

**MODULAÇÃO AUTÔNOMICA DE ADOLESCENTES COM SOBREPESO E OBESIDADE  
EM RECUPERAÇÃO AO EXERCÍCIO AERÓBICO SUBMÁXIMO**

Cicero Jonas R. Benjamim<sup>1</sup>

**RESUMO**

A análise cardiovascular pós-exercício é apontada como ferramenta confiável na análise do risco cardiovascular. Esse estudo objetivou investigar a recuperação da dinâmica não linear da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) após o exercício aeróbico submáximo em adolescentes com sobrepeso e obesidade. Participaram da pesquisa um total de 40 adolescentes com 10 a 17 anos de idade, sendo destes, 20 com sobrepeso (10 mulheres e 10 homens) e 20 com obesidade (10 mulheres e 10 homens). A amostra foi coletada de voluntários com diagnóstico nutricional de obesidade e sobrepeso, apresentando classificação do Índice de Massa Corporal (IMC) de acordo com gênero e idade (escores-z). Foram considerados para excesso de peso >escore-z +1 e <escore-z +2, para obesidade >escore-z +2. Os batimentos cardíacos dos adolescentes foram registrados em repouso (15-20min), durante o exercício (últimos 5 minutos) e após o exercício (Rec1: 5-10min; Rec2: 15-20min) em intervalos de gravação com 5 minutos cada. A análise simbólica da VFC foi aplicada para analisar a modulação dos componentes simpático (0V%, 1V%) e parassimpático (2LV%, 2ULV%). Os adolescentes com sobrepeso tiveram uma resposta similar aos com obesidade na fase de transição entre o repouso e exercício físico. Na análise de recuperação dos índices não-lineares da VFC os grupos de adolescentes com sobrepeso e obesidade também apresentaram respostas similares. A análise simbólica e não-linear da variabilidade da frequência cardíaca demonstrou que adolescentes com sobrepeso apresentam respostas em recuperação ao exercício similares àquelas com obesidade.

**Palavras-chave:** Obesidade. Sobrepeso. Fisiologia Cardiovascular. Sistema Nervoso Autônomo. Exercício físico.

**ABSTRACT**

Autonomic modulation of overweight and obesity adolescents in recovery from submaximum aerobic exercise

Post-exercise cardiovascular analysis is considered a reliable tool in the analysis of cardiovascular risk. This study aimed to investigate the recovery of nonlinear dynamics of heart rate variability (HRV) after submaximal aerobic exercise in overweight and obese adolescents. A total of 40 adolescents between 10 and 17 years of age participated in the research, of which 20 were overweight (10 women and 10 men) and 20 were obese (10 women and 10 men). The sample was collected from volunteers with a nutritional diagnosis of obesity and overweight, presenting a classification of Body Mass Index (BMI) according to gender and age (z-scores). For overweight >z-score +1 and <z-score +2, for obesity >z-score +2 were considered. Adolescents' heartbeats were recorded at rest (15-20min), during exercise (last 5 minutes) and after exercise (Rec1: 5-10min; Rec2: 15-20min) at recording intervals of 5 minutes each. Symbolic analysis of HRV was applied to analyze the modulation of the sympathetic (0V%, 1V%) and parasympathetic (2LV%, 2ULV%) components. Overweight adolescents had a similar response to those with obesity in the transition phase between rest and exercise. In the analysis of recovery of non-linear HRV indices, groups of overweight and obese adolescents also showed similar responses. Symbolic and non-linear analysis of heart rate variability showed that overweight adolescents have similar recovery responses to exercise as those with obesity.

**Key words:** Obesity. Overweight. Cardiovascular physiology. Autonomic Nervous System. Physical exercise.

1 - Department of Internal Medicine, Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil.

## INTRODUÇÃO

O excesso de peso categoriza o sobrepeso e obesidade como o aumento do peso da massa corporal além dos limites considerados normais.

Apesar do sobrepeso não ser considerado como uma condição patológica, é o principal fator de risco para a obesidade (Cho e colaboradores, 2018).

A obesidade é classificada pela Organização Mundial da Saúde como uma doença metabólica, além de ser fator de risco para o surgimento de outras doenças crônicas (e.g. diabetes tipo II, câncer, hipertensão arterial) (Benjamim e colaboradores, 2021a; Anderson, Caswell, 2009).

O excesso de peso associado à obesidade na idade juvenil é fator ainda mais debilitante, pois pode levar ao aparecimento precoce de desordens e morbidades (Santana e colaboradores, 2019).

Além disso, a sustentação da obesidade por longo tempo é um fator determinante no surgimento de desordens fisiológicas (Gil e colaboradores, 2019; Vanderlei e colaboradores, 2010). Tal fato é importante, pois o estado nutricional na infância encontra-se relacionado com o ganho e manutenção de massa gorda na idade adulta.

O sistema cardiovascular é um dos principais alvos do excesso de peso. O surgimento de doenças crônicas em decorrência do excesso de peso corporal apresenta uma contribuição significativa para um prognóstico cardiovascular não favorável.

Por este motivo, estudos foram realizados com o intuito de mensurar os efeitos do excesso de peso sobre o comportamento cardíaco (Santana e colaboradores, 2019; Vanderlei e colaboradores, 2010).

A análise cardiovascular pós-exercício é apontada como ferramenta confiável na análise do risco cardiovascular (Porto e colaboradores, 2022a).

Nesse sentido, o controle autonômico cardíaco desempenhado pelo sistema nervoso autônomo (SNA) representa um dos focos importantes na avaliação de desfechos cardiovasculares (Benjamim e colaboradores, 2022; Porto e colaboradores, 2022b).

Por meio dos intervalos adjacentes entre os batimentos cardíacos consecutivos (RRi) é possível analisar a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (Laborde e

colaboradores, 2017), um método trivial de avaliar o comportamento do SNA.

Prévios estudos demonstraram que a atividade vagal (parassimpática) de jovens com obesidade é atenuada, quando comparada com uma população eutrófica. Concernente a isto, a obesidade ao longo dos anos pode diminuir o tônus vagal da modulação parassimpática para o coração.

O exercício tem sido utilizado como um estímulo para auxiliar na interpretação fisiológica do controle autonômico do coração (Benjamim e colaboradores, 2021b).

Nesse sentido, a recuperação da VFC após o exercício tem sido amplamente empregada como uma variável de análise da adaptação do SNA (retomada vagal) sob diversos experimentos (Porto e colaboradores, 2021; Benjamim e colaboradores, 2021c).

Recentemente foi demonstrado que a atividade da VFC no sobrepeso e na obesidade apresentam uma resposta similar da recuperação autonômica (Santana e colaboradores, 2019).

No entanto, até aqui, algo pode ter sido negligenciado, tendo em vista que a recuperação da VFC nessas populações de crianças com excesso de peso somente foi avaliada por meio dos índices lineares da VFC.

A análise do comportamento não-linear da VFC pode revelar a dinâmica e a complexidade dos sistemas fisiológicos em detalhes e com mais precisão.

Com base nessa informação, esse estudo objetivou investigar a recuperação da dinâmica não linear da VFC após o exercício aeróbico submáximo em adolescentes com sobrepeso e obesidade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Participantes

Participaram da pesquisa um total de 40 adolescentes com 10 a 17 anos de idade, sendo destes, 20 com sobrepeso (10 mulheres e 10 homens) e 20 com obesidade (10 mulheres e 10 homens).

A amostra foi coletada de voluntários com diagnóstico nutricional de obesidade e sobrepeso, apresentando classificação do Índice de Massa Corporal (IMC) de acordo com gênero e idade este sendo dos 10 aos 19 anos (escores-z). Para excesso de peso >escore-z +1 e <escore-z +2, para obesidade >escore-z +2 (Turck e colaboradores, 2013).

Todos os procedimentos realizados com os participantes estavam de acordo com os padrões éticos da instituição e/ou comitê nacional de pesquisa (Resolução 466/2012) e com a Declaração de Helsinque de 1964.

Todos os voluntários assinaram uma carta de consentimento e foi informado dos procedimentos e objetivos do estudo. Os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil (Número 2.076.929).

### **Avaliações**

Os experimentos foram realizados entre 14:00hrs e 17:00hrs para padronizar a influência do ciclo circadiano. A sala de avaliação possui temperatura entre 22 e 24°C e umidade entre 40 e 70%. Todos os voluntários foram aconselhados a abster-se de bebidas cafeinadas, alimentos e exercício por pelo menos 24 horas antes de cada sessão de teste e consumir uma refeição leve 2 horas antes do procedimento experimental. Antes do início do protocolo de exercícios, as medidas de peso corporal em balança digital usando Welmy W 200/5, Brasil e altura no estadiômetro ES 2020, Sanny, Brasil foram registrados.

Antes do protocolo de exercício, o monitor de frequência cardíaca Polar RS800CX (Finland) foi testado e a cinta condutora foi inserida no terço inferior do esterno para registro da frequência cardíaca batimento a batimento. Em seguida, os participantes permaneceram sentados por 15 minutos para normalizar a atividade cardiovascular.

Após essas medidas, os participantes realizaram exercícios em uma esteira sem inclinação na velocidade de 70% do máximo estimado frequência cardíaca (220 – idade) durante 20 minutos. Os índices de VFC foram analisados nos seguintes períodos: 15–20 minutos de repouso (Rest), 15–20 minutos durante o exercício (Exercise), 5–10 minutos após o exercício (Rec1) e 15–20 minutos após o exercício (Rec2).

### **Análise não-linear da VFC**

#### **Análise simbólica**

A análise simbólica foi realizada através de distribuição do número de intervalos RR em seis níveis (0 a 5), o que os transforma em uma sequência de símbolos, a partir dos

quais existe uma metodologia espacial (sequência de três símbolos).

Todos os padrões possíveis eram agrupados em quatro clusters, independentemente, de acordo com o número e tipo de variação entre símbolos: 1) 0V corresponde a nenhuma variação [três símbolos idênticos, por exemplo (2,2,2) ou (4,4,4)]; 2) 1V corresponde a uma variação [dois símbolos consecutivos são iguais e o símbolo restante é diferente, por exemplo (4,2,2) ou (4,4,3)]; 3) 2LV representa dois variações semelhantes [os três símbolos formam uma rampa para cima ou para baixo, por exemplo (5,4,2) ou (1,3,4)]; 4) 2ULV representa duas variações opostas [três símbolos formam um pico ou vale, por exemplo (3,5,3) ou (4,1,2)]. Taxas de ocorrência desses aglomerados (0V%, 1V%, 2LV% e 2ULV%) foram examinados (Porta e colaboradores, 2007).

O índice 0V% é representativo de modulação simpática cardíaca. Os índices 1V% e 2LV% correspondem à modulação global da VFC, ou seja, à presença simultânea de modulação simpática e vagal. 2UV% estão relacionados à modulação vagal cardíaca.

### **Amostra**

O tamanho da amostra foi obtido pelo cálculo baseado em um teste piloto, em que o software online disponibilizado pelo site [www.lee.dante.br](http://www.lee.dante.br) foi utilizado. Para o cálculo, levamos em consideração a raiz quadrada média do índice de diferenças sucessivas como variável. A diferença significativa de magnitude assumida foi de 14,11 ms, com desvio padrão de 12,8 ms, por risco  $\alpha$  de 5% e  $\beta$  de 80%, e o tamanho amostral determinado foi de no mínimo 13 indivíduos por grupo.

### **Análise estatística**

Primeiramente foi realizada a distribuição de normalidade dos dados a partir do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (valor  $z > 1,0$ ). Para as distribuições normais, o teste de ANOVA1 foi aplicado para um teste de medidas repetidas seguido pelo pós-teste de Bonferroni. Para as distribuições não-normais, o teste de Friedman foi empregado seguido pelo pós-teste de Dunn's (Laborde e colaboradores, 2017). Difference significance value of p was set as  $<0.05$  or ( $<,5\%$ ).

O tamanho do efeito foi calculado pelo Cohen's d visando mensurar a magnitude das diferenças para os resultados significantes (Quintana, 2017), considerando >1 um tamanho de efeito grande, entre <1 a >0,8 um tamanho de efeito médio e, entre <0,8 a 0,5 um tamanho de efeito pequeno.

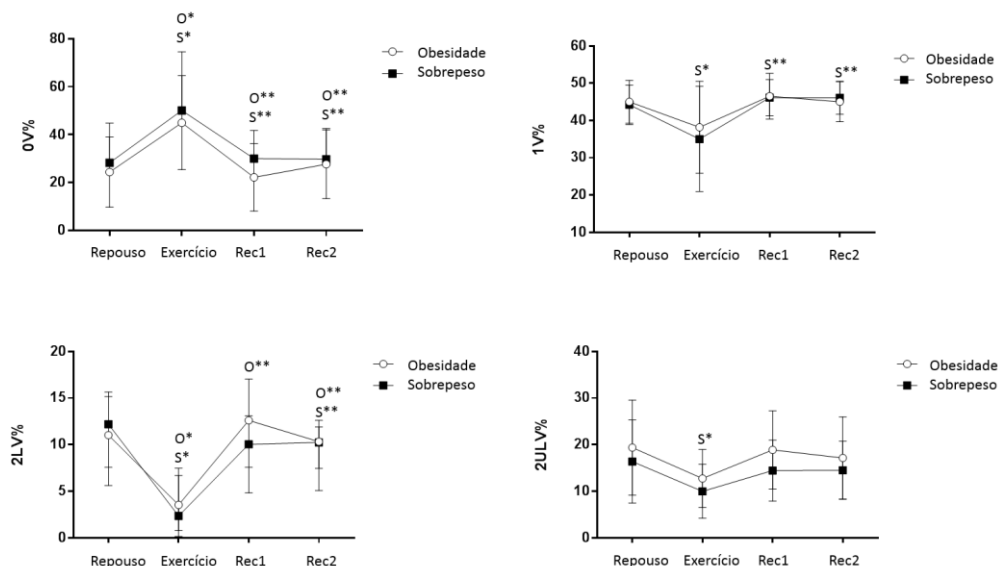
## RESULTADOS

### Adolescentes com obesidade

Na análise simbólica o índice 0V% mostrou um aumento significativo no exercício físico em comparação ao repouso (Cohen's d= 1.18). Diferenças também foram encontradas na análise de recuperação em comparação ao exercício físico (Exercício vs. 5-10min: Cohen's d= 1.33; Exercício vs. 15-20min: 1.01). O índice 2V% demonstrou uma diferença significativa na comparação do repouso vs. o exercício físico (Cohen's d=1.55) e na análise de comparação entre o momento do exercício físico vs. a recuperação (Exercício vs. 5-10min: Cohen's d= 1.76; Exercício vs. 15-20min: Cohen's d= 1.53) (Figura 1).

### Adolescentes com sobrepeso

Na análise simbólica, o índice 0V% demonstrou alterações na fase de repouso vs. o exercício físico (Cohen's d= 1.04) e na análise do exercício físico vs. a recuperação (Exercício vs. 5-10min: Cohen's d= 1.04; Exercício vs. 15-20min: Cohen's d= 1.04). O índice 1V% foi significativamente diminuído durante o exercício em comparação ao repouso (Cohen's d= 0.86), mas demonstrou diferenças significativas na análise de recuperação em comparação ao momento do exercício físico (Exercício vs. 5-10min: Cohen's d= 1.05; Exercício vs. 15-20min: Cohen's d= 1.06). O índice 2LV% se mostrou significativamente diminuído na fase de repouso vs. o exercício (Cohen's d= 0.96) e na análise de comparação entre o momento do exercício físico vs. a recuperação foi significativamente elevado (Exercício vs. 15-20min: Cohen's d= 0.80). O índice 2ULV% demonstrou uma queda significativa na fase de repouso em comparação ao exercício físico (Cohen's d= 0.84) (Figura 1).



**Figura 1** - Valores em média e desvio-padrão da análise simbólica da VFC em repouso, durante o exercício e na recuperação (Rec 1: 5-10min; Rec2: 15-20min) após o exercício.

\* Valores com diferenças significativas em comparação ao repouso ( $p < 0.05$ ); \*\* Valores com diferenças significativas em comparação ao exercício ( $p < 0.05$ ).

## DISCUSSÃO

O presente estudo teve como propósito investigar as respostas autonômicas de

adolescentes com obesidade e sobrepeso na recuperação exercício aeróbico submáximo.

Com o intuito de determinar diferenças de risco cardiovascular, nós observamos que na amostra do nosso estudo: 1) os indivíduos

sobrepesos tiveram uma resposta similar aos com obesidade na fase de transição entre o repouso e exercício físico; 2) na análise de recuperação dos índices não-lineares da VFC os grupos de adolescentes com sobrepeso e obesidade apresentaram respostas similares.

O aumento da modulação simpática para o coração é evidente em indivíduos com obesidade, no entanto, as alterações na modulação dos componentes simpáticos já podem ser evidenciadas desde a condição do sobrepeso (Grassi e colaboradores, 2019).

Em ambos os casos, o aumento da modulação simpática sobre o coração pode desencadear distúrbios crônicos do ritmo cardíaco, crises agudas arritmicas e remodelação cardiovascular.

Tais fatores são caracterizados como potenciais riscos para eventos cardiovasculares adversos (Gil e colaboradores, 2019).

Esses achados clínicos reforçam a necessidade de controle e manejo das condições de sobrepeso e obesidade de maneira precoce. As condições elucidadas nesse estudo podem ser acentuadas com a perda progressiva da função autonômica sobre o coração (Straznicky e colaboradores, 2012).

De maneira complementar, o surgimento de complicações adversas somadas ao sobrepeso e como causas da obesidade são fatores que mitigam ainda mais a modulação autonômica cardíaca (Grassi e colaboradores, 2019).

Além disso, tais aspectos podem estar associados à duração do excesso de peso. A permanência de indivíduos na condição de excesso de peso está relacionada negativamente com a modulação dos índices de baixa frequência (modulação simpática) e alta frequência (modulação vagal) e, conseqüentemente, com a redução da atividade global da VFC em jovens.

Esses efeitos são mais evidentes naquelas populações que apresentam essa condição por um período maior que três anos, independentemente da idade do indivíduo (Nagai e colaboradores, 2003).

As respostas similares encontradas entre os grupos no nosso estudo podem ser resultado das conseqüências do excesso de gordura corporal, associados ao aumento da pressão arterial sistólica e diastólica, dos triglicérides, da glicose em jejum e da resistência à insulina.

Apesar de não termos avaliados esses parâmetros, esses fatores promovem um aumento nos riscos de desenvolvimento de doenças cardiovasculares, principalmente nos indivíduos com obesidade (Friedemann e colaboradores, 2012).

Talvez, ainda, a duração da obesidade nos participantes não tenha sido por um período longo o suficiente a ponto de demonstrar alterações metabólicas e cardiovasculares significativas quando comparados ao sobrepeso (Nagai e colaboradores, 2003).

Nossos resultados demonstram que os adolescentes com sobrepeso e obesidade experimentam alterações semelhantes no controle autonômico cardíaco.

Além do mais, algumas populações de indivíduos sobrepeso já experimentam desvios no comportamento autonômico mais evidentes que aquelas com obesidade, sendo isto constatado por meio dos índices não-lineares da VFC.

A interpretação da análise simbólica da VFC possibilita verificar a variação do seu comportamento, seja a variação com diferentes padrões, indicada pelo índice 2ULV%, ou a não variação, representada pelo 0V%.

O primeiro está relacionado à atividade parassimpática, enquanto o segundo à atividade simpática.

Além disso, os índices 1V% e 2LV% estão relacionados ao comportamento da global (parassimpática e simpática) da VFC (Porta e colaboradores, 2007).

A análise simbólica se mostrou similar nos dois grupos, no 0V% ambos apresentaram respostas semelhantes em todos os intervalos. No 1V%, o grupo com sobrepeso apresentou uma recuperação mais rápida após o exercício físico, indicando que esse grupo teve uma recuperação mais rápida que os pacientes com obesidade.

No entanto, no índice 2LV%, associado com a análise global, a de recuperação dos participantes com obesidade foi diferente. Esses apresentaram diferenças do exercício em comparação com o primeiro momento da recuperação, ou seja, se recuperando mais rapidamente.

O índice 2ULV% revelou que o grupo com sobrepeso apresentou uma maior retirada vagal durante o exercício em comparação com o grupo com obesidade, tendo em vista que houve significância vs a etapa do repouso.



De maneira inversa, uma menor diminuição da retirada vagal apresentada pelos participantes com obesidade nos índices 1V% e 2ULV% talvez possa explicar o motivo da recuperação do seu grupo ter acontecido de maneira mais rápida.

Isso também pode caracterizar um certo grau de disfunção autonômica na ativação do componente simpático em situações de estresse (e.g. exercício físico) em indivíduos com obesidade (Nagai e colaboradores, 2003).

A SampEn indica a probabilidade da presença de padrões específicos em uma série de tempo, variando de 0, quando o sinal é mais regular, a um valor próximo a 2, quando é altamente irregular (Heffernan e colaboradores, 2007).

Na entropia amostral os dois grupos apresentaram diferenças durante o exercício físico em comparação ao repouso, entretanto no primeiro momento da recuperação os participantes com obesidade já demonstraram diferenças em comparação à fase de ativação simpática.

No grupo sobrepeso, a recuperação da SampEn ocorreu apenas no segundo momento da gravação, indicando que a retorno dos valores basais da SampEn ocorreu de maneira mais otimizada no grupo com obesidade.

O DFA se mostrou aumentado durante o exercício físico em ambos os grupos quando comparado com o repouso. Após o exercício, o grupo com obesidade apresentou uma recuperação mais rápida.

No entanto, esse resultado não se sustentou no segundo intervalo da recuperação (Rec 2). O resultado do DFA, assim como o da SampEn, provavelmente possa ser justificado por uma possível perda do controle autonômico da cardíaco em pacientes com obesidade.

O estudo de Oliveira e colaboradores, (2013) com adolescentes com obesidade evidenciou uma correlação negativa entre o percentual de gordura e a presença de uma disfunção autonômica, relacionada à diminuição da função vagal cardíaca.

Outro estudo que avaliou a dinâmica não linear da VFC em crianças com obesidade utilizando expoentes fractais de curto e longo prazo por DFA, sugeriu que crianças obesas apresentavam uma disfunção autonômica, com diminuição da atividade simpática e parassimpática, simultânea.

Além disso, evidenciaram que há uma perda nas propriedades das correlações

fractais de curto prazo da dinâmica da FC (Vanderlei e colaboradores, 2010).

Um trabalho do nosso grupo realizado anteriormente, demonstrou que tanto a adolescente com obesidade como sobrepesos experimentaram alterações similares no controle autonômico cardíaco, com ausência de diferenças significativas em suas respostas autonômicas ao exercício (Santana e colaboradores, 2019).

No entanto, nossas análises não-lineares fornecem dados adicionais sobre as respostas autonômicas em adolescentes com obesidade e com sobrepeso ao exercício físico a partir da análise da VFC por meio de métodos não-lineares.

Na literatura, são escassos trabalhos que abordem esse tipo de análise sobre a recuperação da VFC após o exercício físico. Por este estudo ser pioneiro nessa análise, outras investigações são necessárias para confirmar os dados aqui encontrados.

Trabalhos utilizando a análise da VFC a partir de métodos não lineares ainda são pouco frequentes na literatura (Benjamim e colaboradores, 2022).

Sugerimos, portanto, a necessidade de mais abordagens dedicadas à essa análise afim de fornecer dados mais robustos acerca desse tema. Nós também recomendamos que os próximos estudos considerem a duração da obesidade e como essa constante influencia as alterações cardiovasculares em indivíduos com obesidade.

Poucos estudos foram encontrados abordando os índices não lineares da VFC, além disso não levamos em consideração a duração da obesidade nos adolescentes avaliados e, apesar da nossa população ser limitada, foi possível ultrapassar o número do cálculo amostral.

## CONCLUSÃO

A análise simbólica e não-linear da variabilidade da frequência cardíaca demonstrou que adolescentes com sobrepeso apresentam respostas em recuperação ao exercício similares àquelas com obesidade.

## REFERÊNCIAS

1-Anderson, A.S.; Caswell, S. Obesity management-an opportunity for cancer prevention. Surgeon. Vol. 7. Núm. 5. p.282-285. 2009.

- 2-Benjamim, C.J.R.; Pontes, Y.M.M.; Sousa Junior, F.W.; Porto, A.A.; Bueno Júnior, C.R.; Marcelino da Silva, A.A.; Ferro Cavalcante, T.C.; Garner, D.M.; Valenti, V.E. Does bariatric surgery improve cardiac autonomic modulation assessed by heart rate variability? A systematic review. *Surg Obes Relat Dis*. Vol. 17. Núm. 8. p. 1497-1509. 2021a.
- 3-Benjamim, C.J.R.; Júnior, F.W.S.; Porto, A.A.; Rocha, É.M.B.; Santana, M.D.; Garner, D.M.; Valenti, V.E.; Bueno Júnior, C.R. Bitter Orange (*Citrus aurantium* L.) Intake Before Submaximal Aerobic Exercise Is Safe for Cardiovascular and Autonomic Systems in Healthy Males: A Randomized Trial. *Front Nutr*. Vol. 9. Núm. 890388. 2022.
- 4-Benjamim, C.J.R.; Monteiro, L.R.L.; Pontes, Y.M.M.; Silva, A.A.M.D.; Souza, T.K.M.; Valenti, V.E.; Garner, D.M.; Cavalcante, T.C.F. Caffeine slows heart rate autonomic recovery following strength exercise in healthy subjects. *Rev Port Cardiol*. Vol. 40. Núm. 6. p. 399-406. 2021b.
- 5-Benjamim, C.J.R.; Sousa Júnior, F.W.; Figueirêdo, M.Í.L.S.; Benjamim, C.J.R.; Cavalcante, T.C.F.; Silva, A.A.M.; Monteiro, L.R.L.; Santana, M.D.R.; Garner, D.M.; Valenti, V.E. Beetroot (*Beta Vulgaris* L.) Extract Acutely Improves Heart Rate Variability Recovery Following Strength Exercise: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Crossover Trial-Pilot Study. *J Am Coll Nutr*. Vol. 40. Núm. 4. p. 307-316. 2021c.
- 6-Cho, Y.H.; Craig, M.E.; Jopling, T.; Chan, A.; Donaghue, K.C. Higher body mass index predicts cardiac autonomic dysfunction: A longitudinal study in adolescent type 1 diabetes. *Pediatr Diabetes*. Vol.19. Núm.4. p.794-800. 2018.
- 7-Friedemann, C.; Heneghan, C.; Mahtani, K.; Thompson, M.; Perera, R.; Ward, A.M. Cardiovascular disease risk in healthy children and its association with body mass index: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. Vol. 345. Núm. e4759. 2012.
- 8-Gil, S.; Peçanha, T.; Dantas, W.S.; Murai, I.H.; Merege-Filho, C.A.A.; Sá-Pinto, A.L.; Pereira, R.M.R.; Cleve, R.; Santo, M.A.; Rezende, D.A.N.; Kirwan, J.P.; Gualano, B.; Roschel, H. Exercise Enhances the Effect of Bariatric Surgery in Markers of Cardiac Autonomic Function. *Obes Surg*. Vol. 31. Núm. 3. p. 1381-1386. 2019.
- 9-Grassi, G.; Biffi, A.; Seravalle, G.; Trevano, F.Q.; Dell'Oro, R.; Corrao, G.; Mancia, G. Sympathetic Neural Overdrive in the Obese and Overweight State. *Hypertension*. Vol. 74. Núm. 2. p. 349-358. 2019.
- 10-Heffernan, K.S.; Fahs, C.A.; Shinsako, K.V.; Jae, S.Y.; Fernhall, B. Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. Vol. 293. Núm. 5. p. 3180-3186. 2007.
- 11-Laborde, S.; Mosley, E.; Thayer, J.F. Heart Rate Variability and Cardiac Vagal Tone in Psychophysiological Research - Recommendations for Experiment Planning, Data Analysis, and Data Reporting. *Front Psychol*. Vol. 8. Núm. 213. 2017.
- 12-Nagai, N.; Matsumoto, T.; Kita, H.; Moritani, T. Autonomic nervous system activity and the state and development of obesity in Japanese school children. *Obes Res*. Vol. 11. Núm. 1. p. 25-32. 2003
- 13-Oliveira, C.Q. Modulação autonômica da frequência cardíaca em adolescentes com e sem obesidade. Tese de Doutorado. FIOCRUZ-RJ. Rio de Janeiro. 2013.
- 14-Porta, A.; Tobaldini, E.; Guzzetti, S.; Furlan, R.; Montano, N.; Gneccchi-Ruscione, T. Assessment of cardiac autonomic modulation during graded head-up tilt by symbolic analysis of heart rate variability. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. Vol. 293. p. H702-H708. 2007.
- 15-Porto, A.A.; Gonzaga, L.A.; Benjamim, C.J.R.; Garner, D.M.; Adami, F.; Valenti, V.E. Effect of oral l-arginine supplementation on post-exercise blood pressure in hypertensive adults: A systematic review with meta-analysis of randomized double-blind, placebo-controlled studies. *Science & Sports*. 2022a.
- 16-Porto, A.A.; Benjamim, C.J.R.; Gonzaga, L.A.; Luciano de Almeida, M.; Bueno Júnior, C.R.; Garner, D.M.; Valenti, V.E. Caffeine intake and its influences on heart rate variability recovery in healthy active adults after exercise: A systematic review and meta-analysis. *Nutr*

Metab Cardiovasc Diss. Vol. 32. Núm. 5. p. 1071-1082. 2022b.

17-Porto, A.A.; Valenti, V.E.; Tonon do Amaral, J.A.; Benjamim, C.J.R.; Garner, D.M.; Ferreira, C. Energy Drink before Exercise Did Not Affect Autonomic Recovery Following Moderate Aerobic Exercise: A Crossover, Randomized and Controlled Trial. *J Am Coll Nutr.* Vol. 40. Núm. 3. p. 280-286. 2021.

18-Quintana, D.S. Statistical considerations for reporting and planning heart rate variability case-control studies. *Psychophysiology.* Vol. 54. Núm. 3. p. 344-349. 2017.

19-Santana, M.D.R.; Kliszczewicz, B.; Vanderlei, F.M.; Monteiro, L.R.L.; Martiniano, E.C.; Moraes, Y.M.; Manguiera, L.B.; Alcantara, G.C.; Silva, J.R.A.; Benjamim, C.J.R.; Oliveira, F.R.; Valenti, V.E. Autonomic responses induced by aerobic submaximal exercise in obese and overweight adolescents. *Cardiology in the Young.* Vol. 29. p. 169-173. 2019.

20-Straznicky, N.E.; Grima, M.T.; Sari, C.I.; Eikelis, N.; Lambert, E.A.; Nestel, P.J.; Esler, M.D.; Dixon, J.B.; Chopra, R.; Tilbrook, A.J.; Schlaich, M.P.; Lambert, G.W. Neuroadrenergic dysfunction along the diabetes continuum: a comparative study in obese metabolic syndrome subjects. *Diabetes.* Vol. 61. Núm. 10. p. 2506-2516. 2012.

21-Turck, D.; Michaelsen, K.F.; Shamir, R.; Braegger, C.; Campoy, C.; Colomb, V.; Decsi, T.; Domellöf, M.; Fewtrell, M.; Kolacek, S.; Mihatsch, W.; Moreno, L.A.; Van Goudoever, J. World Health Organization 2006 child growth standards and 2007 growth reference charts: A discussion paper by the committee on Nutrition of the European Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* Vol. 57. Núm. 2. p. 258-264. 2013.

22-Vanderlei, L.C.M.; Pastre, C.M.; Júnior, I.F.F.; Godoy, M.F. Fractal correlation of heart rate variability in obese children. *Auton Neurosci.* Vol. 155. Núm. 2. p. 125-129. 2010.

Autor correspondente:  
Cicero Jonas R. Benjamim.  
jonasbenjamim@usp.br  
University of São Paulo - Ribeirão Preto  
Medical School.  
Av. Bandeirantes, 3900 - Campus da USP.  
Ribeirão Preto-SP, Brazil.  
CEP: 14049-900.  
Phone: +55 16 3315-0229

Recebido para publicação em 12/07/2022  
Aceito em 26/08/2022