

Artigo Original

EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO AERÓBIO: RELAÇÃO COM O CONTROLE GLICÊMICO PÓS-PRANDIAL

Victor Kulnig, Nuno Manuel Frade de Souza¹

RESUMO

Introdução: Uma das estratégias para atenuar o pico glicêmico pós-prandial pode ser o exercício físico, uma vez que uma única sessão de exercício é suficiente para promover o aumento na captação de glicose pela célula. **Objetivo:** Analisar o efeito agudo do treinamento aeróbio em relação ao controle glicêmico pós-prandial em indivíduos saudáveis. **Metodologia:** 15 homens sedentários (24,9 ± 1,2 anos; IMC 21,6 ± 2,82; HbA1c 5,5 ± 0,5%; glicose de jejum 81,1 ± 9,1 mg/dL) foram submetidos a duas intervenções, de forma randomizada: (i) exercício aeróbio intervalado em jejum (EAI; 10 min aquecimento, 7 blocos de 3 min 65-75% FCmax e 2 min 85-95% FCmax, 5 min retorno à calma); (ii) controle (CON; repouso absoluto pelo mesmo tempo de exercício). Todos os sujeitos compareceram ao laboratório em jejum de 10 horas. Foi realizado um teste de tolerância à refeição (TTR) 30 minutos após o exercício, que consistia em uma refeição de 479 Kcal (55% CHO, 30% LIP e 15% PTN). Sangue venoso foi coletado para analisar insulina, glicose e peptídeo-C tanto nas intervenções EAI e CON, no qual eram coletados os momentos pré TTR, 10, 20, 30, 60, 90 e 120 minutos pós TTR. Foi utilizado o teste de medidas repetidas de duas vias ANOVA para avaliar a interação entre intervenção e tempo. **Resultados:** A glicose sanguínea se manteve estatisticamente superior em relação ao pré TTR até ao momento 30 min, tanto para a intervenção CON como EAI $p \leq 0,05$ (tabela 1). Entretanto, no momento 30 min, a glicose estava estatisticamente superior para CON. A insulina também apresentou concentrações sanguíneas estatisticamente superiores para CON nos momentos 60 e 120 min após TTR. Além disso, após 120 min de TTR, a insulina ainda se apresenta superior em relação ao pré para CON, ao contrário do EAI que voltou aos valores basais 120 min após TTR. Por último, o peptídeo-C também apresenta concentrações superiores para CON nos momentos 30, 60, 90 e 120 min após TTR, sendo que 120 min após a refeição ainda se encontram superiores em relação ao repouso. **Conclusão:** apesar da glicose sanguínea apresentar uma reposta semelhante após TTR, o retorno aos valores basais para quem realizou exercício físico é realizado com menor liberação de insulina e peptídeo-C.

Palavras-chave: exercício aeróbio, controle glicêmico, pós-prandial, saudáveis.

ABSTRACT

Background: One of the strategies to mitigate the postprandial glycemic peak is physical exercise, since a single exercise session is sufficient to promote the increase in glucose uptake by the cell. **Objective:** To analyze the acute effect of aerobic training in relation to postprandial glycemic control in healthy individuals. **Methods:** 15 sedentary men (24.9 ± 1.2 years, BMI 21.6 ± 2.82, HbA1c 5.5 ± 0.5%, fasting glucose 81.1 ± 9.1 mg / dL) were randomly assigned to two interventions: (i) fasting interval aerobic exercise (IAE, 10 min heating, 7 blocks of 3 min 65-75% HRmax and 2 min 85-95% HRmax, 5 min return to calm); (ii) control (CON, absolute rest for the same exercise time). All subjects attended the 10-hour fasting laboratory. A meal tolerance test (MTT) was performed 30 minutes after exercise, which consisted of a meal of 479 Kcal (55% CHO, 30% LIP and 15% PTN). Venous blood was collected to analyze insulin, glucose, and C-peptide in both the IAE and CON interventions, in which the pre-MTT moments were collected, 10, 20, 30, 60, 90 and 120 minutes post MTT. The two-way ANOVA repeated measures test was used to evaluate the interaction between intervention and time. **Results:** Blood glucose remained statistically higher in relation to the pre-MTT up to the time of 30 min, for both the CON intervention and the IAE $p \leq 0.05$ (Table 1). However, at the time of 30 min, the glucose was statistically superior for CON. Insulin also had statistically superior blood concentrations for CON at 60 and 120 min after MTT. In addition, after

1. Laboratório de Fisiologia do Exercício e Medidas e Avaliação, Faculdade Estácio de Vitória, ES, Brasil.

Endereço para correspondência

Rua Herwan Modenesi
Wanderlei, Quadra 6, Lote 1
29090-350 Jardim Camburi,
Vitória, ES

E-mail

nunosfrade@gmail.com

Submetido em 02/07/2019

Aceito em 15/07/2019

120 min of MTT, insulin is still superior in relation to pre for CON, as opposed to IAE which returned to baseline values 120 min after TTR. Finally, the C-peptide also has higher concentrations for CON at moments 30, 60, 90 and 120 min after MTT, and 120 min after the meal are still superior to rest. **Conclusion:** although the blood glucose has a similar response after MTT, the return to baseline for those who performed physical exercise is performed with lower release of insulin and C-peptide.

Keywords: aerobic exercise, glycemic control, postprandial, healthy.

INTRODUÇÃO

Já está estabelecido que uma única sessão de exercício é suficiente para promover o aumento na captação de glicose pela célula e consequentemente a diminuição na concentração de glicose sanguínea, reduzindo a prevalência de episódios de hiperglicemia em até 48 horas subsequentes (HENRIKSEN, 2002; MANDERS et al., 2010). A explicação para este aumento da captação de glicose é ocasionada pelas contrações musculares, que promovem um aumento na translocação e expressão dos transportadores de glicose do tipo 4 (GLUT4) no músculo esquelético e aumento da sensibilidade da célula à insulina (COLBERG et al., 2010).

A insulina é um hormônio polipeptídico anabólico produzido pelas células-beta do pâncreas, cuja síntese é ativada pelo aumento dos níveis circulantes de glicose e aminoácidos após as refeições. Sua ação ocorre em vários tecidos periféricos, incluindo o músculo esquelético. A sinalização intracelular da insulina começa com sua ligação a um receptor específico de membrana, denominado receptor de insulina (IR) (PATTI; KAHN, 1998). A ativação do IR resulta em fosforilação em tirosina de diversos substratos, incluindo substratos do receptor de insulina 1 e 2 (IRS-1 e IRS- 2) (PESSIN; SALTIEL, 2000; WHITE, 1998). A fosforilação das proteínas IRS cria sítios de ligação para outra proteína citosólica, denominada fosfatidilinositol 3-quinase (PI3q), promovendo sua ativação (BACKER et al., 1992). A ativação da PI3q aumenta a fosforilação em serina da proteína quinase B (Akt) permitindo o transporte de glicose no músculo, através da translocação da proteína Glut-4 para a membrana celular (CZECH; CORVERA, 1999).

Evidências experimentais demonstraram que a contração muscular não necessariamente estimula a fosforilação do IR em resíduos de tirosina. Experimentos in vitro, nos quais o bloqueio farmacológico da PI3q através do wortmannin, demonstraram que não existiu bloqueio do transporte de glicose estimulada por contração do músculo esquelético (HAYASHI; WOJTASZEWSKI; GOODYEAR, 1997). Logo houve a descoberta da AMPK (proteína quinase ativada por AMP), uma enzima que também estimula o transporte de glicose no músculo esquelético através da contração muscular, mas por meio de um mecanismo independente de insulina. Na situação em que a relação AMP:ATP aumenta, ocorre uma mudança conformacional na molécula, deixando-a suscetível à fosforilação e ativação pela AMPK quinase (AMPKK) (HARDIE; CARLING, 1997). A AMPK fosforilada ativa vias que geram o aumento de ATP, ao mesmo tempo que desativa as vias anabólicas que consomem o ATP. Esse processo fisiológico promove a translocação das vesículas contendo Glut-4, facilitando o transporte de glicose para o músculo de maneira semelhante à da insulina. O Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM2) tem esse processo fisiológico deficiente, em função de uma redução dos IRS na membrana conhecida como *downregulation* (ZANESCO; PUGA, 2013).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (2016), a Diabetes Mellitus (DM) atinge 422 milhões de pessoas no mundo e 14 milhões no Brasil, sendo o DM2 responsável por 95% dos casos e aproximadamente metade ainda permanece não diagnosticada. A previsão é de que haverá cerca de 600 milhões de pessoas com esta condição até 2035 (WILD et al., 2004; DANAEI et al., 2011), caracterizando um problema de saúde

pública.

Assim, atualmente, o exercício físico é considerado um dos pilares tanto para prevenção como no tratamento do diabetes tipo 2. Desta forma, o presente estudo analisou o efeito agudo do treinamento aeróbio em relação ao controle glicêmico pós-prandial em indivíduos saudáveis com o objetivo de prevenção ao DM2.

MÉTODOS

Amostra

Foram avaliados 15 indivíduos com os seguintes critérios de inclusão: todos os participantes deveriam ser homens sedentários (sem prática de exercício físico de forma regular). Os critérios de exclusão estavam relacionados às limitações no protocolo de testes, tais como: incapacidade física, existência de traumas articulares e histórico de diabetes e doenças cardiovasculares.

O estudo foi submetido ao comitê de ética em pesquisa com humanos, teve parecer com aprovação favorável sob número de CAAE: 51122215.7.0000.5284. Antes do início da pesquisa, os voluntários foram convidados a assinar o TLCE, o qual tinha todas as informações a respeito dos possíveis riscos e dos benefícios da participação; procedimentos adotados detalhados de forma simplificada; a garantia do anonimato do participante; e a autorização para utilização dos dados coletados para fins de publicação científica.

Desenho Experimental

Os participantes do estudo responderam a uma anamnese e realizaram exames sanguíneos para determinação da hemoglobina glicosilada, sensibilidade à insulina, glicose de jejum, triglicerídeos e colesterol. No dia seguinte, realizaram uma avaliação antropométrica. Depois de no mínimo 48 horas, os participantes realizaram, de forma randomizada, as seguintes situações experimentais: (1) sessão de exercício em esteira ergométrica; (2) sessão controle. Todos os voluntários realizaram os testes no período da manhã e separados por, no mínimo, 48 horas entre os mesmos. Foram também realizadas coletas de sangue por enfermeiro especializado para análise da glicemia, insulina e Peptídeo-C antes e após as sessões experimentais e período pós- prandial.

Sessão de exercício aeróbio e sessão controle

A sessão de exercício aeróbio foi realizada em esteira ergométrica e constituída por um aquecimento de 10 minutos a 55% da frequência cardíaca máxima (FCmax), seguido por 7 blocos de 3 minutos a 65-75% da FCmax e 2 min a 85- 95% da FCmax, finalizando com 5 minutos de retorno à calma. O tempo total da sessão foi de 50 minutos. Nos três dias que antecedem as sessões experimentais, os participantes foram instruídos a não participar de atividades físicas. Na sessão controle, os participantes foram mantidos em repouso por 50 minutos. Todas as sessões tiveram início às 8h15.

Dieta e teste de tolerância à refeição

No dia anterior às sessões, os participantes foram instruídos a abster-se de álcool e cafeína e seguir uma dieta moderada de carboidratos. A dieta foi semelhante e controlada nos dias das sessões experimentais. Os participantes chegaram ao laboratório em jejum de 10 horas e realizaram as sessões experimentais em jejum. Trinta minutos após as sessões experimentais, foi realizado um teste de tolerância à refeição, por meio de um lanche padronizado de 480 kcal (55% de carboidrato, 30% proteína e 15% lipídeos), constituído duas fatias de pão de forma (50 g), 7 gramas de manteiga, dois ovos de galinha cozidos (90 g) e 300 mL de suco de uva. A dieta foi prescrita por nutricionista.

Coletas sanguíneas

Antes e após o exercício físico e sessão controle, foram coletados sangue venoso por enfermeiro especializado. Os momentos de coleta foram: (1) imediatamente antes do exercício físico ou sessão controle; (2) imediatamente após o exercício físico ou sessão controle; (3) 30 minutos após o exercício ou sessão controle; (4) 10, 20, 30, 60, 90 e 120 minutos após o lanche, correspondendo aos momentos de coleta do teste de tolerância à glicose. Como a quantidade de coletas para uma sessão experimental é grande, foi instalado um scalp nos voluntários para facilitar a coleta de sangue. A quantidade de sangue coletada foi de aproximadamente 10 mL por coleta e foi usado para analisar glicose, insulina e Peptídeo-C.

Análise Estatística

Os resultados foram apresentados em média \pm desvio padrão. Foi utilizado teste ANOVA de medidas repetidas para determinar as diferenças na glicemia, insulina e Peptídeo-C entre as sessões experimentais. O software estatístico utilizado foi o SPSS v. 20 (Somers, NY, USA) com nível de significância adotado de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Na tabela 1 são apresentados os valores dos resultados da avaliação antropométrica e exame de sangue dos voluntários.

Tabela 1. Resultados da avaliação antropométrica e exame de sangue

Variáveis	n = 15
Idade (anos)	24,9 \pm 1,2
IMC (kg/m ²)	21,3 \pm 2,6
HbA1c (%)	5,5 \pm 0,5
Glicose de jejum (mg/dL)	81,1 \pm 9,1
Colesterol (mg/dL)	149,6 \pm 20,7
Triglicérides (mg/dL)	52,7 \pm 12,5

Nas figuras 1 e 2 são apresentadas as médias do comportamento da velocidade e a

frequência cardíaca (FC), respectivamente, atingida na intervenção EAI pelos voluntários.

Figura 1. Comportamento da velocidade (km/h) durante a intervenção EAI

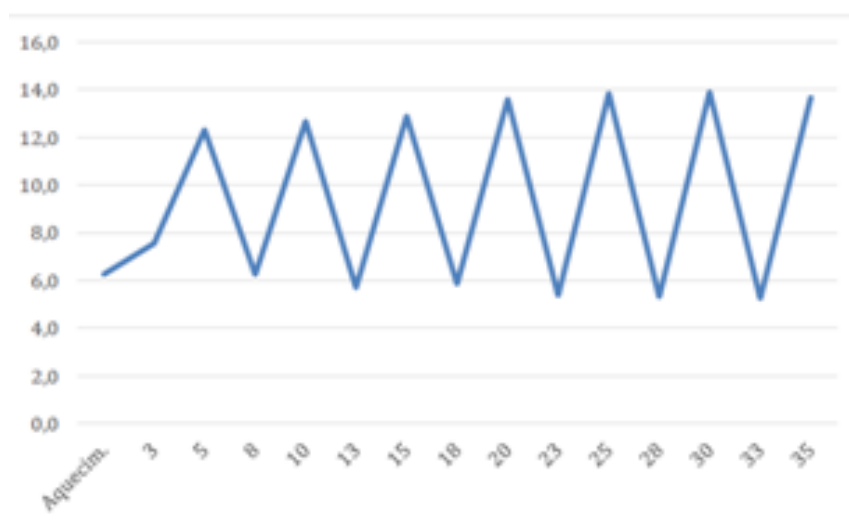
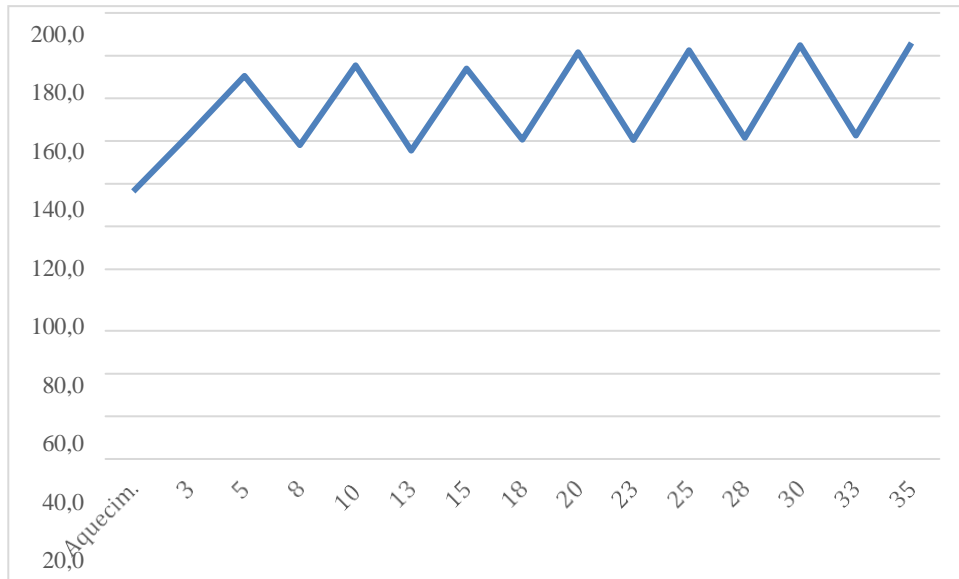


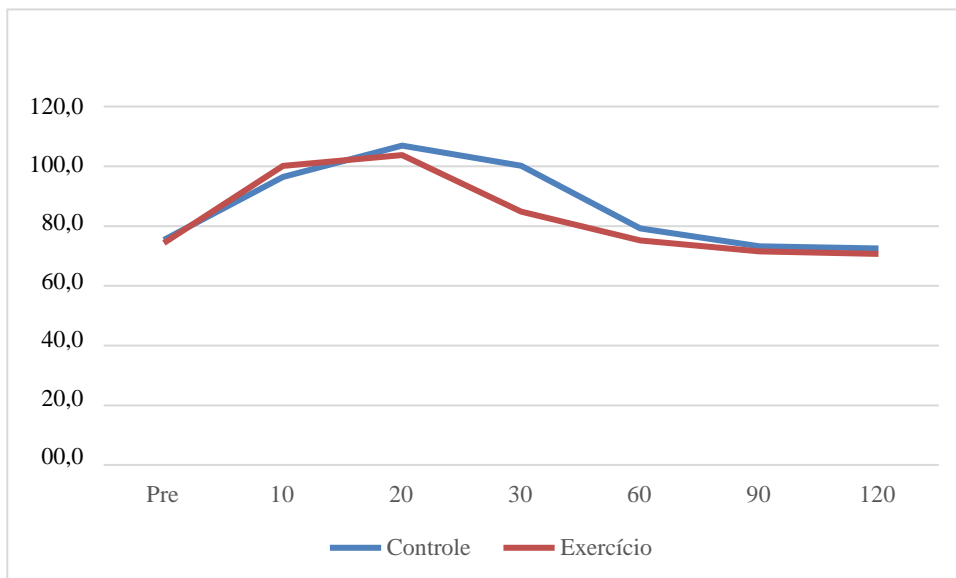
Figura 2. Comportamento da frequência cardíaca durante a intervenção EAI



Na Figura 3 é apresentada a glicemia após 30 minutos do término do exercício contínuo, através do teste de tolerância a glicose oral realizado em um período de 120 minutos. Não

foram observadas diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) na glicemia entre as intervenções CON e EAI.

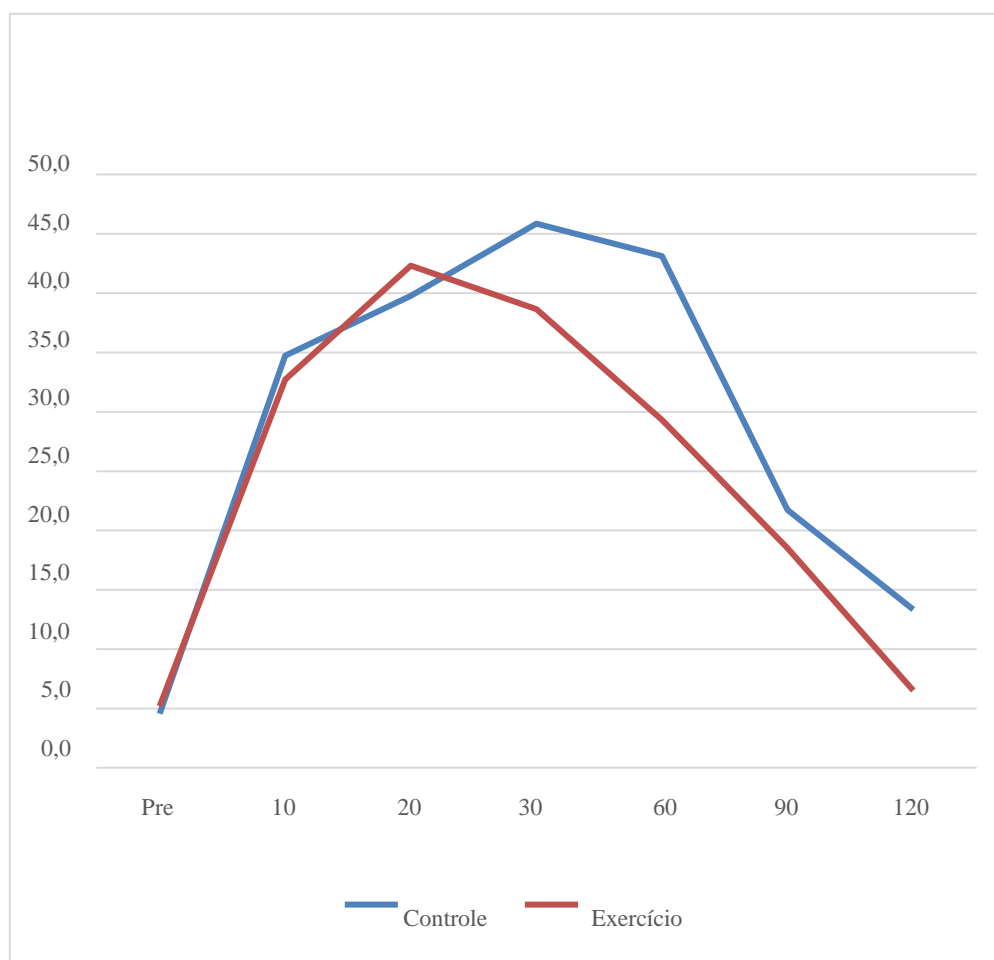
Figura 3. Comportamento da glicemia pré TTR e durante 120min pós TTR



Na Figura 4 é apresentada a insulina após 30 minutos do término do exercício contínuo, através do teste de tolerância a glicose oral realizado em um período de 120 minutos. Foram

observadas diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) na insulina entre as intervenções COM e EAI no período 60.

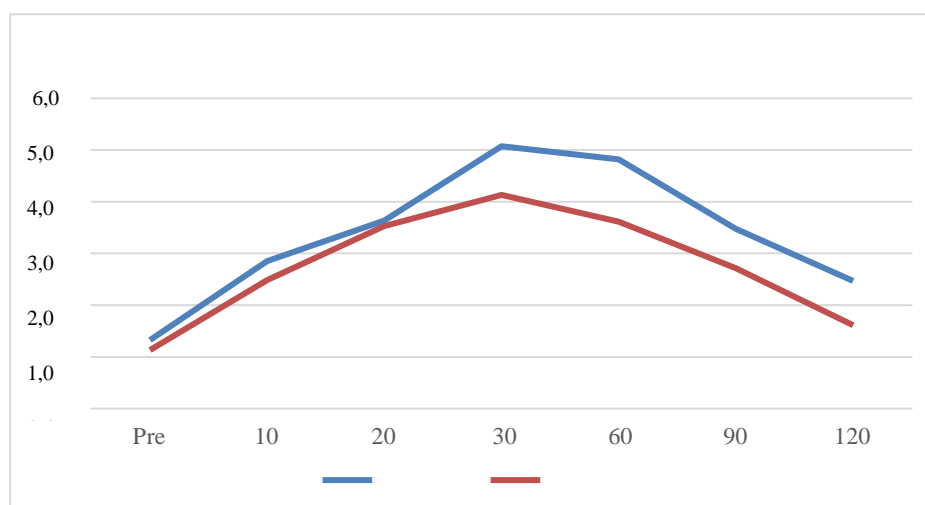
Figura 4. Comportamento da insulina pré TTR e durante 120min pós TTR



Na Figura 5 é apresentada a glicemia após 30 minutos do término do exercício contínuo, através do teste de tolerância a glicose oral realizado em um período de 120 minutos. Não

foram observadas diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) na glicemia entre as intervenções CON e EAI.

Figura 5. Comportamento do Peptídeo-C pré TTR e durante 120min pós TTR



DISCUSSÃO

A glicose sanguínea se manteve estatisticamente superior em relação ao pré TTR

até ao momento 30 min, tanto para a intervenção CON como EAI $p \leq 0,05$ (tabela 2).

Tabela 2. Média \pm DP da concentração de glicose, insulina e peptídeo-C antes e após teste de tolerância à refeição para as intervenções CON e AEI

	Pré	10	20	30	60	90	120
Glicose, mg/dL							
CON	75,3 \pm 11,8	96,5 \pm 17,1 [†]	106,9 \pm 22,4 [†]	100,3 \pm 24,2 [†]	79,2 \pm 24,4	73,3 \pm 12,5	72,5 \pm 6,9
AEI	74,3 \pm 6,8	100,1 \pm 13,4 [†]	103,7 \pm 14,5 [†]	84,8 \pm 16,3* [†]	75,1 \pm 14,7	71,5 \pm 9,2	70,7 \pm 8,1
Insulina, mcUI/mL							
CON	4,6 \pm 2,2	34,7 \pm 25,1 [†]	39,8 \pm 18,6 [†]	45,9 \pm 20,7 [†]	43,1 \pm 24,1 [†]	21,8 \pm 15,1 [†]	13,3 \pm 8,2 [†]
AEI	5,2 \pm 2,3	32,7 \pm 16,1 [†]	42,3 \pm 17,2 [†]	38,7 \pm 14,4 [†]	29,3 \pm 21,0* [†]	18,5 \pm 20,9 [†]	6,5 \pm 2,8 * [†]
Peptídeo-C, ng/mL							
CON	1,32 \pm 1,49	2,85 \pm 1,64 [†]	3,64 \pm 0,75 [†]	5,07 \pm 1,75 [†]	4,82 \pm 1,95 [†]	3,47 \pm 1,91 [†]	2,46 \pm 8,2 [†]
AEI	1,13 \pm 0,63	2,48 \pm 0,97 [†]	3,52 \pm 1,13 [†]	4,13 \pm 1,28* [†]	3,61 \pm 1,48* [†]	3,71 \pm 1,71* [†]	1,61 \pm 0,64* [†]

* $p \leq 0,05$ para controle; [†] $p \leq 0,05$ para momento Pré

Entretanto, no momento 30 min, a glicose estava estatisticamente superior para CON. A insulina também apresentou concentrações sanguíneas estatisticamente superiores para CON nos momentos 60 e 120 min após TTR. Além disso, após 120 min de TTR, a insulina ainda se apresenta superior em relação ao Pré para CON, ao contrário do EAI que voltou aos valores basais 120 min após TTR. Por último, o peptídeo-C também apresenta concentrações superiores para CON nos momentos 30, 60, 90 e 120 min após TTR, sendo que 120 min após a refeição ainda se encontram superiores em relação ao repouso. Apesar da glicose sanguínea apresentar uma resposta semelhante após TTR, o retorno aos valores basais para

quem realizou exercício físico é realizado com menor liberação de insulina e peptídeo-C.

Os resultados mostram que o exercício aeróbio promove a captação de glicose de forma mais eficiente em relação a intervenção CON. A resposta glicêmica observada após 50 minutos de intervenção EAI e CON, mostraram o retorno aos valores basais após 120 minutos de TTR. No entanto para a intervenção EAI a glicemia retornou para valores basais com uma menor utilização da insulina. Os dados sugerem que exercício aeróbio atenuou a captação de glicose muscular de forma mais eficiente, diminuindo o pico glicêmico pós-prandial retornando aos valores basais após o exercício tanto da glicemia quanto da insulina. Caso esse que não ocorreu

na intervenção CON, onde a insulina se manteve com valores estatisticamente maiores que o basal após 120min da TTR.

Já demonstrado em estudos com indivíduos diabéticos que a glicemia pós-prandial é de suma importância no controle glicêmico (MONNIER et al., 2003; WOERLE et al., 2007) e a redução do pico glicêmico pós-prandial é importante principalmente devido a hiperglicemia mantida estar diretamente relacionada com os riscos cardiovasculares (CHEN et al., 2013), dessa forma, parece que o exercício aeróbio é mais

eficaz em retornar a glicemia aos valores basais pós-prandial comparado com o repouso.

A partir dos dados desta pesquisa, concluímos que uma única sessão de exercício aeróbio foi capaz de atenuar a captação de glicose pós-prandial em homens jovens adultos saudáveis sedentários comparados ao repouso. Ou seja, o exercício aeróbio poderá ser mais interessante para a melhora da captação da glicose após uma refeição balanceada.

REFERÊNCIAS

- BACKER, J. M. et al. Phosphatidylinositol 3'-kinase is activated by association with IRS-1 during insulin stimulation. **EMBO J**, v. 11, n. 9, p. 3469-79, 1992.
- CHEN, Y. et al. Stress-induced hyperglycemia after hip fracture and the increased risk of acute myocardial infarction in nondiabetic patients. **Diabetes Care**, v. 36, n. 10, p. 3328-32, 2013.
- COLBERG, S. R. et al. Exercise and type 2 diabetes: American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. Exercise and type 2 diabetes. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 12, p. 2282-303, 2010.
- CZECH, M. P.; CORVERA, S. Signaling mechanisms that regulate glucose transport. **J BIOL CHEM**, v. 274, n. 4, p. 1865-8, 1999.
- DANAELI, G. et al. National, regional, and global trends in fasting plasma glucose and diabetes prevalence since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 370 country-years and 2.7 million participants. **Lancet**, v. 378, n. 9785, p. 31-40, 2011.
- HARDIE, D. G.; CARLING, D. The AMP-activated protein kinase: fuel gauge of the mammalian cell? **Eur J Biochem**, v. 246, n. 2, p. 259-73, 1997.
- HAYASHI, T.; WOJTASZEWSKI, J. F.; GOODYEAR, L. J. Exercise regulation of glucose transport in skeletal muscle. **Am J Physiol**, v. 273, n. 6, p. 1039-51, 1997.
- HENRIKSEN, E. J. Invited review: Effects of acute exercise and exercise training on insulin resistance. **J Appl Physiol (1985)**, v. 93, n. 2, p. 788-96, 2002.
- MANDERS, R. J.; VAN DIJK, J. W.; VAN LOON, L. J. Low-intensity exercise reduces the prevalence of hyperglycemia in type 2 diabetes. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 2, p. 219-25, 2010.
- MONNIER, L.; LAPINSKI, H.; COLETTE, C. Contributions of fasting and postprandial plasma glucose increments to the overall diurnal hyperglycemia of type 2 diabetic patients: variations with increasing levels of HbA(1c). **Diabetes Care**, v. 26, n. 3, p. 881-5, 2003.
- PATTI, M. E.; KAHN, C. R. The insulin receptor: a critical link in glucose homeostasis and insulin action. **J Basic Clin Physiol Pharmacol**, v. 9, n. 2, p. 89-109, 1998.
- PESSIN, J. E.; SALTIEL, A. R. Signalling pathways in insulin action: molecular targets of insulin resistance. **J Clin Invest**, v. 106, n. 2, p. 165-9, 2000.
- WHITE, M. F. The IRS-signaling system: a network of docking proteins that mediate insulin action. **Molecular Cell Biochemistry**, v.

182, n. 1, p. 3-11, 1998.

WILD, S. et al. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. **Diabetes Care**, v. 27, n. 5, p. 1047-53, 2004.

WOERLE, H. J. et al. Impact of fasting and postprandial glycemia on overall glycemic control in type 2 diabetes Importance of postprandial glycemia to achieve target HbA1c levels. **Diabetes Res Clin Pract**, v. 77, n. 2, p. 280-5, 2007.

ZANESCO, A.; PUGA, G. *Doenças Cardiometabólicas e Exercícios Físicos*. 1. Ed. Rio Claro: Revinter, 2013.