



Comentário

Commentary



**Prescrição de treinamento físico baseado na variabilidade da frequência cardíaca: uma questão de saúde e de desempenho**  
*Prescription of Exercise Training Based on Heart Rate Variability: A Health and Performance Issue*

Aline Tito Barbosa Silva<sup>§1</sup> MD

Recebido em: 14 de março de 2024. Aceito em: 17 de outubro de 2024.  
Publicado online em: 24 de outubro de 2024.  
DOI: 10.37310/ref.v93i3.2961

**Resumo**

**Introdução:** A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é um indicador de homeostase biopsicofisiológico e tem sido amplamente utilizado como método de aplicação de intensidade no treinamento físico. Trata-se de uma ferramenta para estimar limiar ventilatório e aptidão cardiorrespiratória e o nível de recuperação do atleta. Entender sua aplicação no planejamento do treinamento é tema de grande relevância para cientistas, treinadores e atletas.

**Objetivo:** Apresentar a importância da aplicação da VFC no planejamento do treinamento aeróbico de atletas, tanto amadores quanto profissionais.

**Conclusão:** Os principais pontos encontrados no estudo são a promissora aplicabilidade da VFC como monitoramento e guia de prescrição de treino para atletas de resistência.

**Palavras-chave:** variabilidade da frequência cardíaca, sistema nervoso autônomo, atletas, síndrome de excesso de treinamento.

**Abstract**

**Introduction:** Heart rate variability (HRV) is an indicator of biopsychophysiological homeostasis and has been widely used as a method of applying intensity in exercise training. It is a tool to estimate ventilatory threshold and cardiorespiratory fitness and the level of recovery of the athlete. Understanding its application in training planning is a topic of great relevance for scientists, coaches and athletes.

**Objective:** To present the importance of the application of HRV in the planning of aerobic training for athletes, both amateur and professional.

**Conclusion:** The main points found in the study are the promising applicability of HRV as a monitoring and training prescription guide for endurance athletes.

**Keywords:** heart rate variability, autonomic nervous system, athletes, overtraining syndrome.

<sup>§</sup> Autor correspondente: Aline Tito Barbosa Silva – ORCID: 0002-4317-8816, e-mail [alinetito.bs@gmail.com](mailto:alinetito.bs@gmail.com)  
Afiliações: <sup>1</sup>Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Pontos Chave**

- A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) apresenta-se como método de avaliação do Sistema Nervoso Autônomo (SNA).

- A VFC é um indicador importante na prevenção da síndrome de overtraining (excesso de treinamento).

- A VFC é uma ferramenta de alta relevância na execução do plano de treinamento por meio do monitoramento do equilíbrio entre estímulos e repouso-recuperação nos atletas profissionais ou amadores.

## Prescrição de treinamento físico baseado na variabilidade da frequência cardíaca: uma questão de saúde e de desempenho

No contexto da prática de atividade física o monitoramento da frequência cardíaca é muito importante. Sendo recomendado que, se possível, seja realizado um teste de esforço (ou teste ergométrico) para estimar a função cardiorrespiratória previamente ao início do programa de exercícios(1), devendo ser repetido de tempos em tempos. A função cardíaca está relacionada com vários outros sistemas orgânicos, que por sua vez podem estar relacionados entre si potencializando os efeitos sobre a atividade cardíaca. Alguns fatores podem ser citados: estados psicológicos<sup>1</sup>(2,3), hormônio sexuais estrogênio(4), testosterona(5), variáveis metabólicas glicolípídicas(2,3) e hormônios da tireoide(6). A prática de exercícios pode ajudar a proteger a saúde de todos esses sistemas(7).

Uma variável cardíaca que pode ser utilizada para avaliar estresse psicológico e/ou estresse fisiológico é a variabilidade da frequência cardíaca (VFC)(8,9). A VFC refere-se à medida das flutuações do ritmo cardíaco batimento a batimento observadas em um determinado período de tempo. Pode ser avaliada de duas maneiras: pela medição dos intervalos RR, no caso do ECG, e pelos intervalos interbatimentos da taxa de pulso(10). Nos primórdios, entendia-se como base fisiológica da VFC relativa a um reflexo do sistema nervoso autônomo (SNA). Especificamente, exibia a atuação do sistema nervoso simpático (SNS) *versus* o sistema nervoso parassimpático (SNP), com maior VFC sendo atribuída ao aumento da atividade do SNP(11,12), que por conseguinte envolve a integração complexa e não linear de múltiplos processos fisiológicos, sendo um fenômeno que envolve além do

### Key Points

- Heart rate variability (HRV) is presented as a method of evaluation of the Autonomic Nervous System (ANS).
- HRV is an important indicator for overtraining syndrome prevention.
- HRV is a highly relevant tool in the execution of the training plan by monitoring the balance between stimuli and rest-recovery in professional or amateur athletes.

sistema nervoso cardíaco intrínseco, reguladores externos, como a respiração e a pressão arterial(12). Uma grande parte dessas mudanças temporais na frequência cardíaca ocorre sincronizada com a respiração, Parati *et al.*(13) explicam: a frequência cardíaca aumenta (o intervalo R–R encurta) durante a inspiração e diminui (o intervalo R–R prolonga) durante a expiração e, portanto, são chamadas de arritmia sinusal respiratória. As contribuições exatas das divisões parasimpática e simpática do sistema nervoso autônomo para a VFC permanecem como objeto de investigação e debate(10). Um baixo nível de VFC é uma das principais causas da taxa de mortalidade entre adultos, assim, a VFC é um fator importante na avaliação do risco de doenças cardíacas e o estado do SNA(14).

A VFC é um método muito utilizado para os estudos dos mecanismos fisiológicos responsáveis pelo controle das flutuações da frequência cardíaca. A implicação clínica da análise da VFC está bem estabelecida como preditor de risco de eventos arrítmicos ou morte súbita cardíaca após infarto agudo do miocárdio agudo e como marcador clínico de

<sup>1</sup> *Estados psicológicos*: O sofrimento psicológico está relacionado ao estresse fisiológico, tanto pontualmente quanto ao longo do tempo, o que leva a níveis mais altos de insulina e glicose, fatores que estão associados a risco coronário aumentado e doença cardíaca coronária.

neuropatia diabética em evolução(15). Nesse sentido, há a possibilidade de se tratar falha cardíaca, por meio de intervenção no nervo vago(16). Estudo recente de Oscoz-Ochandorena et al.(17) em pacientes com síndrome de CoViD-19 longa (n=87), os resultados mostraram que os parâmetros da VFC foram significativamente menores em comparação com o grupo controle, enquanto frequência cardíaca, índice de estresse e índice do SNS foram significativamente maiores. Além disso, houve um efeito parcialmente mediado entre o pico de  $VO^2$  e  $RMSSD^2$  (efeito de mediação = 24,4%), bem como o pico de  $VO^2$  e  $SDNN^3$  (efeito de mediação = 25,1%) nos pacientes com CoViD-19 longa(17). Esses achados trouxeram novos *insights* sobre a interação entre os indicadores de baixa aptidão cardiorrespiratória e baixa VFC, bem como endossam que a disfunção autonômica pode estar relacionada ao baixo pico de  $VO^2$  observado em pacientes com COVID-19 longa(17).

Além de ser uma avaliação importante do ponto de vista da saúde, a VFC tem relevância fundamental no planejamento e desenvolvimento de programas de treinamento físico de atletas amadores e profissionais, sendo uma ferramenta para estimar limiar ventilatório(18) e aptidão cardiorrespiratória. A VFC é uma ferramenta de ampla utilização para orientação de treinamento físico por ser de fácil manuseio e empregabilidade, e como reflete a eficiência do sistema nervoso autonômico, o equilíbrio entre SNS e o SNP e sua integração com outros sistemas, como respiratório, circulatório e imunológico(12,14,19). Isto porque o exercício físico promove um aumento na VFC, pois, durante a realização do exercício, a atividade cardíaca do SNP diminui e a atividade do SNS aumenta, levando a novos aumentos na frequência cardíaca. Embora a atividade do SNS predomine

em exercícios de intensidades mais altas, há evidências que apoiam os efeitos mensuráveis da atividade do SNP mesmo em altas intensidades de exercício(12,20).

#### *Análise da VFC*

O método mais utilizado na coleta de dados para avaliação da VFC tem sido a medida diária da frequência cardíaca basal, que é aquela aferida pela manhã ao despertar, antes de levantar-se da cama. Existem, ainda, outros métodos para esse monitoramento como os relógios inteligentes (*smartwatches*) que podem mensurar a VFC mesmo durante o sono(21). As análises das medidas adquiridas com tais equipamentos podem ser executadas em função de dois parâmetros: domínio do tempo e domínio da frequência(15,22). O domínio do tempo realiza análises com registros que derivam de tempos superiores a 10 minutos, onde se avalia  $SDNN$ ;  $RMSSD$ .  $SDNN$  mede a variabilidade por períodos maiores e reflete as atividades simpática e parassimpática, enquanto a  $RMSSD$  captura variabilidade em intervalos menores de tempo, o que reflete melhor a atividade parassimpática. O domínio da frequência utiliza registros da intensidade das ondas verificadas em intervalos de tempo menores tendo sido verificado na literatura intervalos de tempo de até 4 segundos, seus componentes mais estudados são: HF (High Frequency) que corresponde à modulação respiratória e é um indicador da atuação do nervo vago sobre o coração; LF (Low Frequency), decorrente da ação conjunta dos componentes parassimpático e simpático sobre o coração, com predominância do simpático(10,12,14,23).

Dentre os fatores que interferem na variabilidade da frequência cardíaca, estão a idade, o sexo, a aptidão cardiorrespiratória e o nível de treinamento do atleta(12).

O exercício físico regular pode levar a aumento da variabilidade da frequência cardíaca, especialmente quando o componente aeróbico é intenso, como ocorre nos atletas de *endurance*(12,12,20), isto se explica, em parte, pela mediação da variável  $VO^2$  em parâmetros que compõem a análise da VFC(17).

<sup>2</sup>  $RMSSD$ : raiz quadrada média das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo de tempo.

<sup>3</sup>  $SDNN$ : desvio padrão dos intervalos R-R normais gravados num intervalo de tempo.

Em atletas, a VFC pode ser utilizada, também, com indicador para a síndrome de *overtraining* no acompanhamento de atletas com rotina constante de treinamento físico intenso, pois, ocorre redução da VFC quando há excesso de treinamento, além de outras alterações como distúrbios do sono, fadiga, distúrbios de humor, alterações hormonais, dor muscular prolongada e redução na capacidade de exercício(12).

#### *Variabilidade da frequência cardíaca (VFC) na atividade física*

A VFC é significativamente afetada pela atividade física, apresentando a tendência de diminuição à medida que a duração e a intensidade do exercício aumentam(24). O exercício físico promove benefícios à VFC em todas as populações, isto é, independentemente de faixa etária ou gênero, sendo que indivíduos envolvidos regularmente em atividade física de intensidades de moderada a vigorosa apresentaram maior VFC e menor frequência cardíaca(12,14,20,25). Nesse sentido, um estudo em 66 adultos sedentários de meia-idade ( $53,6 \pm 4.4$ ) de ambos os sexos, que aplicou 12 semanas de um programa de treinamento físico, incluindo três tipos distintos: atividade física regular, segundo o definido pela Organização Mundial da Saúde (OMS)<sup>4</sup>; exercício físico de alta intensidade intervalado (*high-intensity interval training*: HIIT); e HIIT com eletromioestimulação. Os resultados demonstraram que todas as modalidades de exercício promoveram melhora estatisticamente significativa dos parâmetros de VFC entre adultos sedentários(28). Importante destacar que

os autores encontraram associações entre mudanças na composição corporal e no risco cardiometabólico, além das mudanças na VFC relacionadas ao exercício. Ainda em relação ao HIIT, uma metanálise recente demonstrou que foi a modalidade de exercício mais eficaz para melhorar a VFC (os intervalos normal-normal, a raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre intervalos normal-normal adjacentes e a razão de potência baixa frequência cardíaca/alta frequência cardíaca(23). Segundo o guia para prática de atividade física para a promoção da saúde em americanos afirma que, embora o cumprimento das diretrizes padrão esteja recomendado, o limite no qual os benefícios para a saúde começam a se acumular é inferior a 150 minutos por semana para a maioria dos resultados. Assim, deixar de ser inativo, passando a fazer alguma atividade física na semana já trará benefícios na física na redução do risco de doenças cardiovasculares(27).

#### *Variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em atletas*

O monitoramento diário da VFC em atletas tem sido amplamente utilizado há décadas por treinadores e pelos atletas (profissionais e amadores)(10,12). Atletas de *endurance*, remadores, ciclistas, esquiadores e corredores de longa distância têm, de forma geral, maior VFC em repouso do que atletas de outras modalidades(12).

Período para uma recuperação autonômica completa do atleta

Qual o período necessário para a recuperação autonômica completa do atleta, após uma sessão de treinamento? Um estudo de revisão demonstrou que, após uma única sessão de treinamento aeróbico, o tempo necessário para a recuperação autonômica cardíaca completa é de até 24h após exercício de baixa intensidade; após exercício de

<sup>4</sup> *Atividade física regular*: O termo existe desde 1968(26) e, segundo a OMS, define-se para adultos recomendações nos seguintes padrões:

- 1) Pelo menos de 150 a 300 minutos de atividade física aeróbica de intensidade moderada; ou pelo menos 75-150 minutos de atividade física aeróbica de intensidade vigorosa; ou uma combinação equivalente de atividade de intensidade moderada e vigorosa ao longo da semana, para benefícios substanciais à saúde.
- 2) Os adultos também devem fazer atividades de fortalecimento muscular em intensidade moderada ou maior que envolvam todos os principais grupos musculares em dois ou mais dias por semana, pois fornecem benefícios adicionais à saúde.
- 3) Os adultos podem aumentar a atividade física aeróbica de intensidade moderada para mais de 300 minutos; ou fazer mais de 150 minutos de atividade física aeróbica de intensidade vigorosa; ou uma combinação equivalente de atividade de intensidade moderada e vigorosa ao longo da semana para benefícios adicionais à saúde.

intensidade limiar, a recuperação se dá entre 24-48h; e após exercício de alta intensidade, essa necessidade é de pelo menos 48h(29). Os autores destacaram, ainda, que a recuperação autonômica cardíaca ocorre mais rapidamente em indivíduos com maior aptidão cardiorrespiratória. Nessa perspectiva, o conjunto de dados dos registros diários de treinamento quanto à atividade parassimpática cardíaca são importantes na individualização dos programas de treinamento de atletas, sejam amadores ou profissionais.

#### *Fatores determinantes na mensuração da VFC*

Para que o monitoramento da VFC seja feito com maior precisão, Lundstrom et al. (12), em um abrangente estudo de revisão sistemática com foco em atleta de provas de *endurance*, determinaram os seguintes fatores que podem afetar a medida e que, portanto, devem ser considerados, independentemente da modalidade esportiva em treinamento:

- Carga total de treinamento;
- Intensidade do treinamento;
- Duração da sessão de treino;
- Modalidade esportiva; e
- Fatores de estilo de vida: hábitos nutricionais, sono, lazer.

Os autores(12) detalharam cada um dos itens acima apresentados e, aos interessados, recomenda-se a leitura completa.

#### *Guia para a prescrição de treinamento baseada na VFC*

De acordo com a literatura, exercícios de intensidade moderada e alta devem ser realizados apenas quando a pontuação da VFC está dentro da faixa normal, sendo que, até que se atinja essa faixa, são prescritos exercícios de menor intensidade e/ou maior intervalo de dias, até que a VFC volte ao normal (12,31).

Isto se explica pelo fator individualidade biológica(32). Assim, o treinamento em intensidade vigorosa pode ser aplicado quando a VFC aumentou ou manteve-se a mesma e um treinamento mais leve deve ser aplicado quando a VFC tiver diminuído(12,33).

Estudos têm apontado que atletas de corrida apresentaram melhoria em seu desempenho quando tiveram o seu treinamento guiado por VFC em comparação com aqueles que seguiram somente o plano de treinamento predeterminado(12,30). Assim, recomenda-se que se faça o plano de treinamento inicial que se observe o atleta no decorrer de sua aplicação, sendo o planejamento flexível porque adaptável.

#### *Recomendações para pesquisadores*

A variabilidade nos níveis de atividade física entre os participantes pode impactar significativamente os resultados da VFC, assim, os pesquisadores devem avaliar esses níveis antes da coleta de dados(25) e considerá-los em suas análises.

### **Conclusão**

A análise da VFC é um instrumento fácil e acessível que pode ser empregado tanto na avaliação da saúde quanto na prescrição do treinamento físico crônico, pois, reflete o estado dos processos fisiológicos envolvidos, de forma a nortear o treinamento e otimizar resultados de atletas amadores e profissionais. A coleta de dados para sua análise é simples, sendo necessário o registro e o exame dos padrões da frequência cardíaca basal do indivíduo e alguns cuidados são requeridos na coleta para que os dados não apresentem viés.

O método de prescrição de treinamento físico baseado em VFC, de acordo com a literatura, tem sido consistentemente apontado como eficaz na dosagem do treinamento aplicado em comparação com o desempenho de atletas que seguem somente o treinamento previamente planejado.

#### *Declaração de conflito de interesses*

Não nenhum conflito de interesses em relação ao presente estudo.

#### *Declaração de financiamento*

Não houve financiamento para a realização do presente estudo.

## Referências

- Vacanti LJ, Sespedes LBH, Sarpi M de O. O teste ergométrico é útil, seguro e eficaz, mesmo em indivíduos muito idosos, com 75 anos ou mais. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2004;82: 147–150. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2004000200006>.
- Vitaliano PP, Scanlan JM, Krenz C, Schwartz RS, Marcovina SM. Psychological Distress, Caregiving, and Metabolic Variables. *The Journals of Gerontology: Series B*. 1996;51B(5): P290–P299. <https://doi.org/10.1093/geronb/51B.5.P290>.
- Loures DL, Sant’Anna I, Baldotto CS da R, Sousa EB de, Nóbrega ACL da. Estresse Mental e Sistema Cardiovascular. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2002;78: 525–530. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2002000500012>.
- Zhao Z, Wang H, Jessup JA, Lindsey SH, Chappell MC, Groban L. Role of estrogen in diastolic dysfunction. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2014;306(5): H628–H640. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00859.2013>.
- Kaur H, Werstuck GH. The Effect of Testosterone on Cardiovascular Disease and Cardiovascular Risk Factors in Men: A Review of Clinical and Preclinical Data. *CJC Open*. 2021;3(10): 1238–1248. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2021.05.007>.
- Liu G, Ren M, Du Y, Zhao R, Wu Y, Liu Y, et al. Effect of thyroid hormone replacement treatment on cardiac diastolic function in adult patients with subclinical hypothyroidism: a meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology*. 2023;14. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1263861>.
- Warburton DER, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. *Current Opinion in Cardiology*. 2017;32(5): 541–556. <https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000437>.
- Dong JG. The role of heart rate variability in sports physiology. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2016;11(5): 1531–1536. <https://doi.org/10.3892/etm.2016.3104>.
- Immanuel S, Teferra MN, Baumert M, Bidargaddi N. Heart Rate Variability for Evaluating Psychological Stress Changes in Healthy Adults: A Scoping Review. *Neuropsychobiology*. 2023;82(4): 187–202. <https://doi.org/10.1159/000530376>.
- Billman GE. Heart Rate Variability – A Historical Perspective. *Frontiers in Physiology*. 2011;2. <https://doi.org/10.3389/fphys.2011.00086>.
- Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 1996;93(5). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8598068/>
- Lundstrom CJ, Foreman NA, Biltz G. Practices and Applications of Heart Rate Variability Monitoring in Endurance Athletes. *International Journal of Sports Medicine*. 2022;44: 9–19. <https://doi.org/10.1055/a-1864-9726>.
- Parati G, Mancia G, Rienzo MD, Castiglioni P. Point: Counterpoint: Cardiovascular variability is/is not an index of autonomic control of circulation. *Journal of Applied Physiology*. 2006;101(2): 676–682. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00446.2006>.
- Tiwari R, Kumar R, Malik S, Raj T, Kumar P. Analysis of Heart Rate Variability and Implication of Different Factors on Heart Rate Variability. *Current Cardiology Reviews*. 2021;17(5):

- e160721189770.  
<https://doi.org/10.2174/1573403X16999201231203854>.
15. Stys A, Stys T. Current clinical applications of heart rate variability. *Clinical Cardiology*. 1998;21(10): 719–724.  
<https://doi.org/10.1002/clc.4960211005>.
  16. Gentile F, Orlando G, Montuoro S, Ferrari Chen YF, Macefield V, Passino C, et al. Treating heart failure by targeting the vagus nerve. *Heart Failure Reviews*. 2024;29(6): 1201–1215.  
<https://doi.org/10.1007/s10741-024-10430-w>.
  17. Oscoz-Ochandorena S, Legarra-Gorgoñon G, García-Alonso Y, García-Alonso N, Izquierdo M, Ramírez-Vélez R. Reduced autonomic function in patients with long-COVID-19 syndrome is mediated by cardiorespiratory fitness. *Current Problems in Cardiology*. 2024;49(9): 102732.  
<https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2024.102732>.
  18. Karapetian GK, Engels HJ, Gretebeck RJ. Use of heart rate variability to estimate LT and VT. *International Journal of Sports Medicine*. 2008;29(8): 652–657.  
<https://doi.org/10.1055/s-2007-989423>.
  19. O'Donnell K, Brydon L, Wright CE, Steptoe A. Self-esteem levels and cardiovascular and inflammatory responses to acute stress. *Brain, Behavior, and Immunity*. 2008;22(8): 1241–1247.  
<https://doi.org/10.1016/j.bbi.2008.06.012>.
  20. Kannankeril PJ, Le FK, Kadish AH, Goldberger JJ. Parasympathetic effects on heart rate recovery after exercise. *Journal of Investigative Medicine: The Official Publication of the American Federation for Clinical Research*. 2004;52(6): 394–401.  
<https://doi.org/10.1136/jim-52-06-34>.
  21. Sappler N, Bauer A. Nocturnal heart rate variability: A population-based screening tool? *Heart Rhythm*. 2022;19(4): 640–641.  
<https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2021.12.024>.
  22. Lopes PFF, Oliveira MIB de, André SM de S, Nascimento DLA do, Silva CS de S, Rebouças GM, et al. Aplicabilidade Clínica da Variabilidade da Frequência Cardíaca. *Revista Neurociências*. 2013;21(4): 600–603.  
<https://doi.org/10.34024/rnc.2013.v21.8171>.
  23. Yang F, Ma Y, Liang S, Shi Y, Wang C. Effect of Exercise Modality on Heart Rate Variability in Adults: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Reviews in Cardiovascular Medicine*. 2024;25(1): 9.  
<https://doi.org/10.31083/j.rcm2501009>.
  24. Brockmann L, Hunt KJ. Heart rate variability changes with respect to time and exercise intensity during heart-rate-controlled steady-state treadmill running. *Scientific Reports*. 2023;13(1): 8515.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-35717-0>.
  25. Damoun N, Amekran Y, Taiek N, Hangouche AJE. Heart rate variability measurement and influencing factors: Towards the standardization of methodology. *Global Cardiology Science & Practice*. 2024(4): e202435.  
<https://doi.org/10.21542/gcsp.2024.35>.
  26. Naughton J. Cardiorespiratory endurance before and after regular physical activity. *Minnesota Medicine*. 1968;51(5): 619–623.
  27. Piercy KL, Troiano RP. Physical Activity Guidelines for Americans From the US Department of Health and Human Services. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*. 2018;11(11): e005263.  
<https://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.118.005263>.
  28. Navarro-Lomas G, Dote-Montero M, Alcantara JMA, Plaza-Florido A, Castillo MJ, Amaro-Gahete FJ. Different exercise training modalities similarly improve heart

- rate variability in sedentary middle-aged adults: the FIT-AGEING randomized controlled trial. *European Journal of Applied Physiology*. 2022;122(8): 1863–1874. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04957-9>.
29. Stanley J, Peake JM, Buchheit M. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 2013;43(12): 1259–1277. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0083-4>.
30. Düking P, Zinner C, Reed JL, Holmberg H, Sperlich B. Predefined vs data-guided training prescription based on autonomic nervous system variation: A systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2020;30(12): 2291–2304. <https://doi.org/10.1111/sms.13802>.
31. Vesterinen V, Nummela A, Heikura I, Laine T, Hynynen E, Botella J, et al. Individual Endurance Training Prescription with Heart Rate Variability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2016;48(7): 1347–1354. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000910>.
32. Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes: Opening the Door to Effective Monitoring. *Sports Medicine*. 2013;43(9): 773–781. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8>.
33. Kiviniemi AM, Hautala AJ, Kinnunen H, Nissilä J, Virtanen P, Karjalainen J, et al. Daily exercise prescription on the basis of HR variability among men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2010;42(7): 1355–1363. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181cd5f39>.