

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 21/02/2022.

Programa de Pós-graduação em Fisioterapia

Maria Júlia Lopez Laurino

**Impacto da reposição hídrica e da capacidade funcional na
dinâmica não linear da frequência cardíaca em exercício e
recuperação em coronariopatas**

FISIOTERAPIA

Presidente Prudente

2020

Programa de Pós-graduação em Fisioterapia

Maria Júlia Lopez Laurino

**Impacto da reposição hídrica e da capacidade funcional na
dinâmica não linear da frequência cardíaca em exercício e
recuperação em coronariopatas**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, campus de Presidente Prudente, para a obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-graduação em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Marques Vanderlei

Presidente Prudente

2020

L385i

Laurino, Maria Júlia Lopez

Impacto da reposição hídrica e da capacidade funcional na dinâmica não linear da frequência cardíaca em exercício e recuperação em coronariopatas / Maria Júlia Lopez Laurino. -- Presidente Prudente,

2020

94 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Orientador: Luiz Carlos Marques Vanderlei

1. Coração Doenças. 2. Sistema nervoso autônomo. 3. Aptidão cardiorrespiratória. 4. Exercícios físicos. 5. Hidratação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Impacto da reposição hídrica e da capacidade funcional na dinâmica não linear da frequência cardíaca em exercício e recuperação em coronariopatas

AUTORA: MARIA JÚLIA LOPEZ LAURINO

ORIENTADOR: LUIZ CARLOS MARQUES VANDERLEI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em FISIOTERAPIA, área: Avaliação e Intervenção em Fisioterapia pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LUIZ CARLOS MARQUES VANDERLEI

Departamento de Fisioterapia e Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia / FCT/UNESP - Presidente Prudente



Prof. Dr. DIEGO GIULLIANO DESTRO CHRISTÓFARO

Educação Física / FCT/UNESP - Presidente Prudente



Profa. Dra. FRANCIS LOPES PACAGNELLI

Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE



Presidente Prudente, 21 de fevereiro de 2020

Dedicatória

Dedico este trabalho àqueles que sempre me apoiaram, confiaram em mim e contribuíram para que essa pesquisa se concretizasse e àqueles que as informações aqui reunidas possam ser úteis.

Agradecimento

Não posso começar meus agradecimentos sem antes dizer o quanto minha família foi essencial nesse processo, meu pai João Luiz, meu irmão João Pedro e a minha “boadrasta” Fabiana, que mesmo a 560 Km de distância se fizeram presentes em todos os momentos, vibraram comigo cada pequena vitória, me ajudaram a superar todos os obstáculos e sempre me apoiaram. E minha mãe Maristela, meu maior exemplo de força e determinação, que todos os dias esteve comigo em pensamento. Sou muito grata a todos vocês por tudo que fizeram e fazem por mim. E já que estou falando de família não poderia deixar de fora minha pequena de quatro patas, a Pepper, que foi minha companhia diária durante esse processo.

Agradeço ao Professor Luiz Carlos pela oportunidade e por sempre confiar em mim, mesmo quando nem eu mesma confiava. Agradeço por todo o carinho e parceria, por tudo que me ensinou, por toda a paciência e por sempre ser a luz no fim do túnel nos momentos de “Prof, não sei o que fazer”, “Prof, não estou entendendo aquilo”, “Prof, isso não está fazendo sentido” e muitos outros. O senhor é meu maior exemplo e inspiração nesse mundo acadêmico, já está ficando clichê, mas acho que todos queremos ser pelo menos 1% da pessoa que o senhor é.

Tenho que agradecer também a essas duas pessoas extraordinárias, Anne e Laís. Anne, ou melhor, mamis Kastelianne, nem sei por onde começar, mas saiba que aprendi e aprendo muito com você e que se hoje eu estou aqui determinada a seguir a carreira acadêmica foi porque, durante a nossa convivência no Time Hidratação, você sempre incentivou minhas brisas, respondeu meus infinitos questionamentos e fez brotar em mim esse espírito curioso de pesquisadora e me fez pegar gosto pela coisa. Laís, ou melhor, Vanz, saiba que ser sua “mochilinha” foi sensacional, sua companhia nos horários alternativos de trabalho no laboratório me ajudou a cumprir várias metas e prazos da maneira mais leve e divertida possível. E mais importante que tudo isso, vocês duas aguentaram todas as minhas crises existenciais e nem imaginam o quanto me ajudaram nesse ano que passou. E aqui tenho que incluir também a Ariela, a Denise e a Lorena, que desde o primeiro ano da graduação compartilharam comigo essa caminhada e foram grandes incentivadoras.

Agradeço as minhas duplas de mestrado e de time hidratação Day e Vitor e ao Felipe, meu companheiro de lab de todos os dias, que escutaram com toda paciência os meus desabafos e riram comigo de todas as vezes que eu chegava “desgostosa” no laboratório pelos mais diversos motivos.

Agradeço a todos do Laboratório de Fisiologia do Estresse pelo carinho e apoio. Tenho que fazer um agradecimento especial para a Denise, a Lorena e o João por todo o suporte e compreensão durante os meses de coleta lá na clínica. Também não poderia deixar de fora o meu filhote, Júlio, obrigada pela confiança, dedicação e ajuda nas coletas.

Agradeço a Professora Francis e ao Professor Diego pela disponibilidade e por todas as contribuições para o enriquecimento do texto.

Agradeço a todos os voluntários que aceitaram participar da pesquisa, porque sem eles esse trabalho não seria possível.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Epigrafe

“There is no stopping in curiosity,
I wanna turn the whole thing upside down,
I will find the things they say just can’t be found”

Jack Johnson

Sumário

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	14
RESUMO	15
ABSTRACT	18
INTRODUÇÃO.....	21
<i>MANUSCRITO 1</i>	29
<i>MANUSCRITO 2</i>	60
CONCLUSÃO.....	88
REFERÊNCIAS	91

Resumo

Introdução: A presença de doenças cardiovasculares e uma reduzida aptidão cardiorrespiratória são fatores que atrasam a recuperação autonômica pós-exercício. Essa condição contribui para um pior prognóstico clínico e favorece a ocorrência de eventos agudos, como isquemias e arritmias após o exercício. Nesse sentido, técnicas capazes de acelerar a recuperação pós-exercício de indivíduos que apresentam essas características devem ser estudadas. **Objetivos:** Investigar a influência da hidratação na dinâmica não linear da frequência cardíaca (FC) durante os períodos de exercício e recuperação de indivíduos coronariopatas, e ainda, investigar essas respostas considerando diferentes níveis de aptidão cardiorrespiratória. **Metodologia:** 31 homens coronariopatas foram submetidos aos seguintes procedimentos: I. Teste de esforço máximo, que determinou a carga do exercício realizado nas etapas seguintes (60-80% da FC atingida no limiar anaeróbico) e a divisão da população nos grupos pior ($n = 15$) e melhor ($n = 16$) capacidade funcional de acordo com a mediana dos valores de VO_2 pico; II. Protocolo controle (PC) e III. Protocolo hidratação (PH) análogos a uma sessão de reabilitação cardiovascular, compostos pelos períodos de repouso, aquecimento, exercício aeróbico e recuperação. No PC foi identificada a quantidade de líquido perdida por cada voluntário durante o experimento e no PH essa quantidade foi repostada com 8 porções iguais de água mineral durante os períodos de exercício e recuperação, em intervalos regulares de 10 minutos. Para análise do comportamento não linear da FC nos períodos de exercício e recuperação foram calculados os índices do *plot* de recorrência (REC, DET, SampEn e ApEn), da análise de flutuações depurada de tendência (DFA-total, Alfa-1, Alfa-2) e da análise simbólica (0V, 1V, 2LV, 2ULV). Para a avaliação da influência da hidratação nos grupos com diferentes capacidades aeróbicas foram considerados os índices do *plot* de recorrência e do *plot* de Poincaré (SD1, SD2 e relação SD1/SD2). **Resultados:** Para a população de coronariopatas, em exercício, as respostas observadas foram fisiológicas e não se alteraram com a hidratação, porém para a análise da recuperação houve interação entre os protocolos para os índices REC ($p = 0,015$) e Alfa-1 ($p = 0,039$) e foram encontradas diferenças entre os momentos para todos os índices ($p < 0,01$). No PH a recuperação de todos os índices ocorreu entre o 5° e 20° min de recuperação, enquanto no PC apenas os índices DFA-total, 1V e 2LV se recuperaram dentro do período de 60 minutos. Não foram encontradas diferenças significantes entre os protocolos para os índices analisados ($p > 0,05$). Considerando os diferentes níveis de aptidão cardiorrespiratória, durante o exercício a perda de líquidos modificou a dinâmica não linear do grupo com menor aptidão. No período pós-exercício não foram encontradas diferenças entre os protocolos

e interação momento vs protocolo ($p>0,05$), contudo diferenças foram observadas entre os momentos ($p<0,05$). O grupo com menor capacidade funcional apresentou melhor recuperação no PH para os índices REC, DET, SampEn, SD1 e relação SD1/SD2 e o grupo com maior condicionamento apresentou melhor recuperação no PH para os índices SampEn e SD1. **Conclusão:** O protocolo de hidratação utilizado não influenciou o período de exercício, porém acelerou a recuperação da dinâmica não linear da FC de coronariopatas. Considerando os diferentes níveis de aptidão cardiorrespiratória, o protocolo de hidratação minimizou a alteração não linear durante o exercício dos indivíduos com menor capacidade funcional e ainda teve maiores efeitos nesses indivíduos durante a recuperação.

Palavras-chave: Sistema Nervoso Autônomo; Dinâmica não linear; Recuperação; Aptidão Cardiorrespiratória; Exercício; Doenças Cardiovasculares; DFA

Abstract

Introduction: The presence of cardiovascular diseases and a reduced cardiorespiratory fitness are factors that delay post-exercise autonomic recovery. This condition contributes to a worse clinical prognosis and favors the appearance of ischemia and arrhythmia after exercise. Thus, strategies capable of accelerate the post-exercise recovery of individuals with these characteristics should be investigated. **Aim:** To investigate the hydration influence on the non-linear dynamic of heart rate (HR) during exercise and recovery of coronary artery disease subjects and to investigate this response considering different levels of cardiorespiratory fitness. **Methods:** 31 coronary artery disease males were submitted to the following experimental procedure: I. Maximum stress test, that determined the exercise load used in the next stages (60-80% of HR achieved at anaerobic threshold) and based on the VO₂peak median, the sample was divided into group worse (n = 15) and better (n = 16) cardiorespiratory fitness; II. Control protocol (CP) and III. Hydration protocol (HP) were analogous to a cardiac rehabilitation session, and composed by initial rest, warming-up, aerobic exercise and recovery. At the end of CP, the amount of fluid lost by each volunteer during the experiment was determined and at HP this amount was replaced with 8 equal portions of mineral water during the exercise and recovery periods in regular intervals of 10 minutes. To the analysis of non-linear dynamic of HR during the exercise and recovery periods were calculated the indexes of recurrence *plot* (REC, DET, SampEn and ApEn), of detrended fluctuation analysis (DFA-total, Alpha-1 and Alpha-2), and of symbolic analysis (0V, 1V, 2LV and 2ULV). To the evaluation of the hydration influence considering different cardiorespiratory fitness were considered the indexes of recurrence plot and Poincaré plot (SD1, SD2 and SD1/SD2 ratio). **Results:** During exercise the responses observed were physiological and do not altered with the hydration, however to the recovery analysis, there was interaction between the protocols for the indexes: REC (p = 0,015) and Alpha-1 (p = 0,039), also differences between the moments were found for all indexes (p<0,01). During HP the recovery of all indexes occurred between the 5th and 20th minutes of recovery, while during CP only the indexes DFA-total, 1V and 2LV recovered within the 60 minutes period. There were no differences between the protocols for all indexes analyzed (p>0,05). Considering the different levels of cardiorespiratory fitness, during exercise, the fluid loss modified the non-linear dynamic of HR only of the less conditionate subjects. During the post-exercise recovery there were no differences between the protocols and no interaction between moments and protocol (p>0,05), however differences between the moments were observed (p<0,05). The group with low

cardiorespiratory fitness presented better recovery during the HP for the indexes REC, DET, SampEn, SD1 and SD1/SD2 ratio and the group with higher aerobic fitness presented a better recovery only for the indexes SampEn and SD1. **Conclusion:** The hydration protocol performed do not influenced the exercise period, however, was able to accelerate the recovery of non-linear dynamic of HR of coronary artery disease subjects. Considering the different levels of cardiorespiratory fitness, the hydration protocol minimized the non-linear perturbations during exercise of the less conditionate subjects and had a higher influence at the recovery of these individuals.

Keywords: Autonomic Nervous System; Non-linear Dynamic; Recovery; Cardiorespiratory Fitness; Exercise; Cardiovascular Diseases; DFA.

Introdução

Os programas de reabilitação cardiovascular (PRC) constituem uma importante estratégia de tratamento para os indivíduos com doenças cardiovasculares (DCV)¹, uma vez que promovem importantes efeitos benéficos para esses indivíduos, dentre eles melhora da qualidade vida² e capacidade funcional³ e diminuição das taxas de hospitalização e mortalidade². A melhora desses desfechos está relacionada a prática regular de exercício físico, que é o principal componente desses programas⁴.

Durante e após o exercício físico o sistema nervoso autônomo (SNA) é responsável, pelo menos em parte, pela promoção das alterações necessárias para que o corpo seja capaz de se adaptar e suprir as diferentes demandas metabólicas⁵. Para isso, durante o esforço há o aumento da atividade do sistema nervoso simpático (SNS) e redução da atuação parassimpática. Por outro lado, após o fim da atividade, no período de recuperação, em um primeiro momento ocorre a reentrada vagal e, em seguida, há a redução gradual da atuação do SNS, promovendo a desaceleração cardiovascular⁵.

O período pós-exercício é o momento em que as adaptações ao exercício acontecem e o organismo se torna apto a realizar uma nova atividade^{6,7}. Porém, em função das diversas alterações fisiológicas que ocorrem após a interrupção do esforço físico, esse período está relacionado a uma maior vulnerabilidade do sistema cardiovascular, o que favorece a ocorrência de eventos adversos como, por exemplo, as síncope⁷ e arritmias⁸.

O tempo que o organismo leva para se recuperar do exercício é de extrema importância, visto que uma lenta recuperação está relacionada a maiores taxas de mortalidade e ocorrência de eventos cardiovasculares^{9,10}. E ainda, a velocidade de recuperação sofre influência de fatores relacionados ao indivíduo, a modalidade do exercício (máximo ou submáximo, longa ou curta duração)¹¹ e a característica da recuperação, como por exemplo a posição em que foi realizada (em pé, sentado, deitado),

a forma que foi realizada (ativa ou passiva)¹¹ e se houve a aplicação de técnicas recuperativas^{12,13}.

Os indivíduos com DCV apresentam uma lenta recuperação pós-exercício, que ocorre por conta de uma hiperatividade do SNS^{14,15}, que se desenvolve a fim de compensar o prejuízo funcional do coração¹⁶, mas que prejudica o processo de desaceleração cardiovascular após o exercício¹⁵, mantendo o trabalho cardíaco e o consumo de oxigênio pelo miocárdio elevados por mais tempo, o que favorece o desenvolvimento de eventos isquêmicos e arrítmicos no período⁸.

Além disso, outra característica, relacionada ao indivíduo, que influencia a velocidade de recuperação, é o nível de aptidão cardiorrespiratória¹⁷, pois os indivíduos menos condicionados possuem um maior comprometimento da atividade vagal¹⁸, o que contribui para uma lenta recuperação após o exercício^{17,18}.

Quando tomadas em conjunto, essas informações revelam que a população que apresenta DCV possui de maneira associada duas características que comprometem a recuperação autonômica pós-exercício^{14,17} e podem favorecer a ocorrência de eventos agudos durante a recuperação⁸ e piorar o prognóstico desses indivíduos¹⁹. Sendo assim, o estudo de técnicas e estratégias capazes de acelerar a recuperação autonômica dessa população se torna essencial. Nesse sentido, em indivíduos jovens saudáveis e no meio esportivo diferentes técnicas têm se mostrado eficientes na otimização do processo de recuperação, com destaque para as técnicas de massagem¹³, utilização de roupas de compressão²⁰, imersão em água fria²¹ e reposição hidroeletrólítica²².

Dessas estratégias, para quem atua nos PRC a reposição de líquidos se destaca, visto que pode ser facilmente implementada nesses programas e já foi demonstrado que a hidratação feita com água ou bebida isotônica durante e após exercício aeróbio submáximo (60% do VO_{2pico}) é eficaz na aceleração da recuperação autonômica de

indivíduos jovens saudáveis²³. Contudo, até o momento, não foram encontrados na literatura estudos que avaliaram os efeitos da perda de líquidos bem como da sua reposição sobre o SNA de indivíduos com DCV submetidos a uma sessão de reabilitação cardiovascular ou que consideraram a possível influência do nível de aptidão cardiorrespiratória desses indivíduos na eficiência da técnica.

O SNA pode ser analisado por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), um método capaz de avaliar o comportamento da modulação autonômica, por meio da análise das séries temporais de intervalos RR utilizando métodos lineares e/ou não lineares²⁴. Os métodos lineares quantificam a magnitude da variação entre os intervalos RR consecutivos ao redor da média da série ou por meio de faixas de frequências predeterminadas, já os métodos não lineares avaliam a qualidade e as propriedades de correlação da série, fornecendo informações sobre previsibilidade, fractalidade e complexidade²⁵.

Tradicionalmente, os métodos lineares são os mais utilizados na literatura, porém, atualmente os métodos não lineares têm ganhado destaque, pois consideram a característica complexa dos sistemas de controle do organismo e por isso fornecem informações adicionais que complementam os achados obtidos por meio da análise linear²⁵, e ainda, se mostraram mais sensíveis na detecção de alterações que precedem a ocorrência das taquicardias ventriculares²⁶. Porém, a compreensão dos métodos não linear depende do entendimento de alguns conceitos relacionados à teoria do caos. São eles:

I) *Sistema complexo*: um sistema pode ser definido como um conjunto de elementos que interagem entre si. Um sistema é considerado complexo quando o resultado da interação dos elementos não é previsível com base nas características iniciais

do sistema, e ainda, a análise dos elementos separadamente não reflete o comportamento do sistema (Figura 1)²⁷.

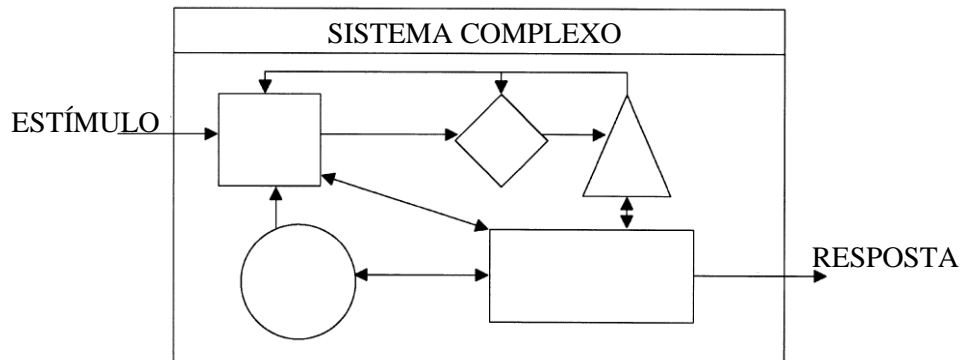


Figura 1. Representação de um sistema complexo. Formas geométricas: elementos que compõem o sistema. Setas: maneira com que os elementos interagem – observa-se vasta rede de interações que permitem diversos tipos de interação. Os elementos sob determinada situação respondem a um estímulo de maneira particular produzindo uma resposta específica. (Adaptado de Higgins²⁷: *Nonlinear Systems in Medicine*, 2002).

II) Comportamento fractal: pode ser definido com base na propriedade de auto similaridade, em que uma micro estrutura ou uma pequena parte do sistema, chamada de sub-unidade, remete a macro-estrutura do sistema, porém não é igual a ela (Figura 2)²⁸.

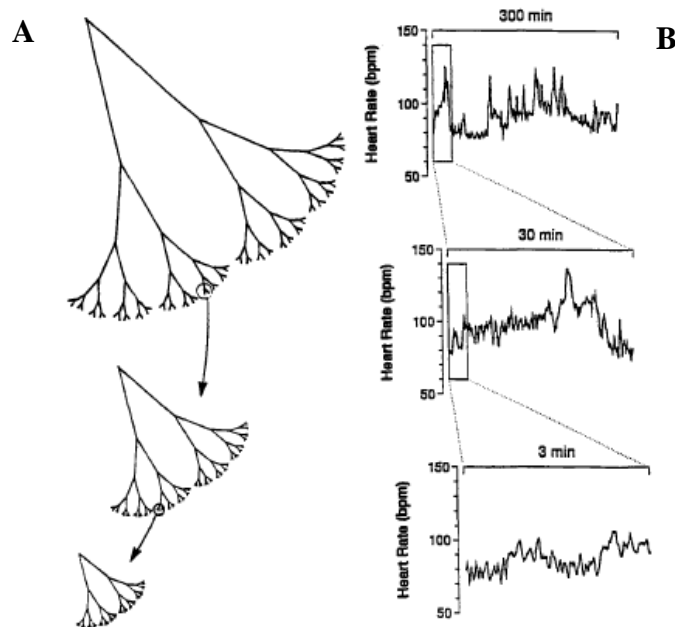


Figura 2. Comportamento fractal. A: estrutura auto similar, ex. galhos de árvore, árvore brônquica. **B:** dinâmica auto similar, ex. série temporal de batimentos cardíacos. (Adaptado de Goldberger²⁸: *Fractals in Anatomy and Physiology*, 1997).

Conclusão

A análise da influência da hidratação, realizada de maneira individualizada durante e após o exercício, na dinâmica não linear da FC nos períodos de exercício e recuperação de uma sessão de reabilitação cardiovascular em indivíduos coronariopatas revelou que:

- I. A característica da dinâmica não linear da FC de coronariopatas nos períodos de exercício e recuperação é semelhante a encontrada em jovens saudáveis;
- II. A perda de líquidos que ocorre durante uma sessão de reabilitação cardiovascular não é suficiente para alterar de maneira significativa as respostas não lineares durante o exercício, porém, é suficiente para causar uma recuperação mais lenta após o exercício;
- III. A hidratação realizada durante e após o exercício é capaz de acelerar a recuperação da dinâmica não linear da FC, porém não teve efeitos durante o exercício.

E ainda, quando os diferentes níveis de AC são considerados tem-se que:

- I. A característica da dinâmica não linear da FC durante o exercício e a recuperação de coronariopatas com melhor e pior aptidão cardiorrespiratória é semelhante;
- II. A perda de líquidos que ocorre durante uma sessão de reabilitação parece ter um maior impacto nos indivíduos com pior AC, uma vez que a hidratação foi capaz de amenizar a alteração da taxa de recorrência durante o exercício nesses indivíduos;
- III. A perda de líquidos é capaz de retardar o processo de recuperação dos indivíduos coronariopatas independentemente do seu nível de AC;
- IV. A hidratação é eficiente na aceleração da recuperação dos indivíduos coronariopatas, independentemente do seu nível de AC, porém, parece ter maiores benefícios para indivíduos com menor aptidão.

Diante desses resultados, conclui-se que a hidratação é uma técnica eficiente para acelerar a recuperação da dinâmica não linear da população analisada e ainda, para os indivíduos com menor AC a hidratação influenciou também as respostas durante o exercício. Diante desses resultados, sugerimos que essa estratégia de hidratação seja aplicada no ambiente clínico dos PRC, uma vez que essa é uma estratégia de baixo custo que pode ser facilmente inserida da dinâmica de funcionamento desses programas.

Referências

1. Servey JT, Stephens M, Services U. Cardiac Rehabilitation: Improving Function and Reducing Risk. *Card Rehabil.* 2016;94(1):37–43.
2. Anderson L, Oldridge N, Thompson DR, Zwisler A, Ressa K, Martin N, et al. Exercise-Based Cardiac Rehabilitation for Coronary Heart Disease. *J Am Coll Cardiol.* 2016;67(1):1–12.
3. Lavie CJ, Milani R V. Cardiac Rehabilitation and Exercise Training in Secondary Coronary Heart Disease Prevention. *Prog Cardiovasc Dis.* 2011;53(6):397–403.
4. Price KJ, Gordon BA, Bird SR, Benson AC. A review of guidelines for cardiac rehabilitation exercise programmes: Is there an international consensus? *Eur J Prev Cardiol.* 2016;23(16):1715–33.
5. Fisher JP, Young CN, Fadel PJ. Autonomic Adjustments to Exercise in Humans. *Compr Physiol.* 2015;5:475–512.
6. Romero SA, Minson CT, Halliwill XJR. Recovery from Exercise The cardiovascular system after exercise. *J Appl Physiol.* 2017;122:925–32.
7. Luttrell MJ, Halliwill JR. Recovery from exercise : vulnerable state , window of opportunity , or crystal ball ? *Front Physiol.* 2015;6(204):1–6.
8. Thompson PD, Franklin BA, Balady GJ, Blair SN, Corrado D, Iii NAME, et al. Exercise and acute cardiovascular events: placing the risks into perspective a scientific statement from the american heart association council on nutrition , physical activity , and metabolism and the council on linical cardiology. *Circulation.* 2007;115(17):2358–69.
9. Qiu S, Cai X, Sun Z, Li L, Zuegel M, Steinacker JM, et al. Heart Rate Recovery and Risk of Cardiovascular Events and All-Cause. *J Am Hear Assoc.* 2017;6:1–12.
10. Arena R, Guazzi M, Myers J, Peberdy MA. Prognostic value of heart rate recovery in patients with heart failure. *Am Hear J.* 2006;151(4):851.e7-13.
11. Peçanha T, Silva-Júnior ND, Forjaz CL de M. Heart rate recovery: autonomic determinants , methods of assessment and association with mortality and cardiovascular diseases. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2014;34(5):327–39.
12. Vanderlei FM, Moreno IL, Carlos L, Vanderlei M, Pastre CM. Effects of different protocols of hydration on cardiorespiratory parameters during exercise and recovery. *Int Arch Med.* 2013;6(33):1–10.
13. Poppendieck W, Wegmann M, Ferrauti A. Massage and Performance Recovery : A Meta-Analytical Review. *Sport Med.* 2016;46(2):183–204.
14. 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.
15. Ushijima A, Fukuma N, Kato Y, Aisu N, Mizuno K. Sympathetic excitation during exercise as a cause of attenuated heart rate recovery in patients with myocardial infarction. *J Nippon Med Sch.* 2009;76(2):76–83.
16. Mazurek JA, Jessup M. Understanding Heart Failure. *Heart Fail Clin.* 2017;13:1–19.

17. Trevizani GA, Benchimol-barbosa PR, Nadal J. Effects of age and aerobic fitness on heart rate recovery in adult men. *Arq Bras Cardiol.* 2012;99(3):802–10.
18. Buchheit M, Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: Respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am J Physiol - Hear Circ Physiol.* 2006;291(1).
19. Dhoble A, Lahr BD, Allison TG, Kopecky SL. Cardiopulmonary fitness and heart rate recovery as predictors of mortality in a referral population. *J Am Heart Assoc.* 2014;3(2):1–9.
20. Brown F, Gissane C, Howatson G. Compression Garments and Recovery from Exercise : *Sport Med.* 2017;
21. Rose C, Edwards KM, Siegler J, Graham K, Caillaud C. Whole-body Cryotherapy as a Recovery Technique after Exercise : A Review of the Literature Authors. *Int J Sport Med.* 2017;38:1049–60.
22. Mcdermott BP, Anderson SA, Lawrence E, Casa DJ, Samuel N, Cooper L, et al. National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for the physically active. *J Athl Train.* 2017;52(9):877–95.
23. Vanderlei FM, Moreno IL, Carlos L, Vanderlei M, Pastre CM, Abreu LC De, et al. Comparison of the effects of hydration with water or isotonic solution on the recovery of cardiac autonomic modulation. *Int J Sport Nutr Exe.* 2015;25(2):145–53.
24. Shaffer F, Ginsberg JP, Shaffer F. An Overview of Heart Rate variability Metrics and Norms. *Front Public Heal.* 2017;5(258):1–17.
25. Godoy MF. Nonlinear Analysis of Heart Rate Variability : A Comprehensive Review. *J Cardiol Ther.* 2016;3(3):528–33.
26. Meyerfeldt U, Wessel N, Schutt H, Selbig D, Schumann A, Voss A, et al. Heart rate variability before the onset of ventricular tachycardia : differences between slow and fast arrhythmias. *Int J Cardiol.* 2002;84:141–51.
27. Higginsa JP. Nonlinear Systems in Medicine. *Yale J Biol Med.* 2002;75:247–60.
28. Goldberger AL. Fractal Variability Versus Pathologic Periodicity : Complexity Loss and Stereotypy in Disease. *Perspect Biol Med.* 1997;40(4):543–61.
29. Porta A, Rienzo M Di, Wessel N, Kurths J. Addressing the complexity of cardiovascular regulation. *Phil Trans R Soc A.* 2009;367:1215–8.
30. 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 Hear Circ Physiol.* 2007;293:702–8.
31. Gronwald T, Hoos O, Hottenrott K. Effects of a Short-Term Cycling Interval Session and Active Recovery on Non-Linear Dynamics of Cardiac Autonomic Activity in Endurance Trained Cyclists. *J Clin Med.* 2019;8(194).
32. Gronwald T, Hoos O, Ludyga S, Hottenrott K. Non-linear dynamics of heart rate variability during incremental cycling exercise. *Res Sport Med.* 2018;1–11.

33. Casties J, Mottet D, Le Gallais D. Non-Linear Analyses of Heart Rate Variability During Heavy Exercise and Recovery in Cyclists. *Int J Sport Med.* 2005;26:1–6.
34. Goulopoulou S, Fernhall B, Kanaley JA. Hemodynamic responses and linear and non-linear dynamics of cardiovascular autonomic regulation following supramaximal exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2009;105:525–31.
35. Javorka M, Javorka K, Republic S. Heart rate recovery after exercise : relations to heart rate variability and complexity. *Brazilian J Med Biol Res.* 2002;35:991–1000.
36. Hoshi RA, Vanderlei LCM, de Godoy MF, Bastos F do N, Netto J, Pastre CM. Temporal sequence of recovery-related events following maximal exercise assessed by heart rate variability and blood lactate concentration. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2017;37(5):536–43.