

EFEITOS DO CONSUMO DE REFRIGERANTE NO TECIDO CARDÍACO DE RATOS SUBMETIDOS A TREINO CONCORRENTE

Maria Luisa Tomiazzi¹, Thiago Pereira de Moraes¹, Rafael Felipe Siqueira dos Santos¹
Luis Felipe Valério¹, Lucas Silva Santos¹, Thiago Alves Garcia², Guilherme Akio Tamura Ozaki²
Henrique Izaias Marcelo^{1,3}, José Carlos Silva Camargo Filho⁴, Robson Chacon Castoldi^{1,5}

RESUMO

A associação do treinamento de resistência aeróbica (TRA) e do treinamento de força (TF) é chamada de "treinamento concorrente" (TC), e esse tipo de treinamento pode auxiliar no combate ao surgimento de doenças cardiovasculares. Apesar dos benefícios do TF, sabe-se que boa parcela da população consome refrigerantes, o que pode trazer consequências negativas para a saúde, principalmente a cardíaca. O objetivo deste estudo foi comparar os efeitos causados no tecido cardíaco de animais que consumiram refrigerante e realizaram protocolo de TC. Foram utilizados trinta e dois ratos Wistar machos, subdivididos em quatro grupos: Controle (C [n=8]); Consumo de refrigerantes (CR [n=8]); Treinamento Concorrente (TC [n=8]); e TC com Consumo de Refrigerantes (TCCR [n=8]). O TC foi composto por exercícios aeróbicos de natação e exercícios resistidos por meio de saltos no meio aquático. Os animais realizaram 3 sessões de treinamento por semana durante 4 semanas. A TC promoveu aumento na área, perímetro e diâmetro dos cardiomiócitos, enquanto o consumo de refrigerante, tanto isolado quanto adicionado à TC, não gerou alterações nas variáveis analisadas. A TC gerou aumento de cardiomiócitos e o consumo de refrigerante provocou diminuição dessas células. No entanto, esta diminuição não apresentou diferença estatisticamente significativa.

Palavras-chave: Treinamento Concorrente. Tecido Cardíaco. Refrigerante. Coração. Cardiomiócitos.

1 - Department of Physical Education. Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, São Paulo, Brasil.

2 - Department of Orthopedics and Traumatology, Faculty of Medical Sciences. State University of Campinas - UNICAMP, São Paulo, Brasil.

ABSTRACT

Effects of soda consumption on cardiac tissue in rats submitted to concurrent training

The association of aerobic resistance training (ART) and strength training (ST) is called "concurrent training" (CT), and this type of training can help combat the emergence of cardiovascular diseases. Despite the benefits of ST, it is known that a good portion of the population consumes soft drinks, which can bring negative consequences for health, especially the heart. The aim of this study was to compare the effects caused in cardiac tissue of animals that consumed soda and performed a CT protocol. Thirty-two male Wistar rats were used, subdivided into four groups: Control (C [n=8]); Soda Consumption (SC [n=8]); Concurrent Training (CT [n=8]); and CT with Soda Consumption (CTSC) [n=8]). The CT was composed of aerobic swimming exercises and resistance exercises through jumps in the aquatic environment. The animals performed 3 training sessions per week for 4 weeks. CT promoted an increase in the area, perimeter, and diameter of cardiomyocytes, while the consumption of soda, both isolated and added to the CT, did not generate alterations in the variables analyzed. CT generated an increase in cardiomyocytes and the consumption of soda caused a decrease in these cells. However, this decrease showed no statistically significant difference.

Key words: Concurrent training. Cardiac tissue. Soda. Heart. Cardiomyocytes.

3 - Department of Physiology and Biophysics, Institute of Biomedical Sciences, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, Brasil.

4 - Department of Physical Therapy. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, campus de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

5 - Postgraduate Program in Movement Sciences, Federal University of Mato Grosso do Sul - UFMS, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

INTRODUÇÃO

A associação do treinamento resistido aeróbico (TRA) e do treinamento de força (TF) é chamada de treinamento concorrente (TC) (Moret e colaboradores, 2013).

Nos últimos anos, o treinamento concorrente tem sido amplamente investigado, pois é um modelo de prescrição de exercício físico que combina treinamento de resistência e treinamento aeróbico na mesma sessão de treino, sem interferir no desenvolvimento das capacidades aeróbica e anaeróbica (Campos e colaboradores, 2013).

De acordo com Miranda e colaboradores (2014), o TF promove adaptações fisiológicas em todo o corpo, e em alguns casos, podemos observar que mesmo com poucas semanas de treino, há adaptações eficientes na pressão arterial sistólica e diastólica, enquanto os exercícios aeróbicos diminuem alguns fatores de risco em relação às doenças cardiovasculares.

Assim, a combinação desses dois modelos em uma única sessão de treino pode apresentar efeitos cardioprotetores que limitam os danos e o risco de desenvolver doenças cardiovasculares por meio da melhora na funcionalidade do coração e várias adaptações fisiológicas e hemodinâmicas (Marcelo e colaboradores, 2021; Fisher e colaboradores, 2022; Muscarella e colaboradores, 2020).

Por outro lado, ao considerar hábitos alimentares e nutricionais, nos últimos 50 anos o Departamento de Agricultura dos EUA mostrou um aumento no consumo de refrigerantes de mais de 500%. Esses dados também demonstram que metade da população americana e a grande maioria dos jovens consomem refrigerantes diariamente (Carmo, 2006).

Além disso, ano após ano, o consumo de bebidas, incluindo refrigerantes, vem aumentando gradualmente para toda a população mundial (Malik e Hu, 2022).

Nesse contexto, tem havido um interesse crescente na participação de bebidas com adição de açúcar no aumento da obesidade, resistência à insulina, inflamação crônica de baixo grau, dislipidemias e doenças cardiovasculares (Malik e Hu, 2022; Monteiro e colaboradores, 2016).

Assim, o objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos causados no tecido cardíaco de animais que consumiram refrigerantes e realizaram um protocolo de TC.

MATERIAIS E MÉTODOS

Considerações éticas

O estudo foi aprovado pelo Comitê Institucional Orientador de Pesquisa (CAPI) e Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, Presidente Prudente-SP, Brasil.

Animais

No estudo atual, foram utilizados 32 ratos Wistar machos, divididos em 4 grupos: Controle (C [n=8]); Consumo de Refrigerantes (CR [n=8]); Treinamento Concorrente (TC [n=8]); e Treinamento Concorrente com Consumo de Refrigerantes (TCCR [n=8]).

Os ratos foram alojados em caixas (polietileno), com temperatura ambiente controlada de 22°C, e luminosidade (ciclo claro/escuro de doze horas). Os grupos C e TC tiveram livre acesso à água (500ml) e ração padrão (500g) para roedores, enquanto os grupos que consumiram refrigerantes (CR e TCCR) tiveram livre acesso à água, ração padrão e refrigerante (500ml).

Os animais pertencentes ao grupo de treinamento foram submetidos previamente a um período de adaptação ao ambiente líquido e familiarização com o ambiente do experimento (treinamento). A pesquisa foi desenvolvida de acordo com as normas éticas e princípios de experimentação animal após aprovação pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA-UNOESTE / número 3359).

Protocolo de Treinamento Físico

O protocolo de treinamento aeróbico consistiu em três sessões semanais em dias não consecutivos, compreendendo 30 minutos de exercício de natação, com intensidade de 80% do limiar anaeróbico (Lan), estipulado a partir de um estudo previamente publicado por Manchado e colaboradores (2006). Para a parte aeróbica (natação), foi utilizado um tanque com tubos de PVC cilíndricos de 25 cm de diâmetro e 100 cm de altura, com água a uma profundidade de 70 cm (Ozaki e colaboradores, 2014).

Para o protocolo de treinamento anaeróbico (força), foram utilizados quatro conjuntos de 10 saltos, com sobrecarga correspondente a 50% do peso corporal de cada animal. Para isso, foi utilizado um tubo de

PVC de 25 cm de diâmetro e 80 cm de altura, com água a uma profundidade de 38 cm. A sobrecarga foi adicionada por meio de um colete, fabricado para esse tipo de exercício, preso à região do peito (Castoldi e colaboradores, 2013).

Coleta de Amostras

Quarenta e oito horas após a última sessão de exercício, os animais foram submetidos ao procedimento cirúrgico. Os animais foram eutanasiados por uma overdose de anestésicos: cloridrato de cetamina e cloridrato de xilazina, injetados intraperitonealmente (Castoldi e colaboradores, 2013).

Após a eutanásia, o coração do animal foi removido por procedimento cirúrgico, e então armazenado em solução de formaldeído (10%) para posterior processamento histológico (Gimenes e colaboradores, 2015).

Amostras do ventrículo esquerdo foram fixadas em solução de formaldeído tamponado a 10% por um período de 48 horas. Após a fixação, os corações foram seccionados transversalmente imediatamente abaixo do

sulco coronariano, e longitudinalmente, a fim de obter apenas os ventrículos esquerdos. Em seguida, passaram por um processo de lavagem, desidratação e inclusão em blocos de parafina para posterior preparação das lâminas histológicas. Os blocos contendo os fragmentos de tecido cardíaco foram cortados em um micrótomo rotativo pelo método semi-serial com espessuras de 5µm.

Coloração e Mensuração

As seções foram submetidas à coloração de Hematoxilina-Eosina (HE) para análise morfológica (Ozaki e colaboradores, 2015). Para a análise histomorfométrica, as imagens das lâminas coloridas com HE foram obtidas utilizando o microscópio óptico Nikon® eclipse 50i acoplado a uma câmera fotográfica Infinity 1. A partir das imagens, a área, perímetro e diâmetro foram medidos utilizando o software NIS-Elements. Para isso, foram utilizadas imagens com ampliação de 400x, e 50 cardiomiócitos de cada animal foram medidos (Marcelo e colaboradores, 2021; Junqueira e colaboradores, 2016).

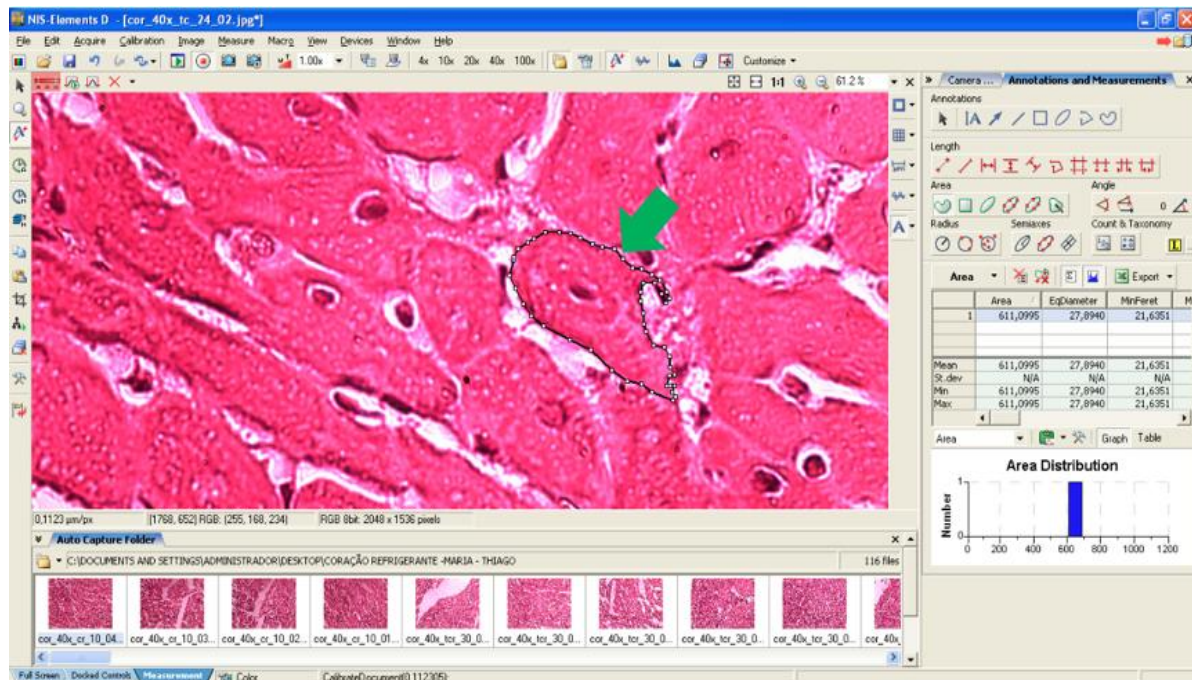


Figura 1 - Mensuração de um cardiomiócito detalhada pelo contorno preto, indicado pela seta verde.

Análise Estatística

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado às variáveis

do estudo. Sem distribuição gaussiana, o teste U de Mann-Whitney foi usado para comparar os grupos. Os cálculos foram realizados utilizando o software SPSS 22.0 para Windows®, e para

todas as análises o nível de significância foi de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Após a obtenção das seções histológicas, diferentes morfologias foram verificadas nos diferentes grupos experimentais (Figura 2).

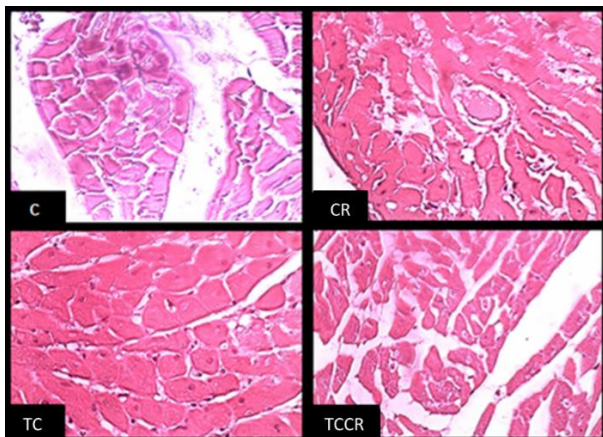


Figura 2 - Cortes histológicos com espessura de 50 micrômetros dos diferentes grupos experimentais. C= Controle; CR= Consumo de Refrigerante; TC= Treinamento Concorrente; TCCR= Treinamento Concorrente com Consumo de Refrigerante.

A partir dos dados obtidos, verificou-se que os grupos que ingeriram refrigerante apresentaram uma diminuição no perímetro dos cardiomiócitos (Figura 3).

No entanto, essa redução não alcançou uma diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$).

Por outro lado, o treinamento concorrente sem consumo de refrigerante foi capaz de aumentar significativamente o perímetro dos cardiomiócitos em relação aos outros grupos experimentais ($p < 0,05$).

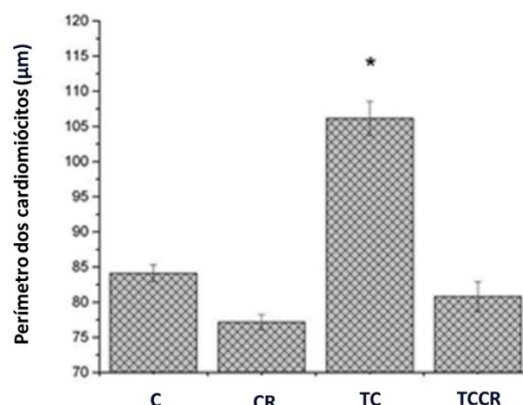


Figura 3 - Perímetro dos cardiomiócitos dos diferentes grupos experimentais. C= Controle; CR= Consumo de Refrigerante; TC= Treinamento Concorrente; TCCR= Treinamento Concorrente com Consumo de Refrigerante. * = diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos grupos C, CR e TCCR. Teste de Kruskal-Wallis com significância de 5%.

Além disso, o TC sem consumo de refrigerante mostrou um aumento significativo na área e no diâmetro dos cardiomiócitos quando comparado aos outros grupos, que demonstraram resultados semelhantes (Figuras 4 e 5).

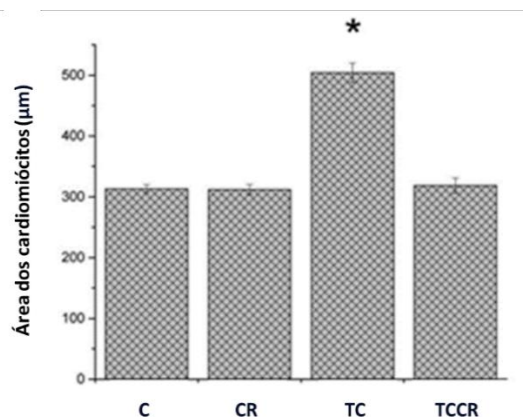


Figura 4 - Área dos cardiomiócitos dos diferentes grupos experimentais. C= Controle; CR= Consumo de Refrigerante; TC= Treinamento Concorrente; TCCR= Treinamento Concorrente com Consumo de Refrigerante. * = diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos grupos C, CR e TCCR. Teste de Kruskal-Wallis com significância de 5%.

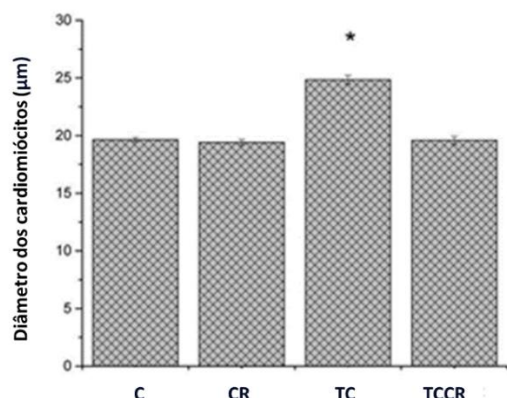


Figura 5 - Diâmetros dos cardiomiócitos dos diferentes grupos experimentais. C= Controle; CR= Consumo de Refrigerante; TC= Treinamento Concorrente; TCCR= Treinamento Concorrente com Consumo de Refrigerante. * = diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos grupos C, CR e TCCR. Teste de Kruskal-Wallis com significância de 5%.

DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos, foi possível observar uma ligeira diminuição nos cardiomiócitos no grupo TCCR, em relação ao grupo que consumiu refrigerante sem treino (CR). No entanto, após o teste estatístico, não houve diferença significativa ($p > 0,05$).

Apesar da ausência de uma diferença significativa, os resultados do presente estudo podem trazer informações de que o refrigerante pode causar danos ao tecido cardíaco, mais especificamente aos cardiomiócitos.

De acordo com uma revisão sistemática de Wolff e Dansinger (2008), embora estudos observacionais sustentem a hipótese de que refrigerantes açucarados causam ganho de peso, a escassez de dados de ensaios clínicos para confirmar essa hipótese deixou a questão em aberto para debate.

No entanto, a Organização Mundial da Saúde (OMS) aponta que há motivos suficientes para desencorajar o consumo de refrigerantes para uma alimentação saudável.

Estudos sobre refrigerantes mostram que uma possível explicação para o ganho de peso resultante do consumo excessivo de bebidas açucaradas seria o fato de que os efeitos fisiológicos da ingestão de energia na saciedade são diferentes para líquidos e alimentos sólidos (Rombaldi e colaboradores, 2011). Assim, o carboidrato ingerido em

líquidos promove um maior balanço energético positivo.

Possivelmente devido à menor distensão gástrica e ao trânsito mais rápido, a "detecção" da energia contida nos líquidos pelo corpo é dificultada e a ingestão subsequente de alimentos não se ajusta adequadamente para levar em conta a energia ingerida na forma líquida, o que pode ser uma das explicações para a redução na adaptação do tecido cardíaco no presente estudo (Rombaldi e colaboradores, 2011).

Nesse sentido, além de poder danificar o tecido cardíaco, como observado no presente estudo, o refrigerante pode causar danos a outros órgãos do corpo, especialmente ao sistema digestivo.

Em relação ao treinamento concorrente, um estudo de Monteiro e colaboradores, (2016), com adolescentes obesos, indicou benefícios do treinamento concorrente nas variáveis relacionadas à composição corporal e ao perfil lipídico (exceto HDL-C).

Além de poder melhorar a perda de peso, o treinamento concorrente pode ajudar a aumentar a massa muscular e as capacidades físicas (Castoldi e colaboradores, 2013).

Nesse sentido, de forma semelhante a Gimenes e colaboradores (2015), que identificou um aumento significativo na área de secção transversal do músculo gastrocnêmio em ratos Wistar que passaram por treinamento físico, nosso estudo mostrou que o treinamento concorrente também gera boa adaptação no músculo cardíaco.

No entanto, mais estudos são necessários para investigar a interação entre o treinamento concorrente e o coração, pois há indicações de que esse modelo de treinamento pode ser exaustivo e causar uma diminuição nos cardiomiócitos (Marcelo e colaboradores, 2021).

Assim, o presente estudo colabora com a literatura ao verificar os efeitos do consumo de refrigerantes no tecido cardíaco.

Concluimos que o treinamento concorrente isoladamente foi capaz de aumentar os cardiomiócitos, enquanto o consumo de refrigerante levou a uma diminuição nos cardiomiócitos. No entanto, essa diminuição não foi estatisticamente significativa.

CONCLUSÃO

O treinamento concorrente gerou um aumento nos cardiomiócitos e o consumo de refrigerante causou uma diminuição nessas células. No entanto, essa diminuição não apresentou diferença estatisticamente significativa.

Financiamento

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da Universidade do Oeste de São Paulo, sob o número 3359.

Conflito de interesses

Declaramos que não existem potenciais conflitos de interesse associados a esta publicação.

REFERÊNCIAS

- 1-Campos, A.L.P.; Del Ponte, L.S.; Cavalli, A.S.; Afonso, M.C.; Schild, J.F.G.; Reichert, F.R. Efeitos do treinamento concorrente sobre aspectos da saúde de idosos. *Rev. bras. cineantropom. desempenho hum.* Vol. 15. Num. 4. 2013. p. 437-447. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2013v15n4p437>
- 2-Carmo, M.B. Consumo de doces, refrigerantes e bebidas com adição de açúcar entre adolescentes da rede pública de ensino de Piracicaba, São Paulo. *Rev. Bras. Epidemiol.* Vol. 9. Num. 1. 2006. p. 121-130. <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2006000100015>
- 3-Castoldi, R.C.; Camargo, R.C.T.; Magalhães, A.J.B.; e colaboradores. Concurrent training effect on muscle fibers in Wistar rats. *Motriz: Revista de Educação Física.* Vol. 19. Num. 4. 2013. p. 717-723. <https://doi.org/10.1590/S1980-65742013000400008>
- 4-Fisher, S.; Smart, N.A.; Pearson, M.J. Resistance training in heart failure patients: a systematic review and meta-analysis. *Heart Fail Rev*; Vol. 27. Num. 5. 2022. p. 1665-1682. <https://doi.org/10.1007/s10741-021-10169-8>
- 5-Gimenes, C.R.; Gimenes, C.M.; Rosa, e colaboradores. "Low Intensity Physical Exercise Attenuates Cardiac Remodeling and Myocardial Oxidative Stress and Dysfunction in Diabetic Rats," *Journal of Diabetes Research.* 2015:10 pages. <https://doi.org/10.1155/2015/457848>
- 6-Junqueira, A.; Cicogna, A. C.; Engel, L. E.; Aldá, M. A.; Tomasi, L. C.; Giuffrida, R. Effects of Growth Hormone on Cardiac Remodeling During Resistance Training in Rats. *Arq. Bras. Cardiol.* Vol. 106. Num. 1. 2016. p. 18-25. <https://doi.org/10.5935/abc.20160003>
- 7-Malik, V.S.; Hu, F.B. The role of sugar-sweetened beverages in the global epidemics of obesity and chronic diseases. *Nat Rev Endocrinol.* Vol. 18. 2022. p. 205-218. <https://doi.org/10.1038/s41574-021-00627-6>
- 8-Manchado, F.B.; Gobatto, C.A.; Contarteze, R.V.L.; Papoti, M.; Mello, M.A.R. Máxima fase estável de lactato é ergômetro-dependente em modelo experimental utilizando ratos. *Rev. Bras. Med. Esporte.* Vol. 12. Num. 5. 2006. p. 233-236. <https://dx.doi.org/10.1590/s1517-86922006000500007>
- 9-Marcelo, H.I.; Aleixo, P.H.; da Silva, R.P.; Pacagnelli, F.L.; da Silva, R.B.B.V.; Camargo Filho, J.C.S.; Zanuto, E.A.C.; Castoldi, R.C. Effects of concurrent training and intermittent fasting on structural, functional, and morphological parameters of the heart. *Int. J. Morphol.* Vol. 39. Num. 4. 2021. p. 1190-1199. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022021000401190>
- 10-Miranda, J.M.Q.; Dias, L.C.; Mostarda, C.T.; Angelis, K.; Figueira, J.A.J.; Wichi, R.B. Efeito do treinamento de força nas variáveis cardiovasculares em adolescentes com sobrepeso. *Rev Bras Med Esporte.* Vol. 20. Num. 2. 2014. p. 125-130. <https://doi.org/10.1590/1517-86922014200201703>
- 11-Monteiro, S.L.V.; Meirelles, T.; Veiga, G.V.; Alves, P.R. Modificações no consumo de bebidas de adolescentes de escolas públicas na primeira década do século XXI. *Rev. bras. Epidemiol.* Vol. 19. Num. 2. 2016. p. 348-361. <https://doi.org/10.1590/1980-5497201600020012>
- 12-Moret, D.G.; Castoldi, R.C.; Araújo, R.G.; Spagnol, A.R.; Papoti, M.; Camargo Filho, J.C.S. Análise morfológica do músculo gastrocnêmio medial de ratos submetidos a um

protocolo de treinamento concorrente. Rev. Bras. Ciênc. Esporte. Vol. 35. Num. 3. 2013. p. 587-597. <https://dx.doi.org/10.1590/s0101-32892013000300005>

13-Muscarella, A.; Stefano, E.; Marsigliante, S. The effects of exercise training on lipid metabolism and coronary heart disease. Am J Physiol Heart Circ Physiol. Vol. 319. Num. 1. 2020. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00708.2019>

14-Ozaki, G.A.T.; Trindade, R.C.C.; Koike, T.M.; Garcia, A.T.; Castoldi, R.C.; Camargo Filho, J.C.S. Fractal Analysis of Skeletal Muscle Tissue of Rats Subjected to Stretch Injury. Int. J. Morphol Vol. 33. Num. 3. 2015. p. 908-913. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022015000300017>

15-Ozaki, G.A.T.; Koike, T.E.; Castoldi, R.C.; e colaboradores. Efeitos da remobilização por meio de exercício físico sobre a densidade óssea de ratos adultos e idosos. Motricidade. Vol. 10. Num. 3. 2014. p. 71-78. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273032047009>

16-Rombaldi, A.J.; Neutzling, M.B.; Silva, M.C.; Azevedo, M.R.; Hallal, P.C. Fatores associados ao consumo regular de refrigerante não dietético em adultos de Pelotas, RS. Rev. Saúde Pública. Vol. 45. Num. 2. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102011005000009>

17-Wolff, E.; Dansinger, M.L. Soft drinks and weight gain: how strong is the link? Medscape J. Med. Vol. 10. Num. 8. 2008. p. 189. PMID: PMC2562148

Mailing Address:

Robson Chacon Castoldi.
castoldi_rc@yahoo.com.br
Roberto Simonsen St., nº. 305
Neighborhood: Educational Center
Laboratory of Histology and Histochemistry
Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.
CEP: 19060-900.

Recebido para publicação em 25/07/2024
Aceito em 14/09/2024