

A influência da idade sobre a magnitude de recuperação da frequência cardíaca em indivíduos treinados

Age influence on the magnitude of heart rate recovery in trained athletes

Victor Tavares de Santana¹, Herón Rached², Iago Nunes Aguillar¹, Giulliano Gardenghi³, Débora Dias Ferrareto Moura Rocco¹, Alexandre Galvão da Silva^{1,2}

1. Faculdade de Educação Física e Esporte da Universidade Santa Cecília, Santos, SP, Brasil.

2. Hospital Leforte, São Paulo, SP, Brasil.

3. Hospital ENCORE, Goiânia, GO, Brasil.

RESUMO

Introdução: A recuperação da frequência cardíaca (RecFC), definida como declínio da frequência cardíaca (FC) após o exercício, é controlada por fatores neuro-humorais. Há duas fases observadas da RecFC, a rápida (reativação vagal), que compreende o período inicial entre 60 e 120 segundos e a lenta (retirada simpática), que vai até o retorno aos valores de repouso. Diversos fatores podem influenciar a RecFC, como o nível de condicionamento físico, o gênero, a idade e outros. **Objetivo:** Testar a hipótese de que existe diferença no declínio da RecFC entre adultos e adolescentes treinados. **Métodos:** Foram avaliados 58 jogadores de futebol, sexo masculino, divididos em dois grupos: Adolescentes (GJ) e Adultos (GA), com idade de $16,4 \pm 0,5$ e $27,9 \pm 0,9$ anos, respectivamente. Análises antropométricas, de FC e pressão arterial foram realizadas. **Resultados:** Ambos os grupos atingiram e ultrapassaram a frequência cardíaca máxima (FCmax) prevista pela idade. Os valores observados foram similares ao final da fase rápida da RecFC, enquanto ao final da fase lenta o grupo GJ obteve valores significativamente maiores. Valores de $P < 0,05$ foram considerados significantes. **Conclusão:** Os resultados da fase rápida apontam que altos níveis de condicionamento físico parecem atenuar o efeito deletério da idade sobre a reativação vagal. O mesmo efeito não foi observado sobre a retirada simpática durante a fase lenta, sendo assim, o grupo GJ obteve maiores valores de RecFC durante este período.

Palavras-chave: Sistema nervoso autônomo, Teste de esforço, Frequência cardíaca, Adulto, Adolescente.

ABSTRACT

Introduction: Heart rate recovery (HRR), defined as a decline in heart rate (HR) after exercise, is controlled by neurohumoral factors. There are two observed phases of HRR, the fast (vagal reactivation), which comprises the initial period between 60 and 120 seconds and the slow (sympathetic withdrawal), which goes until the return to rest values. Several factors may influence HRR, such as fitness level, gender, age and others. **Objective:** To test the hypothesis that there is a difference in the decline in HRR between trained adults and teenagers. **Methods:** 58 male soccer players were evaluated, divided into two groups: Teenagers (TG) and Adults (AG) aged 16.4 ± 0.5 and 27.9 ± 0.9 years, respectively. Anthropometric, HR and blood pressure analyzes were performed. **Results:** Both groups reached and exceeded the maximum heart rate (HRmax) predicted by age. The observed values were similar at the end of the HRR fast phase, while at the end of the slow phase the TG group obtained significantly higher values. Values of $P < 0.05$ were considered significant. **Conclusion:** The results of the fast phase show that high levels of physical conditioning seem to attenuate the deleterious effect of age on vagal reactivation. The same effect was not observed on the sympathetic withdrawal during the slow phase; therefore, the TG group obtained higher HRR values during this period.

Key-words: Autonomic nervous system, Stress test, Heart rate, Adult, Teenagers.

Recebido em: 3 de novembro de 2020; aceito em: 13 de novembro de 2020.

Correspondência: Débora Dias Ferrareto Moura Rocco, Rua República do Equador, 31/31, 11030150 Santos SP
e-mail: drocco@unisanta.br

Introdução

O exercício físico é um estímulo que provoca importantes ajustes no funcionamento do sistema cardiovascular e de sua modulação pelo sistema nervoso autônomo [1]. Ao iniciarmos uma atividade física, um dos efeitos mais precoces sobre o sistema cardiovascular é o aumento da frequência cardíaca (FC). Esse aumento se dá pela alteração no balanço dos componentes simpático e parassimpático que controlam o sistema cardiovascular agindo com a liberação de neurotransmissores que podem aumentar ou diminuir a frequência cardíaca. O aumento inicial da FC ocorre pela diminuição do componente vagal, seguida por uma intensificação progressiva da atividade do componente simpático, proporcional à intensidade do exercício [2-5]. Ao final da atividade física, a função autonômica cardíaca retorna gradualmente às condições de repouso e a FC reduz [6].

A recuperação da frequência cardíaca (RecFC) pode ser definida como o declínio da FC após a interrupção do exercício físico. Seu comportamento tem sido investigado por diversos grupos de pesquisa e pode ser dividido em duas fases: rápida e lenta. A fase rápida compreende o período inicial da RecFC, com duração entre 60 e 120 segundos, com uma diminuição abrupta da FC, determinada em grande parte pela reativação vagal, enquanto a fase lenta compreende todo o período após a fase rápida até o retorno da FC aos seus valores de repouso, causada pela retirada simpática e progressivo aumento da atividade vagal [6,7].

Em um estudo de coorte realizado por Cole *et al.* [8] com 2428 pacientes acompanhados por seis anos, foi observado que um valor igual ou inferior a 12 batimentos por minuto de RecFC no primeiro minuto após esforço físico era considerado anormal e fortemente preditivo para mortalidade, com um risco relativo 4 vezes maior para os indivíduos que apresentavam valores anormais de RecFC (≤ 12 batimentos por minuto) quando comparados ao grupo com valores normais.

Já está bem evidenciada a relação entre o bom nível de condicionamento físico e a melhora na RecFC em diferentes populações. O treinamento físico promove alterações nos componentes neurais que atuam no coração, o que influencia na aceleração da RecFC após o exercício [9-11]. Outro fator relevante é que alterações nas cargas agudas de treino podem promover alterações nesta medida [12]. Assim, a RecFC pode ser usada como importante ferramenta para prescrição e monitoramento do treinamento [13-15].

Apesar de importante, o nível de treinamento não é o único determinante da RecFC. Fatores como idade, gênero e raça podem interferir potencialmente tanto na fase rápida como na fase lenta da RecFC [6,16]. O efeito da idade foi demonstrado por Buchheit *et al.* [17], que obtiveram uma RecFC mais rápida no grupo de crianças, não foram observadas diferenças entre os grupos de adolescentes e adultos. Buchheit *et al.* [18] observaram diferença entre a RecFC de adolescentes atletas de futebol da categoria sub-15 e a categoria sub-17, com um índice melhor para os indivíduos mais novos.

A literatura científica sobre diferenças na RecFC em atletas de idades diferentes ainda é escassa, dessa forma, o objetivo do estudo foi testar a hipótese de que existe diferença no declínio da RecFC entre adultos e adolescentes treinados.

Métodos

Amostra de pesquisa

A amostra deste estudo foi composta por 58 atletas de futebol bem treinados do gênero masculino, sem doenças preexistentes. Os indivíduos foram divididos em dois grupos: adolescentes (GJ), com 30 indivíduos e idade de $16,4 \pm 0,5$ anos e adultos (GA), com 28 indivíduos e idade de $27,9 \pm 0,9$ anos. Foram incluídos no estudo indivíduos que praticam a modalidade futebol pelo menos 6 vezes na semana, há no mínimo 3 anos. Os atletas não poderiam apresentar lesões no momento das avaliações. Os participantes foram avaliados em dois momentos distintos. Todas as avaliações ocorreram no Laboratório de análises integrativas ao esforço físico do Hospital Leforte.

Todos os participantes deram sua anuência a participarem do estudo através da assinatura do Termos de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE), os menores de 18 anos, o TCLE foi assinado pelos pais. Os procedimentos utilizados respeitam as normas internacionais de experimentação com humanos da resolução 466/12 [19]. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Santa Cecília (parecer número: 2.916.298 e CAAE: 90992618.6.0000.5513).

Avaliações antropométricas

Os participantes foram avaliados em dois momentos distintos. Todas as avaliações ocorreram no Laboratório de análises integrativas ao esforço físico do Hospital Leforte. Em ambos os dias foram feitas medições de peso, com a utilização de uma balança digital (Filizola®), com capacidade máxima de 150 kg com graduações de 100 g; de altura em estadiômetro, com graduação em centímetro. O índice de massa corpórea foi calculado através da utilização dos dados de peso e altura.

Teste ergométrico

Os atletas foram submetidos a Teste Ergométrico incremental, realizado em esteira ergométrica (Centurion, model 200, Micromed, Brasil), velocidade de 0 a 24 km/h, elevação de 0 a 26% e capacidade de peso de 200 kg. Foi utilizado o mesmo protocolo em rampa para todos os participantes do estudo, calculando-se a velocidade e a inclinação com base na idade dos atletas. O protocolo denominado Futebol 1 é adotado e recomendado para atletas futebolistas e consiste em aumento de velocidade a cada minuto e inclinação fixa de 1%.

A sala de exames possui dimensões suficientes para a acomodação da aparelhagem necessária. A temperatura da sala variou entre 20°C e 24°C e umidade relativa do ar entre 60 e 70% para permitir uma adequada troca de calor com o meio. A avaliação foi realizada por um médico cardiologista.

Os atletas foram encorajados a realizar o teste até a máxima fadiga suportada, tentando atingir a FCmax estimada pela idade, quando os atletas não suportavam mais o esforço e o teste era interrompido, e dava-se início ao período de recuperação, com duração de cinco minutos em repouso em pé na esteira. Ao final do protocolo avaliamos o tempo total de teste realizado pelos atletas, sem contar os cinco minutos de recuperação. O teste foi considerado máximo quando os indivíduos atingiam a FCmax prevista pela idade ($220 - \text{idade}$) e a fadiga máxima voluntária. Ambos os critérios deveriam ser atingidos.

Mensuração da pressão arterial e da frequência cardíaca

As análises de pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial diastólica (PAD) foram realizadas através de esfigmomanômetro de braço e ausculta de este-

toscópio com os indivíduos em pé na esteira ergométrica durante o repouso, a cada três minutos de execução do teste e após seu o término, durante os minutos um, dois, quatro e seis de recuperação. A FC foi analisada através de eletrocardiograma com o registro das 12 derivações-padrão (ErgoPC Elite 13) com indivíduo em repouso, posicionado em pé na esteira ergométrica, a cada minuto durante a execução do teste e durante a recuperação, nos minutos um, dois, três, quatro e cinco. A RecFC foi calculada como a diferença entre a FCmax atingida durante o teste e a FC registrada após 60 (Δ RecFC 1), 120 (Δ RecFC 2), 180 (Δ RecFC 3), 240 (Δ RecFC 4) e 300 (Δ RecFC 5) segundos, representando o declínio da FC durante esse intervalo de tempo. Durante o período de recuperação ativa os avaliados caminhavam na esteira com a carga padronizada de 4,0 km/h durante o primeiro e segundos minutos e 3,0 km/h no terceiro e no quarto, o último minuto da recuperação era realizado em repouso de pé na esteira, todos os minutos de recuperação foram realizados sem inclinação.

Análise estatística

Os dados do presente estudo foram apresentados em média \pm e desvio padrão. Os testes estatísticos foram realizados no software Statistica (v 10.0 StalSoft, Inc., USA). As variáveis analisadas neste estudo foram submetidas ao teste de Shapiro-Wilk para avaliação de normalidade da distribuição dos dados, resultando em distribuição normal. Dados das características antropométricas foram submetidos a análise estatística teste t de Student para medidas não repetidas. Para comparação dos índices de RecFC foi utilizada a análise de variância ANOVA de 2 fatores para medidas não repetidas grupo GJ e GA. Quando necessário, foi empregado o teste de Newman-Keuls como *post-hoc*. Para todos os testes, o nível de significância adotado foi de 5%.

Resultados

As variáveis fisiológicas e hemodinâmicas registradas em condição de repouso, antes da realização do teste estão apresentadas na Tabela I. Os dados foram expressos em média e desvio padrão. A média de idade dos grupos foi de $16,4 \pm 0,3$ para GJ e $27,9 \pm 0,2$ para GA e foi a única a apresentar diferença significativa entre as variáveis desta tabela ($p < 0,05$).

Tabela I - Caracterização dos participantes.

	Adolescentes (GJ) n = 30	Adultos (GA) n = 28
Idade (anos)	$16 \pm 0,5$	$28 \pm 0,9^*$
Altura (cm)	$170 \pm 5,6$	$178 \pm 6,3$
Peso Corporal (kg)	$69 \pm 2,3$	$70 \pm 2,5$
IMC	$24 \pm 0,8$	$22 \pm 0,7$
PAS repouso (mmHg)	$120 \pm 4,0$	$120 \pm 4,0$
PAD repouso (mmHg)	$80 \pm 2,6$	$80 \pm 2,9$

Dados expressos em média \pm e desvio padrão; * $p < 0,05$; IMC = índice de massa corpórea; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica.

Os dados obtidos durante e após o teste ergométrico de esforço estão apresentados na Tabela II. Após a interrupção do teste, observou-se que a fase rápida da RecFC (1º e 2º minutos após a cessação do teste) apresentou comportamento semelhante entre os dois grupos. Durante a fase lenta a RecFC apresentou valores mais altos para o grupo GJ nos minutos três, quatro e cinco, apresentando diferença significativa entre os dois grupos avaliados ($p < 0,05$).

Tabela II - Comportamento da frequência cardíaca.

	Adolescentes (GJ) n = 30	Adultos (GA) n = 28
Repouso		
FC (bpm)	68 ± 2,7	69 ± 2,3
Pico de esforço		
FCmax (bpm)	205 ± 6,9	194 ± 6,5*
Recuperação		
ΔRecFC 1 (bpm)	43 ± 6,0	42 ± 1,0
ΔRecFC 2 (bpm)	70 ± 5,2	74 ± 4,0
ΔRecFC 3 (bpm)	92 ± 5,0	86 ± 3,5*
ΔRecFC 4 (bpm)	110 ± 4,0	101 ± 3,3*
ΔRecFC 5 (bpm)	123 ± 4,5	106 ± 3,0*

Dados expressos em média ± desvio padrão; * $p < 0,05$; FC = frequência cardíaca; FCmax = frequência cardíaca máxima; ΔRecFC = declínio da FC no intervalo de tempo entre a FCmax e o minuto analisado.

Discussão

O presente estudo verificou a possível relação entre comportamento da RecFC em grupos de adultos e adolescentes atletas. Nossos resultados não demonstraram diferenças no declínio da FC nos primeiros minutos (fase rápida) após um teste de esforço máximo com recuperação ativa, quando comparados aos seus pares adolescentes. Durante a fase lenta, o declínio da FC foi significativamente maior no grupo de adolescentes e ultrapassou o grupo de adultos em valores absolutos, comportamento que se manteve até o último minuto analisado.

As adaptações na função autonômica cardíaca decorrentes de bons níveis de treinamento são conhecidas, e decorrem principalmente do incremento no balanço simpatovagal e conseqüentemente menores valores de RecFC pós-exercício. Este efeito do treinamento é observado em diferentes populações, tanto em idosos após oito semanas de treinamento aeróbico [10], quanto em adultos com maior nível de aptidão aeróbica há incremento no controle autonômico da frequência cardíaca pós-esforço, demonstrado por diminuição na RecFC, que reflete a preservação da velocidade de reentrada vagal [20]. Corroborando a importância do exercício físico como atividade que parece postergar o efeito deletério da idade sobre a RecFC, estudo conduzido com sujeitos treinados e não treinados de idades similares apresentam, após teste máximo de esforço, maiores valores de RecFC no grupo que pratica exercício físico [21].

Tendo o conhecimento de que altos níveis de condicionamento levam a melhores índices de RecFC, diversos estudos foram conduzidos com atletas de diferentes idades e modalidades esportivas, observando os valores para este índice de mensuração da função autonômica [9,17,18,22-24].

Ainda que exista uma quantidade considerável de dados com atletas, poucos buscaram observar diferenças entre atletas de uma mesma modalidade desportiva e diferentes idades. Um elegante estudo foi conduzido comparando a RecFC entre jovens e adultos atletas após um teste de esforço máximo em protocolo rampa. Lazic *et al.* [25] observaram melhores índices de RecFC durante o primeiro minuto em adultos, quando comparados aos seus pares adolescentes, porém no terceiro minuto os adolescentes já apresentavam uma RecFC significativamente maior. Esses dados apresentam algumas similaridades com os achados de nosso estudo, principalmente com a inversão dos valores da RecFC a partir do terceiro minuto, quando os adolescentes parecem levar vantagem em relação aos seus pares adultos.

A maior parte da energia fornecida durante uma partida de futebol é fornecida pelo metabolismo aeróbio, mas por muitas vezes o resultado é decidido em sprints anaeróbios, sendo assim o futebol pode ser considerado uma modalidade intermitente, no qual ambas as capacidades físicas são importante e devem ser aprimoradas [26].

A importância da aptidão aeróbia já foi demonstrada em indivíduos adultos para melhores valores de RecFC [20]. Boullosa *et al.* [27] avaliaram as adaptações cardíacas autonômicas em jogadores de futebol após um período de treinamento de oito semanas e observaram melhores valores para as medidas de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e RecFC, concluindo que uma pré-temporada de treinamentos influencia positivamente em ambos os índices.

Os estudos divergem em relação ao protocolo de exercício e recuperação utilizados, o que pode influenciar diretamente o comportamento da FC durante e após o exercício. Maeder *et al.* [28] mostraram diferença no primeiro minuto da RecFC durante dois protocolos diferentes de exercício, em sujeitos saudáveis e com insuficiência cardíaca. O tipo de recuperação também parece ser uma variável determinante, uma vez que Barak *et al.* [29] verificaram que diferentes protocolos de recuperação influenciavam no primeiro minuto da RecFC, tanto em indivíduos atletas como em não-atletas.

Os efeitos do exercício físico em diversos índices de controle das funções autonômicas são amplamente demonstrados [30-32]. Não obstante, como mostramos, esses efeitos também ocorrem na RecFC [9,10,20-22,25]. Vale ressaltar que a queda na RecFC é um potente fator prognóstico preditor de mortalidade por doenças cardiovasculares, mesmo em indivíduos assintomáticos [33].

Baseado nos dados da literatura atual, acreditamos que nossos achados possuam grande relevância para a melhor compreensão das respostas autonômicas em atletas de diferentes idades. Nossa hipótese é de que o treinamento preserva a função autonômica parassimpática, de forma que na fase rápida, ambos os grupos (GJ e GA) tenham valores similares de RecFC. Durante a fase lenta, determinada em grande parte pela reativação do componente simpático, o treinamento não pareceu exercer efeito suficiente para que os grupos continuassem com valores próximos, sendo assim, do terceiro minuto em diante o grupo GJ teve uma RecFC maior.

O presente estudo tem limitações, uma vez que não foram estratificadas algumas medidas que podem influenciar a resposta autonômica após o exercício físico como consumo máximo de oxigênio e limiares metabólicos para determinação da aptidão aeróbia dos grupos, bem como o tempo de prática dos atletas avaliados. Fu-

turos estudos se fazem necessários com a avaliação dos índices citados e com intuito de explicar quais são as possíveis razões para os efeitos do exercício físico atuarem preservando a reentrada vagal.

Conclusão

Com base nos resultados, concluímos que altos níveis de treinamento físico, observado em atletas, atuam preservando o controle autonômico parassimpático após esforço físico, atenuando os efeitos da idade na população estudada, o que foi demonstrado por valores semelhantes na fase rápida da RecFC. A partir deste momento, ou seja, na fase lenta, o efeito do exercício atuando na retirada simpática não foi observado, sendo assim, espera-se que jovens atletas se recuperem de forma mais rápida do que seus pares adultos neste período.

Agradecimentos

Ao coordenador Nicolau Teixeira, da Faculdade de Educação Física e Esportes da Universidade Santa Cecília pelo suporte e ao nosso Laboratório de Fisiologia do Exercício e Saúde (LAFES).

Vinculação acadêmica

Este artigo representa uma iniciação científica de Victor Tavares de Santana, orientado pelo Professor Doutor Alexandre Galvão da Silva e pela Professora Doutora Débora Dias Ferraretto Moura Rocco.

Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

Fontes de financiamento

Não houve fontes de financiamento externas para este estudo.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Santana VT, Rocco DDFM, Silva AG. **Obtenção de dados:** Aguillar IN, Santana VT, Rocco DDFM, Silva AG, Rached H. **Análise e interpretação dos dados:** Santana VT, Rocco DDFM, Silva AG. **Análise estatística:** Silva, AG. **Obtenção de financiamento:** não se aplica. **Redação do manuscrito:** Santana VT, Rocco DDFM, Silva AG. **Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante:** Gardenghi G.

Referências

1. Alonso DO, Forjaz CL, Rezende LO, Braga AM, Barretto AC, Negrão CE *et al.* Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. *Arq Bras Cardiol* 1998;71(6):787-92. <https://doi.org/10.1590/s0066-782x1998001200008>
2. Maciel BC, Gallo Junior L, Marin Neto JA, Lima Filho EC, Martins LE. Autonomic nervous control of the heart rate during dynamic exercise in normal man. *Clin Sci (Lond)* 1986;71(4):457-60. <https://doi.org/10.1007/bf00581348>
3. Negrão CE, Moreira ED, Brum PC, Denadai ML, Krieger EM. Vagal and sympathetic control of heart rate during exercise by sedentary and exercise-trained rats. *Braz J Med Biol Res* 1992;25(10):1045-52.
4. Negrão CE, Moreira ED, Santos MC, Farah VM, Krieger EM. Vagal function impairment after exercise training. *J Appl Physiol* (1985) 1992;72(5):1749-53. <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.72.5.1749>
5. Ogoh S, Fisher JP, Dawson EA, White MJ, Secher NH, Raven PB. Autonomic nervous system influence on arterial baroreflex control of heart rate during exercise in humans. *J Physiol* 2005;566(Pt 2):599-611. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2005.084541>
6. Peçanha T, Silva-Júnior ND, Forjaz CL. Heart rate recovery: autonomic determinants, methods of assessment and association with mortality and cardiovascular diseases. *Clin Physiol Funct Imaging* 2014;34(5):327-39. <https://doi.org/10.1111/cpf.12102>
7. Perini R, Orizio C, Comandè A, Castellano M, Beschi M, Veicsteinas A. Plasma norepinephrine and

- heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1989;58(8):879-83. <https://doi.org/10.1007/bf02332222>
8. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med* 1999;341(18):1351-7. <https://doi.org/10.1097/00008483-200003000-00012>
 9. Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H *et al.* Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1994;24(6):1529-35. [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(94\)90150-3](https://doi.org/10.1016/0735-1097(94)90150-3)
 10. Giallauria F, Del Forno D, Pilerici F, De Lorenzo A, Manakos A, Lucci R *et al.* Improvement of heart rate recovery after exercise training in older people. *J Am Geriatr Soc* 2005;53(11):2037-8. https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.00479_4.x
 11. Buchheit M, Millet GP, Parisy A, Pourchez S, Laursen PB, Ahmaidi S. Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40(2):362-71. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815aa2ee>
 12. Borresen J, Lambert MI. Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load. *Eur J Appl Physiol* 2007;101(4):503-11. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0516-6>
 13. Daanen HA, Lamberts RP, Kallen VL, Jin A, Van Meeteren NL. A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. *Int J Sports Physiol Perform* 2012;7(3):251-60. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.3.251>
 14. Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Front Physiol* 2014;27(5):73. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
 15. Buchheit M, Chivot A, Parouty J, Mercier D, Al Haddad H, Laursen PB, *et al.* Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol* 2009;108(6):1153-67. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1317-x>
 16. Esco MR, Olson MS, Williford HN. Racial differences exist in cardiovascular parasympathetic modulation following maximal exercise. *J Appl Res* 2010;10(1):24.
 17. Buchheit M, Duché P, Laursen PB, Ratel S. Postexercise heart rate recovery in children: relationship with power output, blood pH, and lactate. *Appl Physiol Nutr Metab* 2010;35(2):142-50. <https://doi.org/10.1139/h09-140>
 18. Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Quod MJ, Poulos N, Bourdon P. Determinants of the variability of heart rate measures during a competitive period in young soccer players. *Eur J Appl Physiol* 2010;109(5):869-78. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1422-x>
 19. World Medical Association declaration of Helsinki. Recommendations guiding physicians in biomedical research involving human subjects. *JAMA* 1997;277(11):925-6.
 20. Trevizani GA, Benchimol-Barbosa PR, Nadal J. Efeitos da idade e da aptidão aeróbica na recuperação da frequência cardíaca em homens adultos. *Arq Bras Cardiol* 2012;99(3):802-10. <https://doi.org/10.1590/s0066-782x2012005000069>
 21. Darr KC, Bassett DR, Morgan BJ, Thomas DP. Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. *Am J Physiol* 1988;254(2Pt2):H340-3. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1988.254.2.h340>
 22. Lamberts RP, Swart J, Noakes TD, Lambert MI. Changes in heart rate recovery after high-intensity training in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol* 2009;105(5):705-13. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000355236.55808.81>
 23. Du N, Bai S, Oguri K, Kato Y, Matsumoto I, Kawase H *et al.* Heart rate recovery after exercise and neural regulation of heart rate variability in 30-40 year old female marathon runners. *J Sports Sci Med* 2005;4(1):9-17.
 24. Watson AM, Brickson SL, Prawda ER, Sanfilippo JL. Short-term heart rate recovery is related to aerobic fitness in elite intermittent sport athletes. *J Strength Cond Res* 2017;31(4):1055-1061. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001567>
 25. Suzic Lazic J, Dekleva M, Soldatovic I, Leischik R, Suzic S, Radovanovic D *et al.* Heart rate recovery in elite athletes: the impact of age and exercise capacity. *Clin Physiol Funct Imaging* 2017;37(2):117-23. <https://doi.org/10.1111/cpf.12271>
 26. Sporis G, Jukic I, Ostojic SM, Milanovic D. Fitness profiling in soccer: physical and physiologic characteristics of elite players. *J Strength Cond Res* 2009;23(7):1947-53. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181b3e141>

27. Boullosa DA, Abreu L, Nakamura FY, Muñoz VE, Domínguez E, Leicht AS. Cardiac autonomic adaptations in elite Spanish soccer players during preseason. *Int J Sports Physiol Perform* 2013;8(4):400-9. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.4.400>
28. Maeder MT, Ammann P, Rickli H, Brunner-La Rocca HP. Impact of the exercise mode on heart rate recovery after maximal exercise. *Eur J Appl Physiol* 2009;105(2):247-55. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0896-2>
29. Barak OF, Ovcin ZB, Jakovljevic DG, Lozanov-Crvenkovic Z, Brodie DA, Grujic NG. Heart rate recovery after submaximal exercise in four different recovery protocols in male athletes and non-athletes. *J Sports Sci Med* 2011;10(2):369-75.
30. Carter JB, Banister EW, Blaber AP. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. *Sports Med* 2003;33(1):33-46. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333010-00003>
31. Yamamoto K, Miyachi M, Saitoh T, Yoshioka A, Onodera S. Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(9):1496-502. <https://doi.org/10.1097/00005768-200109000-00012>
32. Abad CC, Nascimento AM, Gil S, Kobal R, Loturco I, Nakamura FY. Cardiac autonomic control in high level Brazilian power and endurance track-and-field athletes. *Int J Sports Med* 2014;35(9):772-78. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363268>
33. Sydó N, Sydó T, Gonzalez Carta KA, Hussain N, Farooq S, Murphy JG *et al.* Prognostic performance of heart rate recovery on an exercise test in a primary prevention population. *J Am Heart Assoc* 2018;7(7):e008143. <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.008143>