tendência a redução da glicemia durante o período de recuperação pós exercício na condição Pós-T quando comparado ao Pré- T.

Redução significativa da glicemia de treinamento pós- exercício quando comparada ao repouso pré-sessões de exercício;

Redução do IMC e aumento da circunferência de braços Pós-T comparado ao repouso Pré-T;

Efeitos crônicos

Ao verificar o efeito crônico do treinamento na glicemia de repouso nos DM₂ não houve redução significativa de acordo com a Figura 1. Esta redução foi comprovada por alguns autores ^(13,14) e pode não ter sido observada por algumas limitações no estudo.

Tokmakidis et al ⁽¹⁵⁾ ao analisarem os efeitos combinados de um programa de exercícios resistidos de MMII (três séries de 12 repetições a 60% de 1RM) e exercícios aeróbios (caminhada 60-70% da FC_{máx}) em nove mulheres obesas pós menopausa, observaram após 16 semanas de treinamento, redução significativa da glicemia de jejum (média de repouso 144,2±16,7 mg.dl⁻¹ para 137,1±16,3mg.dl⁻¹) após 16 semanas, assim como melhora da tolerância à glicose e da ação insulínica.

Pratley et al⁽¹⁶⁾ ao estudarem os efeitos do exercício aeróbio moderado (caminhada, corrida leve e bicicleta) a 50-60% da FC de reserva três vezes por semana durante nove meses na resposta insulínica estimulada pela glicose em

indivíduos com mais de 65 anos de idade, verificaram mudanças significativas na resposta insulínica, mas não na redução de glicemia pós treinamento. Porém, Dunstan et al.⁽¹⁷⁾ ao realizarem um treinamento resistido de MMII de alta intensidade durante seis meses (oito séries de 10 repetições, com pausa de 90s a 120segundos entre as séries, com carga 50-60% de 1RM na primeira semana e 75-85% após segunda semana) em idosos diabéticos DM₂, três vezes por semana, não verificaram redução da insulina de jejum e glicemia após a intervenção, porém houve uma tendência na redução da glicemia, redução da hemoglobina glicada e aumento de força muscular.

O'Donovan et al.⁽¹⁸⁾ ao analisarem os efeitos de 24 semanas de exercício moderado a 60% do VO₂máx três sessões por semana e exercício de alta intensidade a 80% do VO₂máx duração, sobre a resistência insulínica, não verificaram diferença significativa entre os dois grupos na concentração de insulina e glicemia. Embora não tenha sido investigado o aumento da tolerância à glicose e da sensibilidade insulínica, o presente estudo demonstrou que o exercício crônico de quatro semanas em ergômetro de braço promoveu uma redução do peso corporal, resultando em redução significativa do IMC (Figura 4). Embora o IMC apresente limitações na identificação dos diferentes componentes da composição corporal (massa magra e gorda), este índice tem sua validade ⁽¹⁹⁾. Nesse sentido, a mensuração do IMC em DM₂ se torna importante, uma vez que a maioria deles apresenta resistência insulínica associada à obesidade. A redução do IMC em DM₂ pode estar acompanhada de uma redução no conteúdo de lipídios intramuscular, o que atenuaria a resistência insulínica, já que, segundo a teoria lipocêntrica, o conteúdo de lipídio intramuscular em excesso interfere negativamente inibindo processos intracelulares importantes para a translocação do GLUT-4⁽⁴⁾.

Neste estudo, observou-se também o aumento significativo na circunferência dos braços direito e esquerdo (Figura 5) o que pode estar relacionado com um possível aumento da massa muscular localizada dos membros superiores e, conseqüente melhora significativa na captação de glicose observada no T12 quando comparada ao T11, uma vez que o músculo é o principal tecido responsável pela captação de glicose independente da insulina. Deste modo, acredita-se que o mecanismo pelo qual a glicose é transportada para dentro do músculo envolva aumento na translocação de proteínas transportadores de glicose (GLUT-4) do meio intracelular para a superfície da membrana celular durante a contração muscular (19,20).

Efeito agudo

Ao analisar os valores médios da variação percentual da glicemia do repouso pré-teste incremental para a recuperação pós-teste incremental no T11 e no T12 respectivamente, houve diferenças significativas na média de uma hora da recuperação do PÓS-T (T12) (Figura 3). Este resultado sugere que as oito sessões de treinamento possam ter contribuído para uma maior captação de glicose (21) possivelmente por aumentar a translocação do GLUT-4 bem como por aumentar sua expressão gênica, como verificado por Lund et al.(19) e Kennedy et al.(22), assim como o aumento da massa muscular, com possibilidades de melhora da sensibilidade insulínica(23,24).

A redução do IMC e, aumento da circunferência dos braços nos leva a sugerir respectivamente redução da massa gorda e aumento da massa magra nos membros superiores durante a intervenção. Como a musculatura esquelética é o principal sítio responsável por 85% da captação da glicose (4), o aumento da circunferência dos braços, provavelmente em tecido muscular, pode ter contribuído para uma maior

captação de glicose e conseqüentemente redução da glicemia por meio da contração muscular, provavelmente devido a um aumento no conteúdo e maior translocação do GLUT-4 para membrana plasmática da célula, assim como uma maior ativação de proteínas chaves como IRS-1 e PI3K envolvidas no mecanismo inicial de translocação do GLUT 4. Apesar de ser consenso na literatura, não podemos afirmar que isso tenha ocorrido nos voluntários do presente estudo, pois estes fatos não foram investigados.

Embora o músculo esquelético nos DM₂ seja resistente à insulina, mantém-se sensível a captação de glicose por translocação do GLUT-4 ativado pela contração muscular durante o exercício físico ^(19,22).

A redução de peso corporal observada por meio da redução do IMC (Figura 4) é de fundamental importância para redução da glicemia e para atenuação da resistência insulínica comum nestes pacientes, pois é sabido que a resistência insulínica no músculo leva a menor translocação de GLUT-4 e a prejudicada captação de glicose, assim como o excesso de gordura intramuscular leva a menor sensibilidade insulínica ^(24,25). O exercício em ergômetro de braço promoveu a redução do peso corporal nos DM₂, que resultou na redução do IMC no presente estudo, contribuindo provavelmente para reduzir o conteúdo lipídico intramuscular, aumentando assim a sensibilidade insulínica e a captação muscular de glicose. Por estes motivos, o exercício físico tem sido sugerido como uma intervenção efetiva no aumento da oxidação lipídica e na atenuação da resistência insulínica ⁽²⁶⁾.

Ao comparar as médias da variação percentual da glicemia entre os momentos de repouso e de 60min de recuperação apenas no PRÉ-T (T11) não se observou diferenças significativas. Embora não houvessem diferenças estatísticas, ocorreu a queda glicêmica, provavelmente por aumentar a atividade contrátil do

músculo. Lund et al.⁽¹⁹⁾ ao compararem a translocação do GLUT 4 para a membrana plasmática em indivíduos DM₂ comparados com indivíduos saudáveis, observaram que os indivíduos DM₂ tem menor quantidade de GLUT 4 na membrana plasmática, sendo assim, se torna importante a realização de exercício físico, por promover maior translocação do GLUT 4 independente de insulina, reduzindo não só a glicemia, mas também a hiperinsulinemia.

Hiyane et al.⁽²¹⁾, investigaram a resposta glicêmica de 10 indivíduos diabéticos durante os 10min e 20min de exercício em cicloergômetro e durante 120min de recuperação após o exercício agudo a 90% e 110% do limiar anaeróbio (LA). Foram observadas diferenças estatisticamente significativas na redução da glicemia durante o exercício. A maior queda absoluta da glicemia ocorreu aos 90min e 120min de recuperação pós exercício ($p < 0,001 - 63 \pm 30 \text{mg.dL}^{-1}$) na intensidade de 90% do LA, enquanto que na intensidade de 110% a maior queda ocorreu aos 120min de recuperação pós exercício ($-70 \pm 45 \text{mg.dL}^{-1}$). No presente estudo, houve uma redução de -34mg.dL^{-1} ao comparar a glicemia de repouso pré sessões com a glicemia imediatamente após 8 sessões de treinamento. Enquanto que no estudo de Hiyane et al.⁽²¹⁾ a queda da glicemia foi praticamente o dobro. Isso provavelmente devido ao exercício físico ter sido realizado com membros inferiores, envolvendo, portanto, maior grupo de massa muscular e maior captação de glicose.

Conclui-se que o treinamento de quatro semanas em ergômetro de braço promoveu queda média significativa da glicemia durante a recuperação pós T12 bem como após as oito sessões de treinamento em relação ao repouso, além de promover aumento significativo das CBD e CBE e redução significativa do IMC em pacientes com DM₂.

Limitações do estudo

A redução crônica da glicemia pôde não ter sido observada neste estudo devido ao baixo número amostral, perda de amostras sanguíneas, desvio padrão elevado, não padronização da alimentação e ao tipo de exercício, visto que no presente estudo foi realizado exercício com membros superiores (MMSS) e os estudos na literatura são relacionados com os exercícios de membros inferiores (MMII) e, portanto maior massa muscular envolvida e conseqüentemente maior tecido consumidor de glicose.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Consenso Brasileiro de Diabetes. Diagnóstico e classificação do diabetes melito e tratamento do diabetes melito do tipo 2. Sociedade Brasileira de Diabete. 2002; 5-11.
2. Ding H, Triggle CR. Endothelial cell dysfunction and the vascular complications associated with type 2 diabetes: assessing the health of the endothelium. School of Medical Sciences. 2005; 55–71.
3. Silva CA, Lima WC. Efeito benéfico do exercício físico no controle metabólico do diabetes mellitus tipo 2 à curto prazo. Arq. Bras. Endocrinol Metab. 2002; 46 (5): 550 -56.
4. Hays NP, Galasseti PR , Coker RH. Prevention and treatment of type 2 diabetes: Current role oflifestyle, natural product and pharmacological interventions. Elsevier. 2008;118 :181-191.
5. Nuutila P, koivisto, V A , Knuuti, Nuotsalainen JU; Teras M, Haaparanta, M, Bergman J, Solin O, Voipio-Pulkki L.M, Wegelius U et al. glucose-free fatty acid cycle operates in human heart and skeletal muscle in vivo. The journal of clinical investigation, v.89, n.6, p.1767-1774, 1992.
6. Bergue GVD, Wouters P, Weekers F, Verwast C, Bruyninckx F, Schetz M, et al. Intensive insulin therapy in critically ill patients. The New England Journal of Medicine. 2001; 345 (19): 1359-66.
7. Albuquerque R, Netto AP. Diabetes na prática clínica. Disponível em < <http://www.diabetesebook.org.br/modulo/1/>>. Acesso em: 29 set. 2008.
8. Carvalho MHC, Colaço AL, Fortes ZB. Citocinas, disfunção endotelial e resistência à insulina. Arq. Bras. Endocrinol Metab. 2006; 50 (2): 304-12.
9. Arrechea V, Mercuri N. Atividade física e diabetes mellitus. Diabetes clínica. 2001; 4: 347-49.
10. Macintosh BR, Svedahl K. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. Can J Appl Physiol. 2003; 28 (2): 299-23.
11. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age- predicted maximal heart rate revisited. Journal of the American College of Cardiology. 2001; 37 (1): 153-6.
12. Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1982; 4 (5): 377-81.
13. Lazarevic G, Antic S, Cvetkovic T, Vlahovic P, Tasic I, Stefanovic V. A physical activity programme and its effects on insulin resistance and oxidative defense in obese male patients with type 2 diabetes mellitus. Diabetes Metab. 2006; 32: 583-90.

14. Castaneda C, Layne JE, Munoz-Orians L, Gordon PL, Walsmith J, Foldvari M, et al. A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2002; 25 (12): 2335-40.
15. Tokmakidis SP, Zois CE, Volaklis KA, Kotsa K, Touvra AM. The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol*. 2004; 92: 437-41.
16. Prathey RE, Hagberg JM, Dengel DR, Rogus EM, Muller DC, Gildberg AP. Aerobic exercise training induced reductions in abdominal fat and glucose stimulated insulin responses in mild-aged and older men. *J Am Ger Soc*. 2000; 48 (9): 2022-33.
17. Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, Courten M, Shaw J. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2002; 25 (10): 1729-35.
18. O'Donovan G, Kearney EM, Nevill AM, Woolf-May K, Bird SR. The effects of 24 weeks of moderate to high-intensity exercise on insulin resistance. *Eur J Appl Physiol*. 2005; 95: 522-27.
19. Lund S, Holman GD, Schmitz O, Pedersen O. Contraction stimulates translocation of glucose transporter GLUT4 in skeletal muscle through a mechanism distinct from that of insulin. *Proc. Natl. Acad. Sci*. 1995; 92: 5817-21.
20. Peirce NS. Diabetes and exercise. *BR J Sports Med* 191;33:161-173.
21. Hyane WC, Souza MV, Moreira SR, Valle G, Oliveira RJ, Arsa G, et al. Blood glucose responses of type-2 diabetics during and after exercise performed at intensities above and below anaerobic threshold. *Rev. Bras. Cineantropometria & Desenvolvimento Humano*. 2008; 10 (1): 8-11.
22. Kennedy JW, Hirshman MF, Gervino EV, Ocel JV, Forse A, Hoenig SJ, et al. Acute exercise induces GLUT 4 translocation in skeletal muscle of normal human subjects and subjects with type 2 diabetes. *Diabetes*. 1999; 48: 1-6.
23. Balkau B, Mhamdi L, Oppert JM, Nolan J, Golay A, Porcellati F, et al. Physical Activity and insulin sensitivity. *Diabetes*. 2008; 57: 2613-17.
24. Bárbara B, Kahn and Jeffrey SF. Obesity and insulin resistance. *Journal of Clinical Investigation*. 2000; 106 (4).
25. Leong KS, Wilding HP. Obesity and diabetes. *Baillière's Clinical Endocrinology and Metabolism*. 1999; 13 (2): 221-37.
26. Moreira RS. Identificação dos limiares de lactato, glicêmico e ventilatório e efeitos da intensidade do exercício resistido sobre a glicemia em diabéticos tipo-2. 2006; 6-30.
27. Dumke CL. Role of kallikrein-kininogen system in insulin-stimulated glucose transport after muscle contractions. *J Appl Physiol*. 2002; 92: 657-64.

