

# Treinamento de força reduz perfil glicêmico de ratos

## *Resistance training reduces blood glucose in rats*

### ABSTRACT

**Aim:** To evaluate the effect of a ten-week strength training on the blood glucose of rats. **Methods:** Eighteen rats were divided into two groups: sedentary and trained. Trained animals underwent strength training for ten weeks. The animals performed four sets of eight jumps with intervals of 30 seconds during ten weeks with a frequency of 3 times per week. An overload weight was imposed to the animals, using appropriate vests, which increased every two weeks. Body weight and food consumption were evaluated weekly. At the end of the experiment, the animals were euthanized and their blood glucose and weights of visceral fat and carcass were measured. **Results:** No changes were observed in body weight ( $359.29 \pm 38.56$  g vs.  $355 \pm 15.58$  g), food intake ( $162.1 \pm 16.6$  g vs.  $156.57 \pm 5.4$  g) and weight of carcass ( $222.5 \pm 22.7$  g vs.  $230.7 \pm 9.3$  g), however, reduction of visceral fat ( $17.4 \pm 3.3$  g vs.  $12.9 \pm 1.7$  g) and blood glucose ( $180.0 \pm 21.9$  mg/dL vs.  $151.7 \pm 19.6$  mg/dL) was observed in the trained animals. **Conclusion:** The protocol used in this study reduced visceral fat and blood glucose in animals subjected to strength training.

**Keywords:** Blood glucose. Visceral fat. Wistar rats. Physical training.

### RESUMO

**Objetivo:** Avaliar o efeito de um treinamento de força de dez semanas sobre o perfil glicídico de ratos. **Métodos:** 18 ratos foram randomizados em dois grupos: sedentários e treinados. Os animais treinados foram submetidos a treinamento de força durante dez semanas. Os animais realizavam quatro séries de oito saltos com intervalos de 30 segundos, durante dez semanas, com frequência de três vezes por semana. Foi imposta uma sobrecarga de peso aos animais, utilizando-se coletes apropriados, aumentada quinzenalmente. Foram avaliados peso corporal e consumo alimentar semanalmente. Ao final do experimento, os animais foram eutanasiados e verificou-se alterações no peso corporal ( $359,29 \pm 38,56$  g vs.  $355 \pm 15,58$  g), consumo alimentar ( $162,1 \pm 16,6$  g vs.  $156,57 \pm 5,4$  g) e peso da carcaça ( $222,5 \pm 22,7$  g vs.  $230,7 \pm 9,3$  g), entretanto, encontrou-se redução da gordura visceral ( $17,4 \pm 3,3$  g vs.  $12,9 \pm 1,7$  g) e da glicemia ( $180,0 \pm 21,9$  mg/dL vs.  $151,7 \pm 19,6$  mg/dL) nos animais treinados. **Conclusão:** O protocolo aplicado neste estudo reduziu gordura visceral e glicemia nos animais submetidos ao treinamento de força.

**Palavras-chave:** Glicemia. Gordura visceral. Ratos Wistar. Treinamento físico.

Renata Leite Tavares<sup>1,2\*</sup>, Luciana Tavares Toscano<sup>2</sup>, Lydiane Tavares Toscano<sup>2</sup>, Jailane de Souza Aquino<sup>1</sup>, Alexandre Sérgio Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Nutrição Experimental, Departamento de Nutrição, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa-PB, Brasil

<sup>2</sup>Laboratório de Estudos Aplicados ao Treinamento Físico e Saúde, Departamento de Educação Física, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa-PB, Brasil

### \*Dados para correspondência

Renata Leite Tavares  
Laboratório de Nutrição Experimental, Departamento de Nutrição, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Campus I - Cidade Universitária, s/n, Castelo Branco, CEP 58059-900, João Pessoa-PB, Brasil  
E-mail: renaltav@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A Diretriz da Sociedade Brasileira de Diabetes<sup>1</sup> define a diabetes mellitus (DM) como um distúrbio metabólico que tem como característica comum a hiperglicemia. A causa desta hiperglicemia define a forma da patologia: na DM tipo 1 há completa deficiência da insulina, enquanto que na de tipo 2 há resistência à insulina com elevação da secreção deste hormônio com o intuito de compensar a resistência. Dados epidemiológicos indicam aumento no número de indivíduos diabéticos, uma vez que no final da década de 1980, Malerbi e Franco<sup>2</sup> estimaram que 7,6% dos brasileiros adultos eram diabéticos e em 2006 e 2009, esses valores subiram para 15% na cidade de Ribeirão Preto/SP<sup>3</sup> e 13,5% na cidade de São Carlos/SP<sup>4</sup>.

A prevenção e o tratamento da diabetes mellitus são aspectos importantes a serem observados, já que muitas vezes simples alterações no estilo de vida são suficientes para minimizar ou adiar o surgimento da patologia. O *Diabetes Prevention Program* (Programa de Prevenção a Diabetes), utilizando como intervenção a prática de atividade física e consumo alimentar adequado, levou à redução de 58% na incidência de casos de DM, sendo mais efetivo que o uso de metformina.<sup>5</sup> Em estudo realizado por Hu et al.<sup>6</sup> foi observado que o controle de fatores de risco modificáveis, como consumo alimentar e prática de atividade física, associou-se com a redução de incidência da patologia em 88% das mulheres acompanhadas com histórico familiar de diabetes mellitus.

O tratamento não farmacológico das doenças crônicas não transmissíveis, como a DM, vem sendo recomendado por diversas instituições de saúde. Entre os tratamentos, a prática de exercício físico é uma ferramenta bastante utilizada<sup>7</sup>, entretanto, ainda não há consenso quanto ao melhor tipo de exercício a ser prescrito. Enquanto alguns estudos recomendam a prática de exercícios aeróbios, uma vez que esse treinamento aumenta o consumo de glicose e a resposta à insulina, melhora o perfil lipídico, diminui níveis pressóricos e peso corporal, além de possuir efeitos anti-inflamatórios<sup>8,9</sup>, outros autores demonstraram efeitos positivos do treinamento de força (TF) ou treinamento resistido para os diabéticos, pois esta modalidade de atividade física contribui para aumentar a massa muscular, alterar

positivamente a composição corporal e, assim, melhorar a sensibilidade à insulina.<sup>10</sup>

O treinamento de força tem sido estudado no tratamento da glicemia mostrando resultados bastante animadores. Reis Filho et al.<sup>11</sup> avaliaram a glicemia pós-prandial em mulheres antes e após doze semanas de prática de atividade física de força e observaram uma redução nesses níveis de  $158,2 \pm 41,0$  mg/dL para  $121,6 \pm 20,6$  mg/dL. Mairinck, Baía e Sousa<sup>12</sup> observaram os efeitos crônicos e agudos do treinamento resistido em indivíduos diabéticos com sobrepeso e obtiveram resultados melhores do que os conseguidos no treinamento aeróbio. Apesar de achados positivos quanto à influência do treino de força na glicemia, Rocha<sup>13</sup> não obteve diferença entre os momentos pré e pós-tratamento quando examinou o efeito do treinamento resistido em mulheres portadoras de diabetes mellitus. Assim, tendo como base a falta de consenso entre esses resultados, observa-se a necessidade de confirmar o efeito benéfico do treinamento da força sobre os níveis glicêmicos.

## OBJETIVO

O objetivo geral da pesquisa foi avaliar o efeito de um treinamento de força de dez semanas sobre o perfil glicídico de ratos. Como variáveis secundárias, foram avaliados o consumo alimentar, o peso corporal e da carcaça, bem como a gordura visceral dos animais.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ANIMAIS

O trabalho experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Centro de Biotecnologia da UFPB (CEUA – Cbiotec), sob o n° 0511/12. Foram utilizados 18 ratos machos da linhagem Wistar, com 80 dias de vida e peso corporal médio de  $300 \pm 30,6$  g. Os animais foram mantidos sob condições padrão de iluminação (ciclo claro/escuro, 12/12 horas) e temperatura ( $22 \pm 2^\circ\text{C}$ ) e alocados em gaiolas de polipropileno com, no máximo, cinco animais em cada. Durante todo o experimento, os animais receberam água destilada e ração comercial *ad libitum*.<sup>14</sup> Os ratos foram randomizados em dois grupos de nove animais: sedentarismo (SED) ou treinamento de força (TF).

## PROTOKOLO DE TREINAMENTO FÍSICO

O estudo foi iniciado com uma semana de adaptação ao treinamento de força, a partir do qual os animais foram selecionados entre aptos ou não para o treino de saltos. A partir de então, o protocolo de TF teve duração de dez semanas, realizando-se, três vezes por semana, aumento gradativo da sobrecarga imposta aos animais.<sup>15,16</sup> As sessões de treinamento foram realizadas em cilindros de plástico de PVC com 25 cm de diâmetro e 70 cm de profundidade, preenchidos com água até a capacidade de 60% a uma temperatura de  $32 \pm 2^\circ\text{C}$ , sendo essa trocada para cada animal, a fim de evitar influência comportamental.<sup>17</sup>

Inicialmente, os animais foram submetidos a uma semana de adaptação, chamada de semana 0. Esta adaptação consistiu na execução de três sessões de treino em dias alternados, compostas por três séries de oito saltos e intervalos de 30 segundos entre as séries. Os animais receberam um colete apropriado, em que havia uma sobrecarga correspondente a 50% do peso corporal. Após 24 horas do último treino de adaptação, foi iniciado o protocolo de treinamento. As semanas de treinamento foram denominadas de “semana 1” até “semana 10”, consecutivamente. O treinamento de força foi constituído por quatro séries de oito saltos, intervalados por 30 segundos, durante dez semanas. Os treinos eram executados três vezes por semana, em dias alternados, sempre no período da manhã. A sobrecarga imposta aos animais aumentava quinzenalmente, representando 50% do peso corporal dos animais na 1ª e 2ª semanas, 60% na 3ª e 4ª semanas, 70% na 5ª e 6ª semanas e nas quatro últimas semanas, correspondeu a 80% de seu peso corporal.<sup>15,16</sup> Assim como na semana de adaptação, a carga foi imposta aos animais utilizando-se coletes apropriados.<sup>18,19</sup> Ao final desse período, os animais foram eutanasiados.

## ACOMPANHAMENTO DE PESO CORPORAL E CONSUMO ALIMENTAR

O peso corporal dos animais foi verificado semanalmente, sempre no mesmo dia da semana e a pesagem realizada no período da manhã. Para isso, utilizou-se balança analítica com 0,1g de precisão (Metler, Suíça).

O consumo alimentar foi calculado semanalmente, no mesmo dia e horário, sendo representado pela diferença, em gramas, entre o alimento oferecido

e o residual. Para essa determinação utilizou-se a Fórmula 1:

$$\text{Consumo} = \text{quota oferecida} - (\text{rejeito sujo} + \text{rejeito limpo}) \quad (1)$$

Foi considerado rejeito sujo o alimento que não foi ingerido e ficou na área interna do comedouro, e rejeito limpo o alimento que não foi ingerido e permaneceu na área externa.<sup>20</sup>

## GLICEMIA

Os animais foram submetidos a jejum de 12 horas e posteriormente anestesiados com quetamina (25 mg/kg) associado com xilazina (25 mg/kg), por via intramuscular. Em seguida, foi realizado um pequeno corte na extremidade da cauda para coleta de sangue, utilizado na aferição da glicemia<sup>21</sup>, utilizando-se o equipamento glicosímetro (Accu Check Performa, Roche Diagnostics).

## EUTANÁSIA

Ao final do protocolo (48 horas depois do último treino) e após jejum de 12 horas, os animais foram anestesiados, como descrito anteriormente, e eutanasiados por retirada sanguínea através do plexo braquial, de acordo com os princípios éticos do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal.

## PESO DA CARÇA E DA GORDURA VISCERAL

Após a eutanásia, a gordura visceral dos animais foi retirada, pesada e descartada. As carcaças dos animais, compostas por pelos, pele e músculos foram, igualmente, pesadas e descartadas.<sup>22</sup>

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram apresentados como “média  $\pm$  desvio padrão da média”. Quando considerados normais, o Teste t não pareado foi adotado para comparar os resultados entre os grupos, adotando-se o nível de significância de 5%. A análise dos resultados foi realizada utilizando-se o software Instat 3.0.1 (Graph Pad Insta, San Diego, CA, USA).

## RESULTADOS

O grupo submetido ao treinamento de força apresentou menor peso de gordura visceral ( $p < 0,05$ ) e maior peso da carcaça ( $p > 0,05$ ), indicando um maior volume de massa muscular nos animais desse grupo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Peso corporal, peso de gordura visceral e peso de carcaça dos grupos “sedentário” e “submetido ao treinamento de força”.

Parâmetros	Grupos	
	SED	TF
Peso corporal	359,29 ± 38,56	355 ± 15,58
Gordura visceral	17,4 ± 3,3 <sup>a</sup>	12,9 ± 1,7 <sup>b</sup>
Carcaça	222,5 ± 22,7	230,7 ± 9,3

Os dados estão apresentados como média ± desvio padrão (Teste t não pareado). Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística ( $p < 0,05$ ). SED = animais sedentários; TF = animais submetidos ao treino de força.

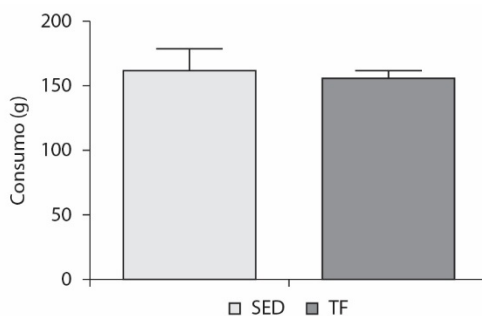
Não houve diferença no consumo alimentar médio entre os grupos de animais sedentários (162,1 ± 16,6 g) e treinados (156,57 ± 5,4 g) durante as dez semanas de tratamento (Figura 1).

Houve uma redução da glicemia nos animais que foram submetidos ao treinamento de força em comparação com os animais sedentários (180,0 ± 21,9 mg/dL vs. 151,7 ± 19,6 mg/dL), conforme apresentado na Figura 2.

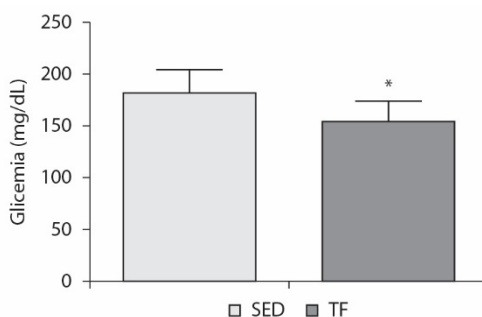
## DISCUSSÃO

Os animais que pertenciam ao grupo submetido ao treinamento de força terminaram o estudo com menor peso de gordura visceral e menor glicemia. Entretanto, não foram observadas diferenças em relação ao peso corporal total, peso da carcaça e consumo alimentar entre os dois grupos.

Tradicionalmente, recomenda-se a prática de exercícios com intensidade baixa a moderada e de longa duração para a prevenção e/ou tratamento de patologias crônicas não transmissíveis. Mais recentemente, tem sido proposta a prática de atividade física com características anaeróbicas e de alta intensidade, pois tem surgido maior interesse da população pela prática desse tipo de atividade física. Da mesma forma, estudos científicos têm observado efeitos positivos desses exercícios sobre outros aspectos da saúde.<sup>23</sup> Silva et al.<sup>24</sup> observaram redução nas concentrações de LDL-Colesterol em homens e mulheres, pacientes com diabetes mellitus tipo I e tipo II e em mulheres pré-menopausa. Forjaz et al.<sup>25</sup> concluíram que o treinamento de força crônico resultou em redução das pressões arteriais sistólica (3,2 mmHg) e diastólica (3,5 mmHg). Entretanto, ainda restam algumas dúvidas sobre o papel de exercícios de alta intensidade, como o treino



**Figura 1.** Consumo alimentar semanal dos animais dos grupos “sedentário” e “submetido ao treinamento de força”. Os dados estão apresentados como média ± desvio padrão (Teste t não pareado). SED = animais sedentários; TF = animais submetidos ao treino de força.



**Figura 2.** Glicemia dos animais dos grupos “sedentário” e “submetido ao treinamento de força”. Os dados estão apresentados como média ± desvio padrão (Teste t não pareado). Letras diferentes em colunas diferentes indicam diferença entre os grupos ( $p = 0,03$ ). SED = animais sedentários; TF = animais submetidos ao treino de força.

de força, sobre patologias como hipertensão arterial sistêmica, diabetes mellitus, obesidade, entre outras.<sup>26</sup>

Em relação às pesquisas que têm verificado o efeito do treinamento resistivo sobre a glicemia, Eves e Plotnikoff<sup>27</sup> observaram redução da glicemia, hemoglobina glicada e melhora da sensibilidade à insulina tanto no treinamento de alta intensidade com características anaeróbicas, como no exercício moderado de longa duração (aeróbio). Leite et al.<sup>28</sup> também avaliaram os efeitos dos treinos aeróbio e anaeróbio sobre a glicemia, observaram, porém, que os animais submetidos ao treinamento de baixa intensidade e longa duração apresentaram aumento da concentração de glicose sérica em comparação com os animais que permaneceram sedentários; em contrapartida, os resultados de Reis Filho et al.<sup>11</sup> indicam redução da glicemia em homens e mulheres que praticaram exercício aeróbio (hidroginástica) durante 12 semanas.

Nesse sentido, percebe-se que ainda não é um consenso o efeito do treino de força na prevenção e no tratamento da diabetes mellitus.

No presente estudo, foi observado redução da glicemia de  $180,0 \pm 21,9$  para  $151,7 \pm 19,6$  mg/dL nos animais submetidos a uma intervenção crônica de treinamento de força. Strasser, Sieber e Schobersberger<sup>29</sup> evidenciaram que o treinamento resistido melhora o controle glicêmico e a disponibilidade de glicose, além de melhorar o perfil lipídico e diminuir fatores de risco cardiovasculares em pacientes diabéticos.

Entre os mecanismos que podem explicar o benefício do treinamento de força encontram-se a capacidade de aumentar a densidade dos transportadores musculares de glicose (GLUT-4), melhorar a sensibilidade à insulina, além de reduzir marcadores inflamatórios e a gordura visceral, este último um importante marcador de sensibilidade à insulina.<sup>30,31</sup>

O acúmulo de gordura visceral associa-se com resistência à insulina e à aterogênese, que contribuem para aumentar o risco de doenças cardiovasculares.<sup>32</sup> Evidências sugerem que o exercício resistido é capaz de reduzir a adiposidade visceral, independente da perda de peso.<sup>33</sup> No presente estudo, a despeito da manutenção do peso corporal entre os grupos avaliados, foi observada redução na gordura visceral nos animais pertencentes ao grupo TF. Desta forma, esse foi um efeito benéfico que pode indiretamente ter influenciado na redução da glicemia nesse grupo.

Antes da década de 1990 a *American Heart Association* e o *American College of Sports Medicine* não incluíam em suas recomendações a prática de treinamento resistido como integrante de programas de treinamento de aptidão abrangente para adultos todas as idades.<sup>34</sup> Mais recentemente, baseado em dados científicos atuais que comprovam o efeito positivo do treinamento de força em portadores de DM, a *American Diabetes Association* recomenda a prática desse tipo de exercício físico pelo menos duas vezes por semana concomitantemente a outras modalidades de atividade física.<sup>35</sup>

Kolka<sup>36</sup>, avaliando o papel do exercício no tratamento da DM destaca que a perda de peso não é essencial para o tratamento dessa patologia, uma vez que a obesidade não está diretamente ligada ao diabetes mellitus, já que uma grande proporção de indivíduos obesos não é diabética. No entanto, a localização visceral do tecido adiposo é um importante

determinante da resistência à insulina, como citado anteriormente.<sup>32</sup> Assim, uma intervenção para reduzir a gordura corporal, especialmente em nível visceral, também irá reduzir o risco de DM. Nesse contexto, o treinamento resistido pode resultar em alterações corporais que incluem redução da massa gorda independente da redução do peso corporal total.<sup>37</sup>

Nos animais submetidos ao treinamento de força do presente estudo foi observada a redução da gordura visceral associada ao aumento descritivo do peso da carcaça, fator representativo da massa muscular dos animais observados. Cauza et al.<sup>38</sup> já haviam observado que o aumento da massa muscular não está associado com o controle glicêmico, já que a redução da glicemia não é apenas dependente do volume muscular, mas também de alterações intrínsecas que ocorrem em função do treinamento de força. Holten et al.<sup>39</sup> observaram melhora da ação da insulina em função do aumento da expressão de GLUT-4, receptor de insulina, proteína quinase B- $\alpha/\beta$  e da enzima glicogênio sintase após seis semanas de treinamento de força. Yaspelkis<sup>40</sup> concluiu que o treinamento resistido pode melhorar o transporte de glicose em indivíduos saudáveis ou portadores de DM devido a maior ativação da cascata de sinalização da insulina.

Todas estas alterações induzidas pelo treino de força são capazes de melhorar o perfil metabólico do músculo esquelético e ocorrem independentemente de aumentos significativos na massa muscular.<sup>34</sup> Ressalta-se que o efeito protetor do exercício físico na DM relaciona-se não só aos mecanismos diretos de atuação, mas também à sua capacidade de reduzir a gordura visceral e às alterações metabólicas em nível muscular, que melhoram a captação e a utilização da glicose.

## CONCLUSÕES

Os resultados desse estudo indicam que o protocolo de treinamento de força adotado foi capaz de desencadear diversas alterações metabólicas nos animais avaliados que culminaram com a redução da sua glicemia.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao financiamento do CAPES/CNPq.



## REFERÊNCIAS

1. Sociedade Brasileira de Diabetes S. Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes: 2013-2014. São Paulo: AC Farmacêutica; 2014. 382 p.
2. Malerbi D, Franco LJ. The Brazilian Cooperative Group on the Study of Diabetes Prevalence. Multicenter study of the prevalence of diabetes mellitus and impaired glucose tolerance in the urban Brazilian population aged 30 a 69 years. *Diabetes Care*. 1992;15(11):1509-16. <http://dx.doi.org/10.2337/diacare.15.11.1509>. PMID:1468278
3. Moraes SA, Freitas IC, Gimeno SGA, Mondini L. Prevalência de diabetes mellitus e identificação de fatores associados em adultos residentes em área urbana de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, 2006: Projeto OBEDIARP. *Cad Saude Publica*. 2010;26(5):929-41. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2010000500015>. PMID:20563393
4. Bosi PL, Carvalho AM, Contrera D, Casale G, Pereira MA, Gronner MF, et al. Prevalência de diabetes melito e tolerância à glicose diminuída na população urbana de 30 a 79 anos da cidade de São Carlos, São Paulo. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2009;53(6):726-32. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-27302009000600006>. PMID:19893915
5. Barceló A, Aedo C, Rajpathak S, Robles S. The cost of diabetes in Latin America and the Caribbean. *Bull World Health Organ*. 2003;81(1):19-27. PMID:12640472.
6. Hu FB, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz G, Liu S, Solomon CG, et al. Diet, lifestyle, and the risk of type 2 diabetes mellitus in women. *N Engl J Med*. 2001;345(11):790-7. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa010492>. PMID:11556298
7. Tabina RA, Prestes J. Treinamento de Força e Síndrome Metabólica: uma revisão sistemática. *Rev Bras Cardiol*. 2013;26(1):66-76.
8. Monteiro LZ, Fiani CRV, Freitas MCF, Zanetti ML, Foss MC. Redução da pressão arterial, do IMC e da glicose após treinamento aeróbico em idosos com diabetes tipo 2. *Arq Bras Cardiol*. 2010;95(5):563-70. <http://dx.doi.org/10.1590/S0066-782X2010005000135>. PMID:20922265
9. Mercuri N, Arrechea V. Atividade física e diabetes mellitus. *Diabetes Clínica*. 2001;4:347-9.
10. Zabaglia R, Assumpção CO, Urtado CB, Souza TMF. Efeito dos exercícios resistivos em portadores de diabetes mellitus. *RBPFEEX*. 2009;3(18):547-58.
11. Reis Filho AD, Amorim PD, Pazdziora AZ, Santini E, Coelho-Ravagnani CF, Voltarelli FA. Efeito de 12 semanas de hidroginástica sobre a glicemia capilar em portadores de Diabetes Mellitus tipo II. *Rev Bras Ativ Fis e Saúde*. 2012;17(4):252-7.
12. Mairinck RS, Baia DP, Sousa NMF. Efeitos agudos e crônicos do exercício resistivo no controle glicêmico em indivíduos com Diabetes Mellitus. *Rev Bras Reabilitação e Atividade Física*. 2013;2(1):52-9.
13. Rocha NNR. Efeito do exercício de força na glicose sanguínea e análise dos valores lipídicos e composição corporal após o uso da leucina em pacientes com sobrepeso. *RBNE*. 2011;5(30):488-92.
14. Muthu K, Krishnamoorthy P. Evaluation of androgenic activity of *Mucuna pruriens* in male rats. *Afr J Biotechnol*. 2011;10(66):15017-9. <http://dx.doi.org/10.5897/AJB09.896>.
15. Renno ACM, Faganello FR, Moura FM, Santos NSA, Tirico RP, Bossini PS, et al. The effects of a progressive loading exercise program on femoral physical properties and strength of osteopenic rats. *Acta Ortop Bras*. 2007;15(5):276-9.
16. Marqueti RC, Parizotto NA, Chriguer RS, Perez SE, Selistre-de-Araujo HS. Androgenic-anabolic steroids associated with mechanical loading inhibit matrix metalloproteinase activity and affect the remodeling of the achilles tendon in rats. *Am J Sports Med*. 2006;34(8):1274-80. <http://dx.doi.org/10.1177/0363546506286867>. PMID:16636352
17. Kelliher P, Connor TJ, Harkin A, Sanchez C, Kelly JP, Leonard BE. Varying responses to the rat forced-swim test under diurnal and nocturnal conditions. *Physiol Behav*. 2000;69(4-5):531-9. [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9384\(00\)00213-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9384(00)00213-4). PMID:10913793
18. Ferreira LDMC-B, Bräu L, Nikolovski S, Raja G, Palmer TN, Fournier PA. Effect of streptozotocin-induced diabetes on glycogen resynthesis in fasted rats post-high-intensity exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2001;280(1):E83-91. PMID:11120662.
19. Casimiro-Lopes G, Alves SB, Salerno VP, Passos MC, Lisboa PC, Moura EG. Maximum acute exercise tolerance in hyperthyroid and hypothyroid rats subjected to forced swimming. *Horm Metab Res*. 2008;40(4):276-80. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2008-1046799>. PMID:18548387
20. Vadivel V, Pugalenth M. Studies on the incorporation of velvet bean (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) as an

- alternative protein source in poultry feed and its effect on growth performance of broiler chickens. *Trop Anim Health Prod.* 2010;42(7):1367-76. <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-010-9594-2>. PMID:20509048
21. Falcão-Tebas F, Tobias AT, Bento-Santos A, Santos JA, Vasconcelos DAA, Fidalgo MA, et al. Efeitos do treinamento físico durante a gestação sobre a evolução ponderal, glicemia e colesterolemia de ratos adultos submetidos à desnutrição perinatal. *Rev Bras Med Esporte.* 2012;18(1):58-62. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922012000100012>.
  22. Oliveira IS, Silva MI, Cavalcante DB, Alberto NSMC, Farias LM. Efeito do extrato aquoso de *ilex paraguariensis* (erva mate): estudo em ratos wistar. *R Interd.* 2014; 7(3):77-82.
  23. Kristiansen S, Gade J, Wojtaszewski JF, Kiens B, Richter EA. Glucose uptake is increased in trained vs. untrained muscle during heavy exercise. *J Appl Physiol.* 2000;89(3):1151-8. PMID:10956363.
  24. Silva JL, Maranhão RC, Vinagre CGCM. Efeitos do treinamento resistivo na lipoproteína de baixa densidade. *Rev Bras Med Esporte.* 2010;16(1):71-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922010000100014>.
  25. Forjaz CLM, Cardoso Junior CG, Araújo EA, Costa LAR, Teixeira L, Gomides RS. Exercício Físico e Hipertensão Arterial: Riscos e Benefícios. *Hipertensão.* 2006;9:104-12.
  26. Rogatto GP, Oliveira CAM, Faria MC, Luciano E. Respostas metabólicas agudas de ratos Wistar ao exercício intermitente de saltos. *Motriz.* 2004;10(2):61-6.
  27. Eves ND, Plotnikoff RC. Resistance training and type 2 diabetes: Considerations for implementation at the population level. *Diabetes Care.* 2006;29(8):1933-41. <http://dx.doi.org/10.2337/dc05-1981>. PMID:16873809
  28. Leite CF, Hartleben CP, Magalhães CS, Rombaldi AJ. Perfil lipídico e glicêmico de ratos treinados em exercício aeróbio ou anaeróbio e suplementados com maltodextrina. *Rev Bras Ciênc Esporte.* 2013;35(1):39-50. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-32892013000100005>.
  29. Strasser B, Siebert U, Schobersberger W. Resistance training in the treatment of the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of the effect of resistance training on metabolic clustering in patients with abnormal glucose metabolism. *Sports Med.* 2010;40(5):397-415. <http://dx.doi.org/10.2165/11531380-000000000-00000>. PMID:20433212
  30. Hurley BF, Hanson ED, Sheaff AK. Strength training as a countermeasure to aging muscle and chronic disease. *Sports Med.* 2011;41(4):289-306. <http://dx.doi.org/10.2165/11585920-000000000-00000>. PMID:21425888
  31. Flack KD, Davy KP, Hulver MW, Winett RA, Frisard MI, Davy BM. Aging, resistance training, and diabetes prevention. *J Aging Res.* 2010;2011:127315. PMID:21197110.
  32. Côté M, Mauriège P, Bergeron J, Alméras N, Tremblay A, Lemieux I, et al. Adiponectinemia in visceral obesity: impact on glucose tolerance and plasma lipoprotein and lipid levels in men. *J Clin Endocrinol Metab.* 2005;90(3):1434-9. <http://dx.doi.org/10.1210/jc.2004-1711>. PMID:15598678
  33. Lee S, Kuk JL, Davidson LE, Hudson R, Kilpatrick K, Graham TE, et al. Exercise without weight loss is an effective strategy for obesity reduction in obese individuals with and without Type 2 diabetes. *J Appl Physiol* (1985). 2005;99(3):1220-5. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.00053.2005>. PMID:15860689
  34. Strasser B, Siebert U, Schobersberger W. Resistance training in the treatment of the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of the effect of resistance training on metabolic clustering in patients with abnormal glucose metabolism. *Sports Med.* 2010;40(5):397-415. <http://dx.doi.org/10.2165/11531380-000000000-00000>. PMID:20433212
  35. Colberg SR, Albright AL, Blissmer BJ, Braun B, Chasan-Taber L, Fernhall B, 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.* 2010;42(12):2282-303. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181eeb61c>. PMID:21084931
  36. Kolka C. Treating Diabetes with exercise – focus on the microvasculature. *J Diabetes Metab.* 2013;4(4):308-24. PMID:24772374.
  37. Bouchonville M, Armamento-Villareal R, Shah K, Napoli N, Sinacore DR, Qualls C, et al. Weight loss, exercise or both and cardiometabolic risk factors in obese older adults: results of a randomized controlled trial. *Int J Obes.* 2014;38(3):423-31. <http://dx.doi.org/10.1038/ijo.2013.122>. PMID:23823329
  38. Cauza E, Strehblow C, Metz-Schimmerl S, Strasser B, Hanusch-Enserer U, Kostner K, et al. Effects of progressive strength training on muscle mass in type 2 diabetes mellitus patients determined by computed tomography. *Wien Med Wochenschr.* 2009;159(5-6):141-

7. <http://dx.doi.org/10.1007/s10354-009-0641-4>. PMid:19343291
39. Holten MK, Zacho M, Gaster M, Juel C, Wojtaszewski JFP, Dela F. Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. *Diabetes*. 2004;53(2):294-305. <http://dx.doi.org/10.2337/diabetes.53.2.294>. PMid:14747278
40. Yaspelkis BB 3rd. Resistance training improves insulin signaling and action in skeletal muscle. *Exerc Sport Sci Rev*. 2006;34(1):42-6. <http://dx.doi.org/10.1097/00003677-200601000-00009>. PMid:16394814

## INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Tavares RL: Mestre, UFPB.

Toscano LT: Mestre, UFPB.

Toscano LT: Graduada, UFPB.

Aquino JS: Doutora, UFPB.

Silva AS: Doutor, UFPB.

**Local de realização:** Laboratório de Nutrição Experimental, Departamento de Nutrição, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.

**Trabalho baseado em dissertação:** Capacidade anabólica de *Mucuna pruriens* em ratos treinados, 2014, Laboratório de Nutrição Experimental, Departamento de Nutrição, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.

**Fonte de financiamento:** Bolsa de mestrado concedida pelo CAPES/CNPq.

**Declaração de conflito de interesse:** Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Recebido: Set. 14, 2014  
Aprovado: Nov. 22, 2014