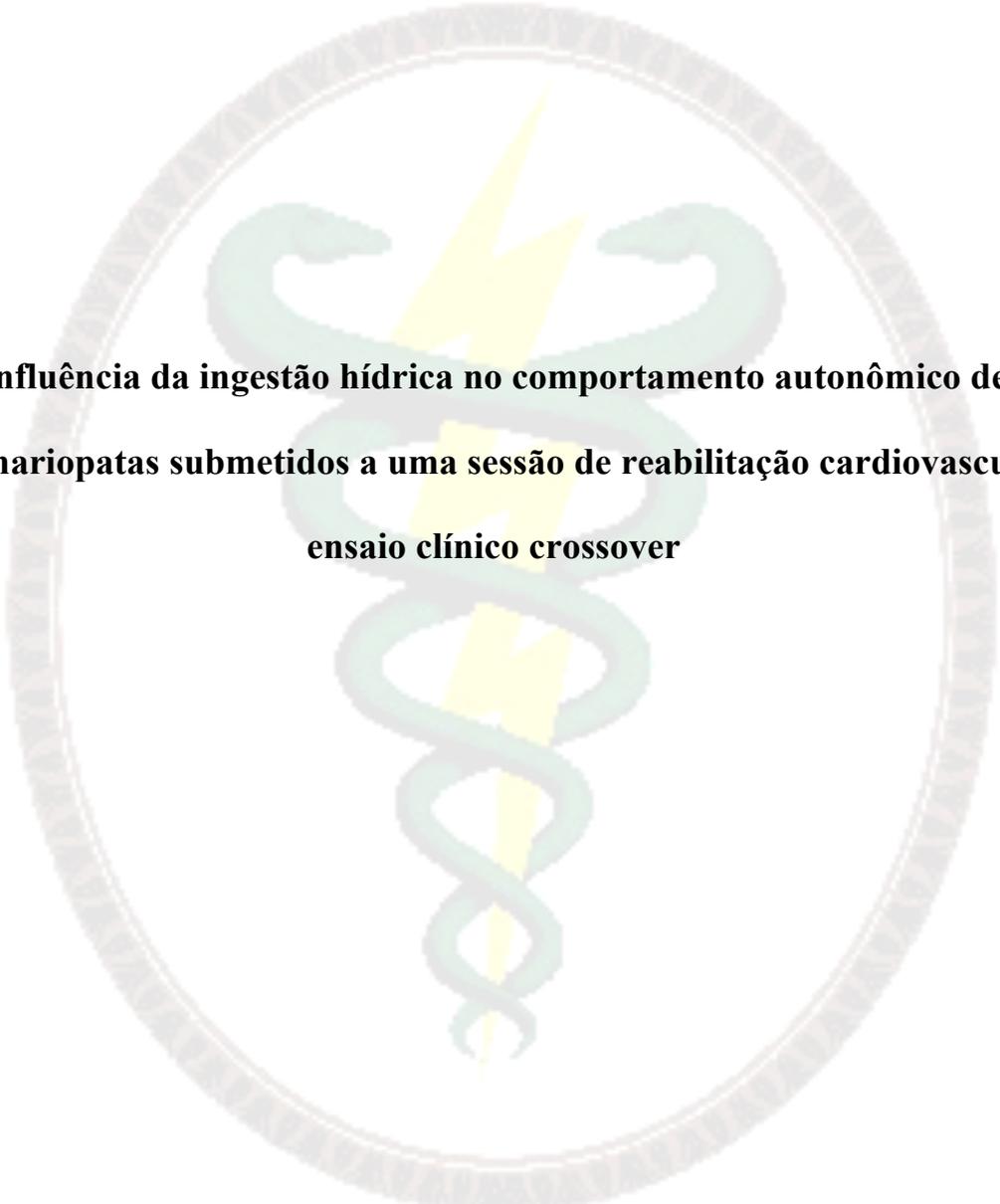


Programa de Pós-graduação em Fisioterapia

Anne Kastelianne França da Silva



**Influência da ingestão hídrica no comportamento autonômico de
coronariopatas submetidos a uma sessão de reabilitação cardiovascular:
ensaio clínico crossover**

Presidente Prudente

2019

Programa de Pós-graduação em Fisioterapia

Anne Kastelianne França da Silva

**Influência da ingestão hídrica no comportamento autonômico de
coronariopatas submetidos a uma sessão de reabilitação cardiovascular:
ensaio clínico crossover**

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

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Marques Vanderlei

Presidente Prudente

2019

S586i

Silva, Anne Kastelianne França da

Influência da ingestão hídrica no comportamento autonômico de coronariopatas submetidos a uma sessão de reabilitação cardiovascular: ensaio clínico crossover : Ingestão de água e recuperação autonômica de coronariopatas: ensaio clínico crossover / Anne Kastelianne França da Silva. -- , 2019

149 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara,
Orientador: Luiz Carlos Marques Vanderlei

1. Exercício. 2. Sistema nervoso autônomo. 3. Hidratação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Influência da ingestão hídrica no comportamento autonômico de coronariopatas submetidos a uma sessão de reabilitação cardiovascular: ensaio clínico crossover.

AUTORA: ANNE KASTELIANNE FRANÇA DA SILVA

ORIENTADOR: LUIZ CARLOS MARQUES VANDERLEI

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



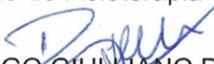
Prof. Dr. LUIZ CARLOS MARQUES VANDERLEI

Departamento de Fisioterapia e Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia / Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP/Presidente Prudente



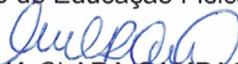
Profa. Dra. ROSELENE MODOLO REGUEIRO LORENCONI

Departamento de Fisioterapia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente



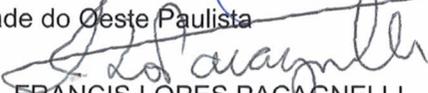
Prof. Dr. DIEGO GIULLIANO DESTRO CHRISTÓFARO

Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente / SP



Profa. Dra. ANA CLARA CAMPAGNOLO GONÇALVES TOLEDO

Universidade do Oeste Paulista



Profa. Dra. FRANCIS LOPES PACAGNELLI

Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE

Presidente Prudente, 31 de outubro de 2019

Dedicatória

Dedico esta tese àqueles que sempre acreditaram no meu potencial e me incentivaram em todos os momentos....

Agradecimento

Quando penso em agradecer, logo me vem à cabeça nomes que sem dúvida fizeram toda a diferença nessa minha caminhada.

Deus. Àquele que me permitiu vivenciar esse momento, àquele que me designou para estar onde estou hoje. Nada disso seria possível se Ele não tivesse planejado. Agradeço à Ele por ter me dado e continuar me dando, oportunidades de crescer e aprender, com erros e acertos, cada experiência me tornou quem eu sou hoje.

Família, pai, mãe, irmão. A minha base. Quantas vezes durante essa minha caminhada acadêmica, principalmente, durante o doutorado, houveram momentos de esgotamento, ausência de forças para prosseguir.... porém, o **amor** de vocês por mim, demonstrado as vezes, em pequenos gestos, pequenas ações e até sem perceber, me fizeram (e me fazem sempre), levantar a cabeça, secar as lágrimas e seguir o caminho que Deus me designou. Obrigada por sempre me apoiarem, por confiarem tanto em mim, por compreenderem a minha ausência física diária. Definitivamente, eu não seria nada do que sou hoje sem o amor de vocês, sem vocês, sem a minha base.

Família, Guilherme. Meu incentivador. Quando escolhemos alguém para compartilhar a nossa vida, buscamos qualidades que nós julgamos necessárias, e a principal qualidade que vejo em você é a sua capacidade de enxergar nos outros que eles são capazes. Durante o doutorado, quantas vezes eu ficava aflita quando algo saía do que eu havia planejado, por ter que enfrentar um país do outro lado do mundo, sozinha, com inglês básico e em outra área, por passar os finais-de-semana, noites trabalhando, seja na tese, aulas, orientações, artigos... enfim. Em todos esses momentos você olhava para mim e dizia o quanto eu era boa no que eu fazia, me mostrava que eu era capaz, me incentivava a seguir em frente, que era só mais um obstáculo e como todos, eu iria ultrapassar. Você foi e é essencial nessa jornada amor, obrigada por tudo. Agradeço também aos seus pais, Maria e Luiz, que são a minha família em Prudente, por todo o carinho, toda a atenção, preocupação, por todas as orações para que desse sempre tudo certo na minha vida.

Prof, Luiz. Líder. O senhor de fato é um líder, porque tem a capacidade de conseguir influenciar fortemente as nossas ações, a partir das suas atitudes e competência. O senhor nunca impõe o que deseja, nos mostra os caminhos, nos dá as oportunidades, é sensível, sabe quando estamos bem e quando não estamos e basta um “tá tudo bem mesmo doutora?”, para iniciarmos a sessão de terapia no laboratório. Tenho muito respeito e admiração pelo senhor e agradeço imensamente pelos ensinamentos, confiança e por todas as oportunidades que me deu durante esses 10 anos de laboratório.

Time hidratação, Maju, Lo, Laís, Fe, Day e Vitor. Parceria. Esse time foi essencial para poder apresentar o que vocês assistiram hoje e para o que vão assistir em outras defesas sobre esse projeto. Um projeto de doutorado não é realizado por um aluno e seu orientador, eles precisam de um time e vocês foram o time desse projeto. Obrigada por nos ajudarem, por estarem sempre prontos e disponíveis, pela boa convivência e pela parceria!

Maju e Lo. Filhas. Duas meninas, tão diferentes, mas que se complementam. Uma, é mais agitada, ligada no 220v, gosta de adiantar os prazos, tem o pensamento a mil anos luz à frente, uma mente que nem eu acompanho. A outra, calma, zen, faz tudo no tempo que é para fazer, sem pressa, vivendo o momento. As duas, doces, amigas, carinhosas, inteligentes, prestativas, engraçadas, bondosas...e muitas outros adjetivos que são reflexos de quando existe amor. Vocês duas, com todas essas particularidades também me completaram, me mudaram e me peguei muitas vezes tendo pensamentos mais de mãe de vocês do que de coorientadora. Obrigada por toda a dedicação, em todas as fases do projeto, desde a triagem dos pacientes, coleta, tabulação de dados, redação dos manuscritos, pelas risadas, enfim pelo amor de vocês por esse trabalho. Eu sei o quanto vocês se divertiam indo as coletas e disputando quem iria coletar a urina e quem iria preencher os copinhos com água. Vocês são únicas, por isso são tão especiais.

Laís. Amiga. Como sou feliz por ter você comigo, por ver como você cresce a cada dia. Você me ajudou tanto durante o doutorado, sempre prestativa, nunca falou um “não posso” ou “não consigo”, sempre deu o seu jeito, mesmo quando era difícil para você. Lembro quando ficávamos horas conversando quando eu estava na Austrália e você no Brasil, uma quase indo dormir e a outra indo almoçar, era um momento em que desabafávamos e esquecíamos até quanto tempo estávamos no telefone. Nem consigo imaginar como seria meu doutorado e a minha vida sem você ao meu lado, porque além de excelente profissional você tem uma luz que é só sua, você tem a doçura na voz e nas atitudes, e isso também a faz ser especial.

Laboratório de Fisiologia do Estresse. União. Obrigada por toda a ajuda, carinho, convívio diário e respeito durante essa etapa. Vocês fazem a diferença no meu dia-a-dia e fico muito feliz em poder saber que posso contar com cada um de vocês. Todos são especiais para mim.

Agradeço aos meus voluntários, as meninas do INCOR, Ana Alice, Amanda, aos médicos, Guilherme e Gustavo, ao Prof Fábio Lira e seus alunos, por colaborarem para a realização dessa pesquisa.

Agradeço à minha banca de avaliação, Prof Ana Clara, Prof Rose, Prof Diego e Prof Francis. Tenho um grande carinho por todos vocês, pois acompanham os meus passos há algum tempo e sempre tem algo a acrescentar na minha formação. Em especial a Prof Rose, obrigada por toda a confiança que depositou em mim como professora no departamento.

Agradeço à Pós-graduação, a CAPES e ao Prof. Paulo Ferreira por serem facilitadores na minha ida à The University of Sydney, que foi essencial para o meu amadurecimento e crescimento profissional.

O estudo recebeu suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -CNPq- processo 401258/2016-5 para aquisição de materiais necessários para o desenvolvimento do estudo. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Maria Júlia Lopez Laurino foi bolsista pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (número do projeto 2017 / 03142-1) para conduzir parte desse projeto.

Serei eternamente grata à cada um de vocês.

Επίγραφε

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou
sobre aquilo que todo mundo vê”

Arthur Schopenhauer

Sumário

SUMÁRIO

| | |
|-------------------------|-----|
| 1. Apresentação..... | 12 |
| 2. Resumo | 15 |
| 3. Abstract..... | 17 |
| 4. Introdução | 19 |
| 5. Objetivo..... | 26 |
| a. Manuscrito I..... | 28 |
| b. Manuscrito II | 52 |
| c. Manuscrito III | 82 |
| d. Manuscrito IV..... | 110 |
| 5. Conclusão..... | 142 |
| 6. Referências..... | 144 |

Apresentação

Este é um modelo alternativo de tese e contempla a pesquisa intitulada: **Influência da ingestão hídrica no comportamento autonômico de coronariopatas submetidos a uma sessão de reabilitação cardiovascular: ensaio clínico crossover**, realizada no Laboratório de Fisiologia do Estresse da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP.

Em concordância com as normas do modelo alternativo do Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, a presente tese está dividida da seguinte forma:

- * Introdução, contendo a contextualização do tema pesquisado;
- * Artigo I: Anne Kastelianne França da Silva, Maria Júlia Lopez Laurino, Laís Manata Vanzella, Lorena Altafin Santos, Felipe Ribeiro, Dayane Andrade Genoni Corazza and Luiz Carlos Marques Vanderlei. Influência da ingestão hídrica no comportamento autonômico e parâmetros cardiorrespiratórios de coronariopatas submetidos a uma sessão de reabilitação cardiovascular: Protocolo de um ensaio clínico *cross-over*
- * Artigo II: Anne Kastelianne França da Silva, Maria Júlia Lopes Laurino, Lorena Altafin Santos, Laís Manata Vanzella, Felipe Ribeiro, Guilherme de Almeida Costa e Luiz Carlos Marques Vanderlei. Ingestão de água durante e após uma sessão de reabilitação cardiovascular acelera a recuperação autonômica de coronariopatas: ensaio clínico crossover.
- * Artigo III: Anne Kastelianne França da Silva, Lorena Altafin Santos, Maria Júlia Lopes Laurino, Laís Manata Vanzella, Felipe Ribeiro, Gustavo Bochini Rozan and Luiz Carlos Marques Vanderlei. Índices geométricos da variabilidade da frequência cardíaca no período de recuperação de coronariopatas submetidos a exercício aeróbico supervisionado e hidratação: ensaio clínico crossover
- * Artigo IV: Maria Júlia Lopez Laurino, Anne Kastelianne França da Silva, Lorena Altafin Santos, Felipe Ribeiro, Laís Manata Vanzella, Dayane Andrade Genoni

Corazza and Luiz Carlos Marques Vanderlei. Ingestão de água durante o exercício é capaz de acelerar a recuperação da modulação autonômica imediatamente após uma sessão de reabilitação cardiovascular em coronariopatas: ensaio clínico crossover

- * Conclusões, obtidas por meio da pesquisa realizada; e
- * Referências, cujo formato é recomendado pelo Comitê Internacional de Editores de Jornais Médicos (ICMJE – *International Committee of Medical Journal Editors*), para apresentação das fontes utilizadas na redação de todo o conteúdo da tese.

Ressalta-se que os artigos estão formatados e apresentados conforme as normas para apresentação da tese.

Resumo

RESUMO

INTRODUÇÃO: A reposição das perdas hídricas decorrentes da atividade física é recomendada em consensos internacionais para indivíduos saudáveis e atletas de alto rendimento. Entretanto, permanece pouco compreendida a sua influência quando administrada, igualmente, durante e/ou após o exercício, sobre a modulação autonômica cardíaca, frequência cardíaca de recuperação (FCR) e percepções subjetivas de esforço (PSE), desconforto (PSD) e recuperação (PSR) de indivíduos com alteração autonômica conhecida, como os coronariopatas. **OBJETIVO:** Investigar a influência da ingestão hídrica realizada durante e/ou após uma sessão de reabilitação cardiovascular (RC) de intensidade moderada sobre a modulação autonômica cardíaca, FCR, PSE, PSD e PSR de coronariopatas. **MÉTODOS:** Foram recrutados 31 adultos acima de 45 anos de idade com coronariopatia isquêmica, participantes de programas de RC, os quais foram submetidos a dois desenhos de estudos, ambos compostos por três etapas (48 horas de intervalo entre elas): I) Teste de esforço máximo; II) Protocolo controle (PC); III) Protocolo experimental (PH). Os PC e PH de ambos os estudos foram compostos por atividades realizadas em RC convencional, com ingestão de água no PH, calculada a partir da variação de massa corporal no PC. A modulação autonômica foi avaliada utilizando índices de variabilidade da frequência cardíaca calculados nos domínios do tempo, frequência e geométricos durante o repouso, exercício e recuperação. Foram avaliados ainda a FCR, PSE, PSD e PSR. **RESULTADOS:** Hidratação durante o exercício e recuperação promoveu diferença significativa entre os protocolos (RMSSD - $p_{\text{valor}} = 0,024$; SD1 - $p_{\text{valor}} = 0,022$), entre repouso e momentos de recuperação (RMSSD, SDNN; LFms²; HFms²; LFnu; HFnu; SD1, SD2 e SD1/SD2; TINN; todos com $p_{\text{valor}} = 0,001$) e interação entre momentos e protocolo (RMSSD e SD1 - $p_{\text{valor}} = 0,019$). A ingestão de água apenas durante o exercício permitiu aceleração na reentrada vagal nos primeiros 30 segundos de recuperação no PH, enquanto que no PC ocorreu após o 1º minuto. Observamos também uma melhor recuperação da FC no 1º minuto no período de recuperação no PH assim como redução significativa da PSE, em comparação ao PC. Durante o exercício a ingestão de água não influenciou as respostas autonômicas em relação ao repouso, além do fisiológico. **CONCLUSÃO:** Em coronariopatas, pequenas perdas de líquidos durante o exercício e recuperação são capazes de influenciar a modulação autonômica e a ingestão de água permite uma recuperação antecipada da modulação parassimpática e da variabilidade global. Além disso, a ingestão de água apenas durante o exercício permite acelerar a reentrada vagal e influencia positivamente a FCR e a PSR, no período imediato de recuperação.

Palavras-chave: reabilitação cardíaca; doença cardiovascular; sistema nervoso autônomo; recuperação; hidratação

Abstract

ABSTRACT

BACKGROUND: The replacement of water losses due to physical activity is recommended in international consensus for healthy individuals and high performance athletes. However, its influence when administered equally during and / or after exercise on cardiac autonomic modulation, recovery heart rate (HRR) and subjective perceptions of exertion (PSE), discomfort (PSD) and recovery (PSR) of individuals with known autonomic alterations, such as coronary artery disease, remains poorly understood **AIM:** To investigate the influence of fluid intake during and / or after a moderate intensity cardiovascular rehabilitation (CR) session on coronary heart disease autonomic modulation, HRR, PSE, PSD and PSR. **METHODS:** We recruited 31 adults over 45 years of age with ischemic coronary artery disease who participated in CR programs, who underwent two study designs, both composed of three steps (48 hours apart): I) maximum effort; II) Control Protocol (PC); III) Experimental Protocol (PH). The PC and PH of both studies were composed by activities performed in conventional CR, with water intake in the PH, calculated from the body mass variation in the PC. Autonomic modulation was evaluated using heart rate variability indices calculated in the time, frequency and geometric domains during rest, exercise and recovery. FCR, PSE, PSD and PSR were also evaluated. **RESULTS:** Hydration during exercise and recovery promoted significant difference between protocols (RMSSD - p value = 0.024; SD1 - p value = 0.022), between rest and recovery moments (RMSSD, SDNN; LFms2; HFms2; LFnu; HFnu; SD1, SD2 and SD1 / SD2; TINN; all with p value = 0.001) and interaction between moments and protocol (RMSSD and SD1 - p value = 0.019). Ingestion of water only during exercise allowed acceleration in vagal reentry in the first 30 seconds of recovery in PH, while in CP occurred after the first minute. We also observed a better HR recovery at 1 minute in the PH recovery period as well as a significant reduction in PSE compared to the PC. During exercise the water intake did not influence the autonomic responses in relation to rest, besides the physiological one. **CONCLUSION:** In coronary artery disease patients, small fluid losses during exercise and recovery are able to influence autonomic modulation and water intake allows an early recovery of parasympathetic modulation and global variability. In addition, ingestion of water only during exercise accelerates vagal reentry and positively influences HRR and PSR in the immediate recovery period.

Keywords: cardiac rehabilitation; cardiovascular disease; autonomic nervous system; recovery; hydration

Introdução

INTRODUÇÃO

A prática de exercícios físicos esta associada a inúmeros benefícios à saúde física e mental¹, os quais podem ser observados em diversas populações²⁻⁵ incluindo indivíduos portadores de doenças cardiovasculares (DCV)^{1,6}.

Estudos apontam que para esses indivíduos a prática de exercícios físicos melhora, de forma segura, a capacidade aeróbia, a função cardiovascular e a qualidade de vida^{7,8}, os níveis de aderência à terapêutica farmacológica⁹, auxilia no controle dos fatores de risco, contribui com a redução da mortalidade, melhora a sintomatologia das DCV¹⁰, reduz manifestações clínicas como infarto agudo do miocárdio, parada cardíaca ou morte súbita¹¹ e influencia favoravelmente o prognóstico cirúrgico¹². Além disso, atividades físicas como as aeróbias, quando elaboradas corretamente, promovem benefícios hemodinâmicos como reduções da frequência cardíaca de repouso e da pressão arterial, aumento da aptidão cardiorrespiratória e melhor recuperação da frequência cardíaca¹³.

Alterações autonômicas positivas induzidas pelo exercício físico foram também relatadas na literatura em indivíduos com DCV¹⁴⁻¹⁷, aspectos importantes tendo em vista que a disfunção autonômica é conhecida por afetar negativamente o prognóstico clínico desses pacientes^{18,19}.

Durante a realização de exercícios físicos ocorrem alterações cardiorrespiratórias e aumento da temperatura corporal que são necessárias para manter o funcionamento adequado do organismo²⁰. A elevação da temperatura corporal leva à perda de líquidos por meio da evaporação pela sudorese, mecanismo primário de perda de calor a partir da superfície da pele^{20,21}, o que é necessário para manter um bom esfriamento corporal durante o exercício²⁰.

Contudo, a perda de líquidos pode levar à desidratação, definida como a contração do volume extracelular secundária às perdas hidroeletrólíticas, cuja gravidade irá depender da

magnitude do déficit em relação às reservas corpóreas e da relação entre o déficit de água e de eletrólitos, principalmente o sódio²².

A perda de líquidos por altas taxas de transpiração durante o exercício promove alterações na função cardiovascular. Durante o exercício submáximo a hipoidratação provoca aumento da frequência cardíaca e diminuição do volume sistólico, geralmente, o débito cardíaco não se altera²³⁻²⁵. A medida que o estresse térmico aumenta associada a hipoidratação, ocorre diminuição do débito cardíaco, uma vez que o aumento do ritmo cardíaco não é de magnitude suficiente para compensar a diminuição do volume sistólico²⁶⁻²⁸. Além disso, a hipoidratação associada ao exercício promove vasodilatação periférica, diminuição do retorno venoso e do volume de ejeção^{29,30}, levando a redução da pressão arterial³¹. A desidratação ainda é responsável pela diminuição da capacidade de realização do trabalho²⁰, redução na tolerância ao calor^{20,32} e prejuízo das respostas termorreguladoras³³.

Adicionalmente, a modulação autonômica também é prejudicada pela desidratação³⁴. O estresse térmico, que é aumentado pelo exercício e pela hipoidratação, tem sido associado à diminuição da modulação cardíaca vagal³⁵ o que provavelmente contribui para a elevação da frequência cardíaca³⁵. Moreno et al³⁶, observaram que após um período de exercício aeróbico com intensidade moderada o estado hipoidratado reduziu a modulação autonômica global e elevou valores de frequência cardíaca.

De forma contrária a reposição de líquidos ameniza as alterações cardiovasculares³⁷ e autonômicas^{36,38,39} provocadas pelo estresse térmico e promove recuperação mais rápida do organismo³⁶. Estudos têm apontado que a hidratação durante o exercício seja com água ou soluções isotônicas, leva a um aumento do débito cardíaco e frequência cardíaca, mantém o volume de ejeção inalterado e promove recuperação mais rápida da frequência cardíaca e/ou da modulação autonômica quando voluntários saudáveis

são hidratados durante e após a realização de exercício aeróbico com intensidade moderada^{36,39} ou após a realização de exercício resistido³⁸.

Moreno et al³⁶ apontaram que a ingestão de água administrada em intervalos regulares de 15 minutos durante exercício aeróbico em esteira e na recuperação, produziu recuperação mais rápida da frequência cardíaca e da modulação autonômica cardíaca no período de pós-exercício. Viana et al³⁹ ao aplicarem um protocolo de 30 minutos de exercício em um cicloergômetro a 80% do limiar anaeróbio, verificaram maior atividade vagal cardíaca 30 minutos pós-exercício quando 500 ml de água foi ingerida em comparação com 50 ml de água, mas as respostas de frequência cardíaca não sofreram influência significativa. Resultados semelhantes também foram encontrados por Teixeira et al³⁸ após uma única sessão de exercício resistido de membros superiores, ou seja, a ingestão de água promoveu reativação cardíaca vagal 30 minutos pós-exercício.

A avaliação do comportamento autonômico torna-se fundamental pelo significativo papel que o mesmo desempenha sobre os mecanismos regulatórios fisiológicos e fisiopatológicos cardíacos quando a homeostasia é alterada, atuando na preservação das condições necessárias para que o indivíduo exerça, adequadamente, sua interação com o meio ambiente circundante^{40,41}. Uma promissora ferramenta atualmente empregada para estudo da modulação autonômica cardíaca é a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), a qual permite uma avaliação não invasiva e seletiva da função autonômica por meio da análise das séries temporais dos intervalos RR, cujas variações fornecem informações sobre o sistema nervoso autônomo (SNA) e seu controle sobre o coração^{42,43}. Métodos lineares, analisados tanto no domínio da frequência (DF) quanto no domínio do tempo (DT), e não-lineares podem ser utilizados para avaliação da VFC⁴⁴⁻⁴⁶.

Como abordado anteriormente, a prática de exercícios físicos esta associada a diversos benefícios à saúde que são observados em diversas populações incluindo portadores

de DCV. Contudo o exercício físico prolongado produz dentre outros efeitos, a elevação da temperatura corporal e, conseqüentemente, aumento da taxa de transpiração que pode levar a perda de líquidos, a qual se não reposta adequadamente pode promover um estado de desidratação²⁰. Essa consequência negativa decorrente do exercício e da hipoidratação causa prejuízos no sistema cardiovascular e no comportamento autonômico que podem comprometer a capacidade de recuperação e saúde cardiovascular.

No entanto, não é do nosso conhecimento estudos que tenham avaliado os efeitos decorrentes da perda hídrica associada a prática de exercícios físicos em portadores de DCV, como aqueles propostos nos programas de reabilitação cardiovascular, sobre o comportamento autonômico e do sistema cardiorrespiratório.

Esta lacuna foi observada em uma revisão sistemática elaborada para a construção desse projeto em que buscamos estudos que avaliaram a influência da hidratação sobre o comportamento autonômico. Nessa revisão foram observados apenas quatro estudos, sendo dois publicados pelo nosso grupo, que abordaram essa temática. Observamos que os estudos realizados utilizaram para análise indivíduos jovens saudáveis^{34,36,47} ou atletas⁴⁸ e ainda que durante a desidratação houve redução da variabilidade da frequência cardíaca^{34,48} e que a hidratação promoveu recuperação mais rápida dessa variável^{36,47}.

Desta forma, tendo em vista a ausência de estudos que investigaram esses aspectos em indivíduos com doenças, como aqueles com DCV praticantes de programas de reabilitação cardiovascular, entende-se como pertinente investigar se essas alterações também se estendem a essa população, que já apresenta alteração autonômica^{18,19}, o que pode auxiliar a profissionais da área da saúde a compreender se estes fatores podem prejudicar ainda mais a saúde cardiovascular desses indivíduos e possibilitar a implementação de estratégias capazes de amenizar esses fatores.

Sendo assim, tomados em conjunto esses dados apontam para algumas lacunas na literatura, ou seja, a realização de exercícios aeróbicos com intensidade moderada, como os propostos nos programas de reabilitação cardiovascular, por indivíduos com DCV promove perdas significativas de líquidos? Essa perda, se ocorrer, promove alterações nos sistemas autonômico e cardiorrespiratório de indivíduos que já apresentam disfunções autonômicas? A reposição de líquidos nessa população pode favorecer positivamente as respostas cardiorrespiratórias e autonômicas durante e após o programa de exercício? Se sim, quais parâmetros autonômicos podem ser utilizados para avaliar essas respostas durante a prática clínica? Além disso, a reposição hídrica apenas durante o exercício pode ser capaz de influenciar as respostas da frequência cardíaca de recuperação e no SNA no período imediato da recuperação? Se influenciar, quais as alterações que irão ocorrer? Essa reposição promoverá influências em percepções subjetivas de esforço, desconforto e recuperação nesses indivíduos? O desenho desse estudo foi realizado para responder a essas questões.

Informações dessa natureza são importantes para determinar se o exercício físico aeróbico de moderada intensidade promove perda de líquidos, se essa perda é capaz de influenciar nos parâmetros autonômicos de coronariopatas e ainda se a reposição hídrica em indivíduos com disfunção autonômica, também é um fator protetor do SNA, como observado em estudos com indivíduos saudáveis^{36,49,50} Ainda, o desenho do estudo, poderá determinar se o protocolo proposto é capaz de influenciar variáveis autonômicas (VFC), cardiovascular (frequência cardíaca de recuperação) e percepções subjetivas (esforço, desconforto e recuperação) no período imediato de recuperação, assim como em indivíduos saudáveis⁵¹.

Se os resultados demonstrarem que esses indivíduos apresentam redução de líquidos corporais com impacto importante e desfavorável no comportamento autonômico e frequência cardíaca de recuperação e que a reposição de líquidos atenua esse impacto, possibilitaremos o início de um importante campo de estudo na prática clínica, uma vez que

para esses indivíduos, atividades como exercícios físicos inseridos dentro de um programa de reabilitação cardiovascular são amplamente indicadas^{7,8,10}.

Além dos aspectos alhures descrito, estudar o período após o exercício é fundamental nessa população, pois esse período pode trazer alguns riscos ao organismo como um aumento súbito da frequência cardíaca causando arritmias cardíacas, uma diminuição ou uma elevação da pressão arterial além dos padrões considerados fisiológicos⁵², hiperventilação pulmonar tornando o pH do corpo mais alto (alcalose), a qual é causada por um aumento descontrolado da atuação do ramo simpático⁵³ e uma produção excessiva de metabólicos⁵². Se a reposição de líquidos provocar melhor recuperação da modulação autonômica e da frequência cardíaca de recuperação, isso pode ser importante para diminuição do risco após exercício, abrindo outro importante campo de estudo na prática clínica.

Hipotetizamos, que esses indivíduos serão beneficiados pela reposição de líquidos, melhorando a resposta autonômica, frequência cardíaca de recuperação e as percepções subjetivas de esforço, desconforto e recuperação durante o exercício e/ou recuperação.

Objetivo

OBJETIVO

1) Desenvolver um protocolo de estratégia de hidratação durante e após a realização de uma sessão de reabilitação cardiovascular e investigar as repercussões na modulação autonômica cardíaca, por meio da variabilidade da frequência cardíaca (índices lineares e não lineares), parâmetros cardiorrespiratórios (frequência cardíaca, frequência respiratória, saturação parcial de oxigênio, pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica) e percepção subjetiva de esforço e desconforto de indivíduos com doença arterial coronariana.

2) Investigar a influência da ingestão hídrica realizada durante e após uma sessão de reabilitação cardiovascular de intensidade moderada nos índices lineares da variabilidade da frequência cardíaca de coronariopatas.

3) Investigar o comportamento autonômico no período de recuperação por meio de índices geométricos da variabilidade da frequência cardíaca em indivíduos com doença arterial coronariana submetidos a exercício aeróbico supervisionado associado a hidratação.

4) Investigar a influência da hidratação no comportamento autonômico de indivíduos com doença arterial coronariana, por meio da frequência cardíaca de recuperação e variabilidade da frequência cardíaca no período imediato de recuperação de uma sessão de reabilitação cardiovascular e sua influência na percepção subjetiva de esforço, desconforto e recuperação.

Para cumprir com os objetivos propostos foi realizado um estudo que proporcionou a elaboração de quatro manuscritos. A seguir esses manuscritos serão apresentados na íntegra, conforme as normas para apresentação da tese, as quais foram definidas pelo Conselho de Curso do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da FCT/UNESP.

Título: Influência da ingestão hídrica no comportamento autonômico e parâmetros cardiorrespiratórios de coronariopatas submetidos a uma sessão de reabilitação cardiovascular: Protocolo de um ensaio clínico *cross-over*

Título curto: Ingestão hídrica associada a uma sessão de reabilitação cardiovascular: protocolo de um ensaio clínico *cross-over*

Autores: Anne Kastelianne França da Silva^{1*}, Maria Júlia Lopez Laurino¹, Laís Manata Vanzella¹, Lorena Altafin Santos¹, Felipe Ribeiro¹, Dayane Andrade Genoni Corazza¹ and Luiz Carlos Marques Vanderlei¹

Filiação: ¹Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

Autor correspondente:

Programa de Pós-graduação em Fisioterapia
A/C Anne Kastelianne França da Silva
Faculdade de Ciências e Tecnologia UNESP – Universidade Estadual Paulista.
Endereço: Roberto Simonsen Street, 305. CEP: 19060-900.
Presidente Prudente – São Paulo – Brasil
Fone: (18) 3229 – 5819; Fax: (18) 3223-4519/
e-mail: anne_franca@hotmail.com

Resumo

Introdução: A necessidade de reposição das perdas hídricas decorrentes exercício físico tornou-se estabelecida e difundida em consensos internacionais para indivíduos saudáveis ou atletas de alto rendimento. Entretanto, permanece pouco compreendida a influência da reposição de fluido quando administrada, igualmente, durante e após o exercício sobre parâmetros cardiorrespiratórios, modulação autonômica cardíaca e percepções subjetivas de esforço e dor de indivíduos com doença arterial coronariana (DAC). **Objetivo:** Investigar a influência da hidratação na modulação autonômica cardíaca, nos parâmetros cardiorrespiratórios e percepções subjetivas de esforço e dor, de coronariopatas submetidos a uma sessão de reabilitação cardíaca (RC). **Materiais e métodos:** Este ensaio clínico *cross-over*, registrado no Clinicaltrials.gov (NCT 03198806), recrutará 31 adultos acima de 45 anos de idade, participantes de programas de reabilitação cardiovascular, com diagnóstico de DAC, os quais serão submetidos a um protocolo experimental composto de três etapas com intervalo de 48 horas entre elas: I) Teste de esforço máximo; II) Protocolo controle (PC) e III) Protocolo hidratação (PH). Os PC e PH consistirão de 10 min de repouso em decúbito dorsal, 15 min de aquecimento, 40 min de exercício em esteira ergométrica, 5 min de desaquecimento e 60 min de repouso em decúbito dorsal. No PH os voluntários serão hidratados com água mineral, em quantidade determinada pela redução do peso corporal no PC, que será consumida em 8 porções iguais e oferecidas a cada 10 min durante o exercício realizado em esteira e na recuperação. Serão avaliados nos PC e PH, os desfechos primários (índices lineares e não lineares da variabilidade da frequência cardíaca) e os desfechos secundários (frequência cardíaca, pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica, frequência respiratória, saturação parcial de oxigênio, percepção subjetiva de esforço e desconforto) em momentos específicos. **Conclusão:** Este estudo é o primeiro a investigar os efeitos de um protocolo de reposição hídrica associado a um modelo de sessão de RC convencional sobre a modulação autonômica, parâmetros cardiorrespiratórios e percepções de esforço e dor de indivíduos com DAC. Os resultados desse estudo permitirão identificar se o protocolo proposto é capaz de influenciar positivamente os desfechos avaliados e, conseqüentemente, se poderão ser implementados na prática clínica.

Palavras-chave: Reabilitação cardíaca; Hidratação; Sistema nervoso autônomo.

Introdução

A prática de exercícios físicos está associada a inúmeros benefícios à saúde física e mental¹ em diversas populações²⁻⁵ incluindo indivíduos com doenças cardiovasculares (DCV)^{6,7}, nos quais os programas de reabilitação cardiovascular podem promover diversos benefícios à saúde, dentre eles mudanças positivas nos sistemas cardiorrespiratório e autonômico⁸⁻¹¹. Contudo, durante a realização de exercícios físicos a temperatura corporal é elevada e, conseqüentemente, ocorre aumento da taxa de transpiração que pode levar a perda de líquidos, a qual se não repostada adequadamente pode promover um estado de desidratação¹². Essa perda de líquidos induzida pelo exercício, causa prejuízos nos sistemas cardiovascular e autonômico¹³⁻¹⁵ que podem comprometer a capacidade de recuperação e saúde cardiovascular^{16,17}.

Nesse sentido, diferentes estratégias para acelerar a recuperação autonômica e do sistema cardiovascular após a prática de exercício físico têm sido estudadas na literatura¹⁵⁻²⁰, dentre elas, a reposição hídrica²¹⁻²³. Estudos que investigaram os efeitos da reposição hídrica associada ao exercício físico, apontaram que essa estratégia foi capaz de amenizar as alterações cardiovasculares^{18,24} e autonômica²⁰⁻²³ provocadas pelo estresse térmico em decorrência do exercício físico e promover recuperação mais rápida do organismo^{18,20-23}.

No entanto, estudos que abordaram essa temática, utilizaram diferentes estratégias, tanto no que se diz respeito ao tipo de bebida (água²¹⁻²³ e/ou bebida com eletrólitos e carboidratos^{14-18,20}), momento (durante¹⁷ e/ou após o exercício^{14-16,18,20-24}), quantidade de ingestão hídrica (dose única^{16,22,23} ou dose fracionada^{14,15,17,18,20,21}), intensidade do exercício (máximo²² e/ou submáximo^{14,15,17,18,20,21,23,24}), duração do exercício (30²³, 45¹⁶ a 90^{14,15,17,18,20,21} minutos), tipo de exercício proposto (resistido^{16,22}

ou aeróbio^{14,15,17,18,20,21,23,24}) e tempo de recuperação (30^{22,23}, 45¹⁷, 60^{14-16,18,20,21} ou 4 horas²⁴). Além disso, essa temática foi investigada em jovens saudáveis e/ou atletas com uma amostra que variou de 5 a 31 indivíduos^{14-18,20-24}. Contudo, se destaca a ausência de estudos que tenham investigado esses aspectos em indivíduos com DCV, conhecidos por apresentarem em repouso condições cardiovasculares e autonômicas^{25,26} diferentes de indivíduos saudáveis.

Desta forma, entende-se como pertinente submeter indivíduos coronariopatas, a um protocolo de ingestão hídrica associado a um modelo convencional de sessão de reabilitação, para determinar se o modelo de exercício proposto promove perda de líquidos, se essa perda é capaz de influenciar os parâmetros cardiovasculares e autonômicos de coronariopatas e se a reposição hídrica também é um fator protetor dos sistemas cardiovascular e autonômico, como observado em indivíduos saudáveis^{13,21,27}. Além disso, poderemos avaliar se a reposição hídrica influencia parâmetros cardiorrespiratórios e percepções subjetivas de esforço/dor e se poderemos utilizá-los para avaliação durante a prática clínica.

Sendo assim, o objetivo do trabalho consiste em investigar a influência da hidratação na modulação autonômica cardíaca, por meio da variabilidade da frequência cardíaca (índices lineares e não lineares), nos parâmetros cardiorrespiratórios (frequência cardíaca, frequência respiratória, saturação parcial de oxigênio, pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica), percepção subjetiva de esforço e percepção subjetiva de dor, de coronariopatas submetidos ao exercício aeróbico de intensidade moderada. Hipotetizamos, que esses indivíduos serão beneficiados pela reposição de líquidos, melhorando a resposta autonômica, os parâmetros cardiorrespiratórios e as percepções subjetivas de esforço e dor durante o exercício e recuperação.

Materiais e métodos

Desenho do estudo e participantes

O protocolo do presente estudo é caracterizado como um ensaio clínico *cross-over*, registrado prospectivamente no ClinicalTrials.gov (NCT 03198806) em 19 de junho de 2017 e segue as recomendações SPIRIT 2013²⁸ para protocolos de ensaios clínicos.

Os participantes deste estudo serão recrutados em dois setores de Reabilitação Cardiovascular da cidade de Presidente Prudente, SP, Brasil e convidados aqueles que apresentarem os seguintes critérios:

- ◇ Homens acima de 45 anos de idade
- ◇ Diagnóstico médico de coronariopatia isquêmica, com função ventricular esquerda preservada, ou seja, fração de ejeção do ventrículo esquerdo acima de 50%, confirmado por ecocardiograma previamente anexado em seu prontuário
- ◇ Não apresentarem histórico de tabagismo e/ou etilismo a fim de não influenciarem na modulação autonômica cardíaca
- ◇ Estarem realizando o programa de reabilitação cardiovascular por pelo menos 3 meses prévios a coleta de dados
- ◇ Não apresentarem no período do recrutamento histórico de infecções, angina instável, hipertensão não controlada, doença valvular significativa e/ou doença metabólica descontrolada (por exemplo, diabetes descontrolado e doenças da tireóide)

Serão excluídos os voluntários selecionados que apresentarem pelo menos uma das características abaixo após o início do protocolo:

- ◇ Respostas hemodinâmicas anormais durante o exercício como aumento/queda desproporcional da frequência cardíaca e/ou da pressão arterial à baixos/altos níveis de carga
- ◇ Registros de séries temporais de intervalos RR com menos de 95% de batimentos sinusais²⁹
- ◇ Não comparecimento em pelo menos uma das etapas do protocolo

Cálculo amostral

O cálculo amostral foi realizado por meio do software *online* contido no site <http://www.lee.dante.br/> considerando-se como variável o índice rMSSD. A magnitude de diferença significativa assumida foi de 12 ms, considerando um desvio padrão de 16 ms¹⁵, com risco alfa de 5% e beta de 80%, o tamanho amostral resultou em 28 voluntários. Considerando-se possíveis perdas amostrais, acrescentamos 10% ao tamanho amostral calculado, totalizando 31 voluntários.

Aspectos éticos

Os voluntários serão devidamente informados sobre os procedimentos e objetivos deste estudo e, após concordarem, assinarão um termo de consentimento livre e esclarecido, constituindo a possível amostra. Todos os procedimentos do estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia FCT/UNESP (CAAE: 54864716.8.0000.5402) e seguiram a Declaração de Helsinki.

Desenho do procedimento experimental

Todos os voluntários serão submetidos a um procedimento experimental dividido em três etapas (figura 1), todas realizadas em esteira ergométrica, com intervalo mínimo de 48 horas entre elas, a fim de permitir a recuperação dos mesmos.

As etapas serão as seguintes:

I) Teste de esforço máximo ($TE_{Máx}$): realizado para avaliação do consumo de oxigênio pico para determinação das cargas utilizadas nos protocolos seguintes;

II) Protocolo controle (PC): nessa etapa os voluntários permanecerão 10 minutos em repouso, em seguida executarão 15 minutos de aquecimento, com atividades envolvendo alongamentos e exercícios globais, 40 minutos de exercício físico em esteira, 5 minutos de desaquecimento, seguidos por 60 minutos de recuperação. Nesse protocolo os voluntários não serão hidratados;

III) Protocolo hidratação (PH): nessa etapa os voluntários realizarão atividades iguais à do PC, mas com administração de água mineral (Bonafont, Brasil) que será distribuída em 8 porções iguais administradas em intervalos regulares de 10 minutos a partir do 10º minuto de exercício até os últimos 25 minutos finais do período de recuperação, calculada a partir da variação do peso corporal no PC.

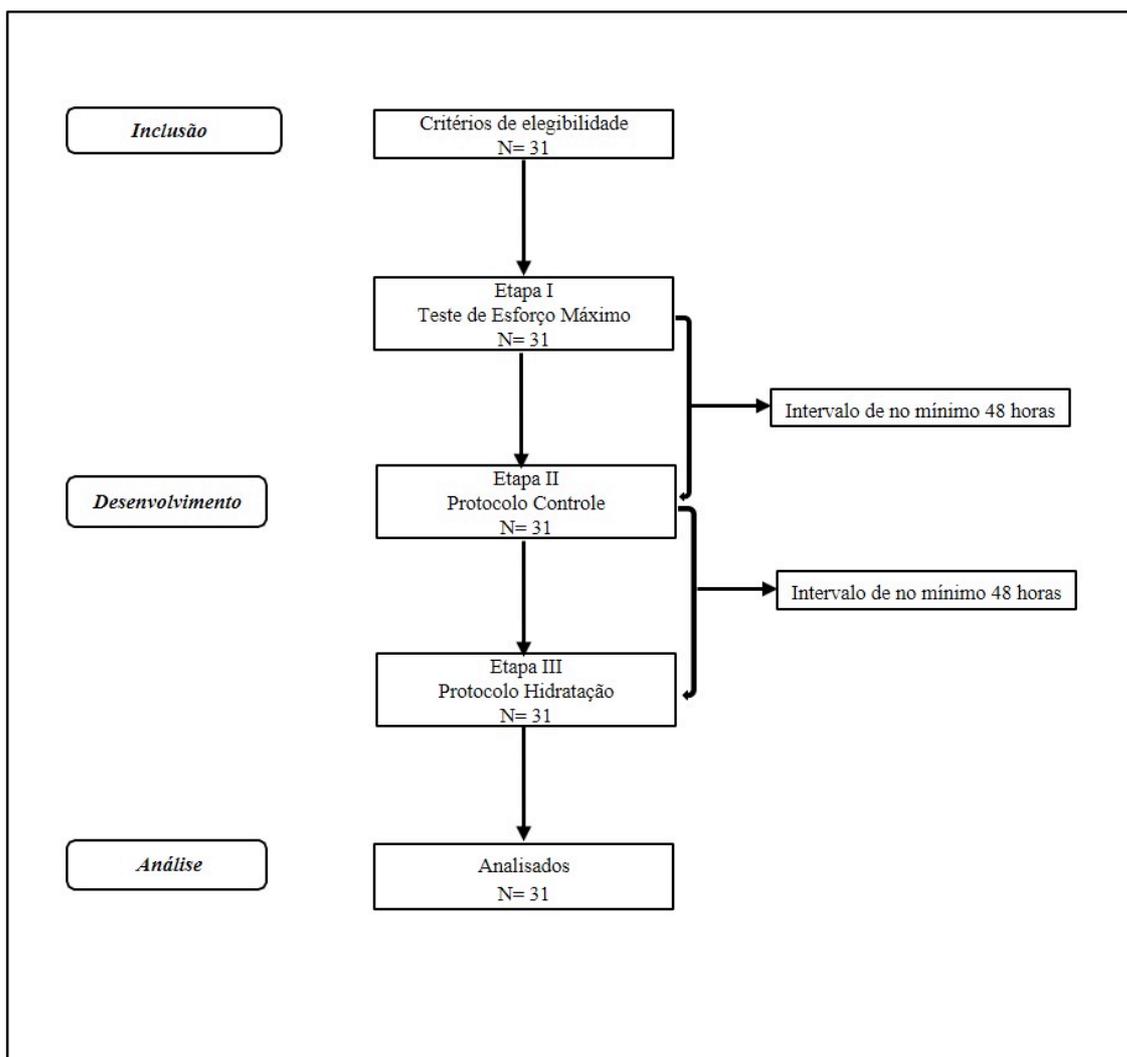


Figura 1. Desenho do protocolo

Orientações prévias ao procedimento experimental

Visando a confiabilidade dos resultados os voluntários receberão orientações a serem cumpridas previamente as etapas do procedimento experimental, além de considerações a respeito da importância de realizá-las:

- ◇ Não consumirem substâncias a base de cafeína (café, refrigerante, achocolatados e chás) por 24 horas antes de todas as etapas do estudo
- ◇ Consumir refeição leve duas horas antes de todas as etapas do estudo

- ◇ Estarem trajados com roupas adequadas e confortáveis ao esforço físico, como: short, camiseta, tênis e meias
- ◇ Manter sua prática habitual de atividades físicas durante o processo do desenvolvimento do protocolo, porém a evitarem esforços físicos vigorosos no dia anterior
- ◇ Ingerirem 500 ml de água duas horas antes do início das etapas II (PC) e III (PH)³⁰, para garantir a condição de hidratação basal de todos os voluntários

Detalhes do procedimento experimental

Os detalhes do procedimento experimental foram descritos na figura 2 abaixo e resume as atividades realizadas nos protocolos.

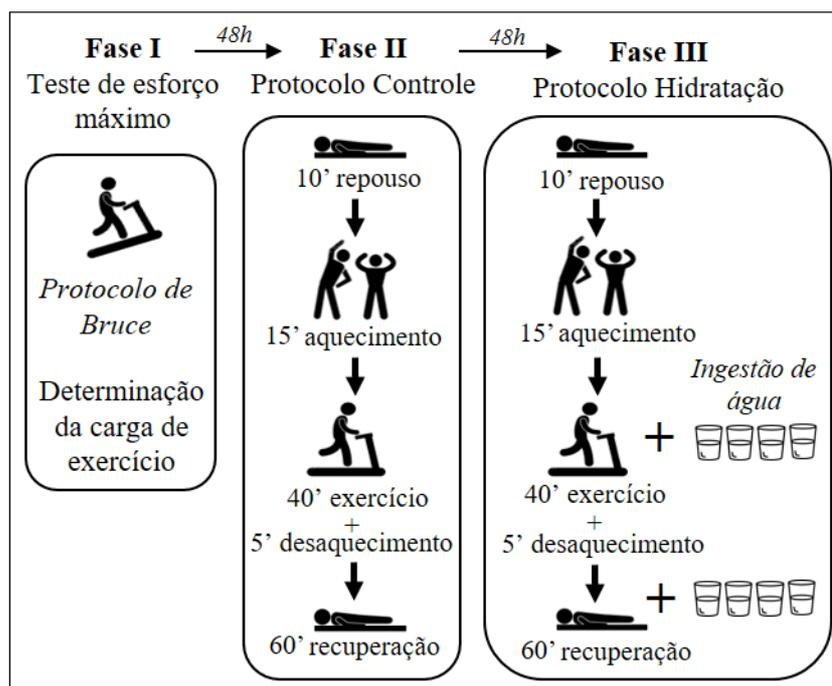


Figura 1: Resumo gráfico do procedimento experimental.

Etapa I: Teste de esforço máximo

Para definição da carga de exercício utilizada nos protocolos, os voluntários serão submetidos a um teste de esforço máximo que será realizado em esteira ergométrica (*Super ATL*, Inbrasport, Brasil), utilizando-se do protocolo máximo de Bruce³¹ no Laboratório de Fisiologia Celular do Exercício (LaFICE) da Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP/PP.

Os voluntários permanecerão em repouso na esteira em posição ortostática para estabilização dos valores iniciais e em seguida iniciarão o teste de esforço físico, com 5 minutos de aquecimento a uma velocidade de 2.5 km/h, seguido do protocolo de Bruce, que consiste em incremento progressivo da carga de trabalho por meio de inclinação e velocidade da esteira a cada três minutos. Incentivo verbal será utilizado na tentativa de obter um esforço físico máximo, sendo o teste interrompido mediante exaustão voluntária ou de acordo com os critérios de exclusão para o teste de esforço. Todos os voluntários serão continuamente monitorados durante o repouso e o exercício até a exaustão e durante 5 min na recuperação por meio de um eletrocardiograma. Visando a segurança dos voluntários, todos os procedimentos referentes ao teste de esforço máximo serão acompanhados por um Médico Cardiologista.

Para determinação do consumo de oxigênio (VO_2), serão analisados os gases expirados em um sistema comercial Quark PFT, (Cosmed, Rome, Italy)³², calibrado com volumes e gases de concentração conhecidos. O $VO_{2\text{pico}}$ será considerado o mais alto VO_2 atingido no teste. A carga utilizada no PC e PH será de 60% a 80% do valor da frequência cardíaca (FC) máxima, atingida no limiar anaeróbio (LA) do teste. Para os indivíduos que não atingirem o LA durante o teste, a carga utilizada será 60% a 80% do valor da FC atingida no $VO_{2\text{pico}}$. Para determinação da FC, será acoplado ao voluntário um cardiofrequencímetro (RS800, *Polar Electro Oy*,

Finland) para registro da frequência cardíaca batimento a batimento³³ e posteriormente os valores obtidos serão extraídos.

Etapas II e III: Protocolo controle e hidratação

Os protocolos serão realizados no CEAFiR da Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP, entre 13:30 e 18:00 horas para evitar a variação circadiana. O controle da temperatura ambiente (temperatura entre 22°C e 25° C), umidade (umidade entre 40 e 60%) e a preparação dos equipamentos a serem utilizados serão realizados antes da chegada dos indivíduos no local destinado aos testes. A fim de reduzir a ansiedade do voluntário durante os testes um pequeno número de pessoas circulará pelo local. Para esta etapa, participarão de todos os procedimentos deste estudo, pesquisadores com experiência na área de fisioterapia em cardiologia fase ambulatorial.

Inicialmente, em ambos os protocolos, os voluntários serão orientados a colherem uma amostra de urina desprezando o primeiro jato a fim de permitir a verificação do nível de hidratação do mesmo. Estando os voluntários hidratados, serão verificados: peso, por meio de uma balança digital (Plenna, TIN 00139 MAXIMA, Brasil) e altura, por meio de um estadiômetro (ES 2020 - Sanny, Brasil).

Antes do início dos protocolos (PC e PH) será acoplado nos voluntários um cardiofrequencímetro (RS800, *Polar Electro Oy*, Finland) para registro da frequência cardíaca batimento a batimento durante os protocolos e os mesmos permanecerão deitados confortavelmente durante 10 minutos. No final dos 10 minutos de repouso será mensurada a temperatura axilar, por meio de um termômetro (BD Thermofácil, China). Além disso os parâmetros cardiorrespiratórios Frequência Cardíaca (FC), Pressão Arterial Sistólica (PAS), Pressão Arterial Diastólica (PAD), Frequência Respiratória (f),

Saturação Parcial de Oxigênio (SpO₂), Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) e Percepção Subjetiva de dor (PSD) também serão mensurados nesse momento.

Após essas mensurações os voluntários realizarão 15 minutos de aquecimento, com atividades envolvendo alongamentos e exercícios globais, 40 minutos de exercício físico em esteira (intensidade equivalente entre 60% a 80% do VO₂pico ou do LA) e 5 minutos de desaquecimento com metade da carga utilizada no exercício anterior. Durante o período de exercício físico em esteira novas mensurações dos parâmetros: FC, PAS, PAD, SpO₂, PSE e PSD nos minutos 15 e 35 serão realizadas.

Ao término da atividade (repouso + aquecimento + exercício em esteira + desaquecimento), no 70º minuto, a temperatura axilar dos indivíduos será novamente mensurada e, a partir disso permanecerão em repouso, deitados em ambiente calmo e monitorados por mais 60 minutos. Nesse período, serão analisados os parâmetros: FC, PAS, PAD, f, SpO₂, PSE e PSD no 1º, 3º, 5º, 7º, 10º e a partir daí a cada 10 minutos até o final da recuperação.

A série de intervalos RR será analisada nos seguintes momentos: M1 (5 minutos finais do repouso), M2 (15º ao 20º minuto de exercício), M3 (35º ao 40º minuto de exercício), M4 (0º ao 5º minuto de recuperação), M5 (5º ao 10º minuto de recuperação), M6 (15º ao 20º minuto de recuperação), M7 (25º ao 30º minuto de recuperação), M8 (40º ao 45º minuto de recuperação) e M9 (55º ao 60º minuto de recuperação). Para avaliação da modulação autonômica serão obtidos nesses trechos pelo menos 256 intervalos RR consecutivos³⁴.

Em ambos os protocolos, após o período de recuperação, os voluntários serão orientados novamente a colherem uma amostra de urina a fim de analisar a sua composição e sequencialmente será realizada a mensuração do peso corporal final.

Estratégia de hidratação

A quantidade de bebida administrada durante o exercício físico em esteira e a recuperação no PH, será obtida por meio da perda da massa corporal, avaliada por meio da diferença da massa corporal verificada antes do início do PC e após o seu período de recuperação, realizada por intermédio de uma balança digital (Plenna -TIN 00139 MAXIMA, Brasil). O uso dessa técnica implica que um grama de massa corporal perdida é equivalente a um mililitro de líquido perdido^{35,36}. Desse modo, a perda de massa corporal de cada voluntário indica a quantidade de bebida que o mesmo deve ingerir durante o exercício físico em esteira e o período de recuperação do PH.

Para hidratação dos voluntários durante o PH será utilizada água mineral sem gás (Bonafont, Brasil). A estratégia de hidratação adotada neste protocolo será realizada em intervalos de 10 minutos a partir do 10º minuto do exercício físico em esteira até os últimos 25 minutos finais do período de recuperação, sendo, portanto, a quantidade total ingerida dividida em 8 porções iguais.

Além disso, a condição de hidratação dinâmica dos voluntários antes e após a realização do PC e PH será verificada por meio da análise urinária (Combur 10 M teste, Roche®, Brasil) e a densidade específica da urina será utilizada como marcador de nível de hidratação³⁵. Para realização desse procedimento os voluntários serão instruídos a colherem a urina previamente ao PC e PH e após o período de recuperação dos mesmos, desprezando o primeiro jato. Densidade específica da urina abaixo de 1,020 classificaram o voluntário como euidratados e densidade específica acima desse valor classificou o voluntário como desidratado³⁵.

Desfechos avaliados

Desfecho primário

◇ **Variabilidade da frequência cardíaca:** A análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) será realizada a partir dos dados captados pelo cardiofrequencímetro cardíaco Polar RS800 (Polar Electro, Kempele, Finland)³³ por meio de métodos lineares, analisados nos domínios do tempo e da frequência, e métodos não lineares.

Para análise da VFC no domínio do tempo serão utilizados os seguintes índices: SDNN e RMSSD. Esses índices são expressos em milissegundos, onde cada intervalo RR é medido em um determinado intervalo de tempo e realizado o cálculo por meio de métodos estatísticos (média e desvio padrão). O SDNN corresponde a potência total do espectro de frequência, ou seja, a variabilidade global, refletindo, portanto, a participação de todos os componentes rítmicos responsáveis pela variabilidade^{34,37}. Já o índice RMSSD representa a variabilidade do componente parassimpático³⁷.

Para análise da VFC no domínio da frequência serão utilizados os componentes espectrais de baixa frequência (LF) e alta frequência (HF), em unidades normalizadas (normalized units – nu) e ms^2 , e a razão entre esses componentes (LF/HF), que representa o valor relativo de cada componente espectral em relação à potência total, menos os componentes de VLF^{34,37}. Para essa análise as faixas de frequência utilizadas serão: LF faixa entre 0,04 a 0,15 Hz e HF faixa de variação de 0,15 a 0,4 Hz. A análise espectral será calculada utilizando o algoritmo da transformada rápida de Fourier^{34,37}.

Além dos índices no domínio do tempo, também serão calculados os índices extraídos do plot de Poincaré. Este método permite que cada intervalo RR seja representado em função do próximo intervalo e para sua análise serão calculados os seguintes índices: SD1 (desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento a

batimento), SD2 (desvio-padrão a longo prazo dos intervalos RR contínuos) e a razão SD1/SD2^{34,37}.

Para análise da VFC no domínio do caos serão utilizados os seguintes índices: análise de flutuações depurada de tendências (DFA total, alfa-1 e alfa-2) e o plot de recorrência (taxa de recorrência, determinismo e entropia aproximada).

A análise de flutuações depuradas de tendências (DFA) será obtida por meio do cálculo da flutuação da média quadrática das séries temporais integradas e depuradas de tendências. Essa análise determina o quanto o sistema é fractal e quantifica a presença ou ausência das propriedades da correlação fractal nos intervalos RR³⁸. Serão calculados o DFA total, o expoente escalar alfa de curto prazo (alfa-1) com períodos de 4 a 11 batimentos e o expoente de longo prazo (alfa-2) com o restante da série. Séries com valores próximos a 1,0 serão considerados caótica, tendendo a 1,5 linear e a 0,5 aleatória³⁸.

O plot de recorrência é um método de análise não linear que quantifica o número e a duração de um sistema dinâmico. Para sua análise será calculada a taxa de recorrência (REC), avaliada a partir da porcentagem dos pontos de recorrência no plot de recorrência, o determinismo (DET), que se define como a porcentagem da recorrência dos pontos que formam a linha diagonal e a entropia aproximada (ApEn), que quantifica a regularidade ou previsibilidade em dados de séries temporais³⁹.

Os índices de VFC serão obtidos por meio do software Kubios HRV – versão 2.0⁴⁰, exceto os índices do DFA que serão calculados por um software disponível na PhysioNet (<http://www.physionet.org/>), um fórum on-line que reúne registros de sinais biomédicos e softwares para analisar esses sinais⁴¹. Para essa análise, a série temporal de intervalos RR será inicialmente submetida a uma filtragem digital pelo software Polar Precision Performance SW (versão 4.01.029) complementada por

manual, para eliminação de batimentos ectópicos prematuros e artefatos, e somente séries com mais de 95% de batimentos sinusais serão incluídas no estudo²⁹. Por meio da análise visual das séries temporais será observada a ausência de artefatos ou arritmias cardíacas que possam interferir na análise da VFC.

Desfechos secundários

◇ **Pressão arterial:** A verificação da PAS e PAD ocorrerá de forma indireta, com a utilização de um estetoscópio (Littmann, Saint Paul, USA) e esfigmomanômetro aneróide (Welch Allyn - Tycos, New York, USA) no braço esquerdo, de acordo com os critérios estabelecidos pela VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão⁴². Os valores indicados serão registrados em ficha individual. Para evitar erros na determinação das pressões arteriais dos voluntários, um único avaliador mensurará o parâmetro cardiovascular durante todo o experimento.

◇ **Frequência cardíaca:** A FC será captada batimento a batimento por meio do cardiofrequencímetro Polar RS800 (Polar Electro, Kempele, Finland), equipamento previamente validado para captação desse parâmetro³³.

◇ **Frequência respiratória:** As medidas serão realizadas pela contagem das respirações durante um minuto sem que o voluntário tome conhecimento do processo, para que as características usuais da respiração não se modifiquem⁴³.

◇ **Saturação parcial de oxigênio:** A SpO₂ será verificada por meio de um oxímetro de pulso (Mindray PM-50 Pulse Oximeter, China).

◇ **Percepção subjetiva de esforço:** A Percepção subjetiva de esforço (PSE ou RPE) será obtida utilizando a escala desenvolvida por Borg⁴⁴. Esta escala compreende 15 pontos, variando de 6 (nenhum esforço em tudo) a 20 (esforço máximo) e é comumente utilizada na literatura para estimar a percepção de esforço de todo o

corpo. A escala será apresentada aos voluntários de forma que os mesmos possam indicar o grau de esforço sentido.

◇ **Percepção subjetiva de desconforto:** Em razão da população estudada, também avaliaremos a percepção subjetiva de dor por meio da escala CR10 de Borg⁴⁴, com o objetivo de avaliar o nível de desconforto percebido pelos participantes durante as etapas do protocolo. A escala compreende 10 pontos, variando de 0 (absolutamente nada/ sem dor) a 10 (extremamente forte/dor máxima). Será questionado se o mesmo apresenta algum desconforto e em casos afirmativos a escala será apresentada aos voluntários de forma que os mesmos possam indicar o grau de intensidade do desconforto sentido.

Cegamento, Randomização e Alocação

O desenho deste estudo, não permite à randomização dos grupos e conseqüente a alocação secreta, uma vez que para a sua execução será necessário que os voluntários obrigatoriamente sigam a seqüência pré-determinada (Etapa I → Etapa II → Etapa III) do estudo. O cegamento será possível para a extração dos dados do desfecho primário (VFC), FC (desfecho secundário) e para as análises estatísticas, cujo avaliador não terá acesso ao tipo de protocolo em questão. Para as demais variáveis secundárias, não será possível o cegamento devido a logística adotada no estudo.

Tratamento estatístico

Para análise dos dados do perfil da população utilizaremos o método estatístico descritivo e os resultados serão apresentados com valores de médias, medianas, desvios-padrão, valores mínimo e máximo e intervalo de confiança.

A normalidade dos dados será determinada por meio do teste Shapiro-Wilks. Para as variáveis peso e temperatura corporal, a comparação entre os momentos do mesmo protocolo será realizada por meio do teste t de Student para dados pareados quando a distribuição for normal ou teste de Wilcoxon para dados com distribuição não normal. Já para a análise entre os protocolos será utilizado teste t de Student para dados não pareados para dados com distribuição normal ou teste de Mann Whitney para dados não normais.

As comparações dos parâmetros cardiorrespiratórios, percepções e índices de VFC entre protocolos (PC vs PE) e momentos (repouso vs tempos no exercício e repouso vs tempos da recuperação) será feita por meio da técnica de análise de variância para modelo de medidas repetidas no esquema de dois fatores. Os dados da mensuração repetida serão checados para violação de esfericidade usando o teste de Mauchly's e a correção de Greenhouse-Geisser será utilizada quando a esfericidade for violada.

Para análise dos momentos (repouso vs tempos no exercício e repouso vs tempos da recuperação) será utilizado pós-teste de Bonferroni para distribuição paramétrica ou pós-teste de Dunnet para distribuição não paramétrica e a análise dos diferentes momentos entre os grupos será feita por meio do teste t de Student para dados não pareados para dados com distribuição normal ou teste de Mann Whitney para dados não normais.

A significância estatística adotada será fixada em 5%. As análises serão realizadas utilizando-se o software comercial Minitab – versão 13.20 (Minitab, PA., USA) e GraphPad InStat – versão 3.01, 1998 (GraphPad Software, Inc., San Diego California USA).

Considerações finais

A realização desse estudo possibilitará responder a questões importantes e novas perspectivas de estudos que poderão auxiliar clínicos e pesquisadores. Se os resultados demonstrarem que esses indivíduos apresentam redução de líquidos corporais com impacto desfavorável no comportamento autonômico e nos parâmetros cardiorrespiratórios e que a reposição de líquidos atenua esse impacto, possibilitaremos o início de um importante campo de estudo na prática clínica, uma vez que para esses indivíduos atividades como exercícios físicos inseridos dentro de um programa de reabilitação cardiovascular são amplamente indicadas^{6-11,45}.

Além dos aspectos alhures descrito, estudar o período após o exercício é fundamental nessa população, pois esse período pode trazer alguns riscos ao organismo como um aumento súbito da frequência cardíaca causando arritmias cardíacas, uma diminuição ou uma elevação da pressão arterial além dos padrões considerados fisiológicos⁴⁶, hiperventilação pulmonar tornando o pH do corpo mais alto (alcalose), a qual é causada por um aumento descontrolado da atuação do ramo simpático⁴⁷ e uma produção excessiva de metabólicos⁴⁶. Se a reposição de líquidos durante e após o exercício provocar melhor recuperação da modulação autonômica e do sistema cardiorrespiratório, isso pode ser importante para diminuição do risco após exercício, abrindo outro importante campo de estudo na prática clínica. Os dados referentes aos resultados obtidos nesse estudo serão publicados após a finalização do mesmo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -CNPq-pelo suporte financeiro nesse estudo. Agradecem também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES), pelo apoio na realização do estudo.

Financiamento

O estudo recebeu suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -CNPq- processo 401258/2016-5 para aquisição de materiais necessários para o desenvolvimento do estudo. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Referências

1. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(7):1334–59.
2. Thomas D, Elliott E, Naughton G. Exercise for type 2 diabetes mellitus (Review). *Cochrane Database Syst Rev.* 2009;(3):1–56.
3. McCarthy B, Casey D, Devane D, Murphy K, Murphy E, Lacasse Y. Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease (Review). *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;(2):1–298.
4. Lane R, Harwood A, Watson L, Gc L. Exercise for intermittent claudication (Review). *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;(12):1–138.
5. Fuller JT, Hartland MC, Maloney LT, Davison K. Therapeutic effects of aerobic and resistance exercises for cancer survivors: a systematic review of meta-analyses of clinical trials. *Br J Sports Med.* 2018;1–11.
6. Anderson L, Thompson D, Oldridge N, Zwisler A, Rees K, Martin N, et al. Exercise based rehabilitation for coronary heart disease (Review). *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;(1):1–208.
7. Mandic S, Stevens E, Hodge C, Brown C, Walker R, Body D, et al. Long-term effects of cardiac rehabilitation in elderly individuals with stable coronary artery disease. *Disabil Rehabil.* 2016;38(9):837–43.
8. Laing S, Gluckman T, Weinberg K, Lahiri M, Ng J, Goldberger J. Autonomic effects of exercise based cardiac rehabilitation. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2011;31(2):87–91.
9. Rio P, Pereira-da-Silva T, Abreu A, Filipe C, Soares R, Portugal G, et al. Modulating effect of cardiac rehabilitation on autonomic nervous system function in patients with coronary artery disease. *Acta Cardiol.* 2017;71(6):717–23.
10. Lazzeroni D, Castiglioni P, Bini M, Faini A, Camaiora U, Ugolotti PT, et al.

- Improvement in aerobic capacity during cardiac rehabilitation in coronary artery disease patients : Is there a role for autonomic adaptations ? *Eur J Prev Cardiol.* 2017;24(4):357–64.
11. Besnier F, Labrunée M, Pathak A, Pavy-Le Traon A, Galès C, Sénard JM, et al. Exercise training induced modification in autonomic nervous system: An update for cardiac patients. *Ann Phys Rehabil Med.* 2017;60(1):27–35.
 12. Foss ML, Keteyian SJ. *Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte.* 2000. 464-77 p.
 13. Gonzalez-Alonso J, Mora-Rodríguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J Appl Physiol.* 1995;79(5):1487–96.
 14. Moreno IL, Pastre CM, Papoti M, Vanderlei LCM. Efeitos da reposição hidroeletrólítica sobre parâmetros cardiorrespiratórios em exercício e recuperação. *Motriz.* 2012;18(1):165–75.
 15. Moreno IL, Pastre CM, Ferreira C, de Abreu LC, Valenti VE, Vanderlei LCM. Effects of an isotonic beverage on autonomic regulation during and after exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2013;10(2):1–10.
 16. Castro-Sepúlveda M, Cerda-kohler H, Pérez-luco C, Monsalves M, Cristobal D, Zbinden-foncea H, et al. Hydration status after exercise affect resting metabolic rate and heart rate variability. *Nutr Hosp.* 2015;31(3):1273–7.
 17. Carter R, Chevront SN, Wray DW, Kolka MA, Stephenson LA, Sawka MN. The influence of hydration status on heart rate variability after exercise heat stress. *J Therm Biol.* 2005;30(7):495–502.
 18. Vanderlei FM, Moreno IL, Vanderlei LCM, Pastre CM, De Abreu LC, Ferreira C. Effects of different protocols of hydration on cardiorespiratory parameters during exercise and recovery. *Int Arch Med.* 2013;6(1):1–10.
 19. Ottone V de O, Magalhães F de C, Paula F de, Avelar NCP, Aguiar PF, Matta PF da, et al. The effect of different water immersion temperatures on post-exercise parasympathetic reactivation. *PLoS One.* 2014;1–20.
 20. Vanderlei FM, Moreno IL, Vanderlei LC, Pastre CM, de Abreu LC, Ferreira C. Comparison of the effect of hydration with water or isotonic solution on the recovery of cardiac autonomic modulation. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2015;25:145–53.
 21. Moreno IL, Vanderlei LCM, Pastre CM, Vanderlei FM, De Abreu LC, Ferreira C. Cardiorespiratory effects of water ingestion during and after exercise. *Int Arch Med.* 2013;6(1):1–9.
 22. Teixeira AL, Ramos PS, Marins JB, Ricardo DR. The role of water intake on cardiac vagal reactivation after upper-body resistance exercise. *Int J Sports Med.* 2015;36(3):204–8.
 23. Vianna LC, Oliveira RB, Silva BM, Ricardo DR, Araújo CGS. Water intake accelerates post-exercise cardiac vagal reactivation in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2008;102(3):283–8.
 24. McDermott BP, Casa DJ, Lee EC, Yamamoto LM, Beasley KN, Emmanuel H, et al. Influence of rehydration mode after exercise dehydration on cardiovascular

- function. *J Strength Cond Res.* 2013;27(8):2086–95.
25. La Rovere MT, Bigger JT, Marcus FI, Mortara A, Schwartz PJ. Baroreflex sensitivity and heart-rate variability in prediction of total cardiac mortality after myocardial infarction. *Lancet.* 1998;351:478–84.
 26. Bigger JT, Fleiss JL, Rolnitzky LM, Steinman RC. Frequency domain measures of heart period variability to assess risk late after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol.* 1993;21(3):729–36.
 27. Hamilton MT, Gonzalez-Alonso J, Montain SJ, Coyle EF. Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevent cardiovascular drift. *J Appl Physiol.* 1991;71(3):871–7.
 28. Chan A-W, Tetzlaff J, Altman D, Laupacis A, Gøtzsche P, Krleža-Jerić K. Research and reporting methods annals of internal medicine SPIRIT 2013 statement : defining standard protocol items for clinical trials. *Ann Intern Med.* 2013;158(3):200–7.
 29. Godoy MF, Takakura IT, Correa PR. Relevância da análise do comportamento dinâmico não-linear (Teoria do Caos) como elemento prognóstico de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. *Arq em Ciência da Saúde.* 2005;12(4):167–71.
 30. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(2):377–90.
 31. Meneghelo RS. III Guidelines of Sociedade Brasileira de Cardiologia on the exercise test. *Arq Bras Cardiol.* 2010;95(5 Suppl 1):1–26.
 32. Cabral-Santos C, Gerosa-Neto J, Inoue DS, Panissa VLG, Gobbo LA, Zagatto AM, et al. Similar Anti-Inflammatory Acute Responses from Moderate-Intensity Continuous and High-Intensity Intermittent Exercise. *J Sport Sci Med.* 2015;14(4):849–56.
 33. Barbosa MPCR, Silva NT, Azevedo FM, Pastre CM, Vanderlei LCM. Comparison of Polar RS800G3 TM heart rate monitor with Polar fi S810i TM and electrocardiogram to obtain the series of RR intervals and analysis of heart rate variability at rest. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016;36:112–7.
 34. Task force of the European society of cardiology of the north American society of pacing electrophysiology. Heart rate variability standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Eur Heart J.* 1996;17:354–81.
 35. Armstrong L. Hydration assessment techniques. *Nutr Rev.* 2005;63(6 Pt 2):S40–54.
 36. Von Duvillard SP, Braun WA, Markofski M, Beneke R, Leithäuser R. Fluids and hydration in prolonged endurance performance. *Nutrition.* 2004;20(7–8):651–6.
 37. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD de, Godoy MF de. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicação clínica. 2009;24(2):205–17.
 38. Peng CK, Havlin S, Stanley HE, Goldberger AL. Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series. *Chaos.* 1995;5(1):82–7.
 39. Marwan N, Romano MC, Thiel M, Kurths J. Recurrence plots for the analysis of

- complex systems. *Phys Rep*. 2007;438:237–329.
40. Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-aho PO, Karjalainen PA. Kubios HRV - Heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed*. 2014;113(1):210–20.
 41. Goldberger AL, Amaral LAN, Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PC, Mark RG, et al. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet components of a new research resource for complex physiologic signals. *Circulation*. 2000;101:e215–20.
 42. Nobre F. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Arq Bras Cardiol*. 2010;95(1):1–51.
 43. Irwin S, Tecklin J. *Fisioterapia cardiopulmonar*. 2003. 348-349 p.
 44. Borg GA V. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;15(5):377–81.
 45. Godoy M. I Consenso Nacional de Reabilitação Cardiovascular. *Arq Bras Cardiol*. 1997;69(4):267–91.
 46. Chakur BP, Forjaz CLM, Tinucci T, Negrão CE. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. *Rev Paul Educ Física*. 2004;18(Esp):21–31.
 47. Guyton AC, Hall JE. *Textbook of Medical Phyology*. 2006. 1128 p.

Título: Ingestão de água durante e após uma sessão de reabilitação cardiovascular acelera a recuperação autonômica de coronariopatas: ensaio clínico crossover

Título curto: Ingestão de água acelera a recuperação autonômica de coronariopatas: ensaio clínico crossover

Autores: Anne Kastelianne França da Silva^{1*}, Maria Júlia Lopes Laurino¹, Lorena Altafin Santos¹, Laís Manata Vanzella¹, Felipe Ribeiro¹, Guilherme de Almeida Costa² and Luiz Carlos Marques Vanderlei¹

Afiliação: ¹ Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

² Hospital Regional de Presidente Prudente, Departamento de Anestesiologia, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil

***Autor Correspondente**

Anne Kastelianne França da Silva
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305. CEP: 19060-900.
Presidente Prudente – São Paulo – Brasil
Telefone: +55 18 3229-5819; Fax: +55 18 3223-4519
E-mail: anne_franca@hotmail.com

Resumo

Introdução: Hidratação durante o exercício é apontada como estratégia capaz de acelerar a recuperação autonômica de jovens saudáveis, contudo essa resposta não foi investigada em indivíduos com deficiência autonômica, como os coronariopatas.

Objetivo: Investigar a influência da ingestão hídrica realizada durante e após uma sessão de reabilitação cardiovascular de intensidade moderada sobre a modulação autonômica cardíaca de coronariopatas.

Métodos: Participaram deste ensaio clínico crossover 29 indivíduos ($63,76 \pm 8,48$ anos) com doença arterial coronariana, os quais foram submetidos a dois protocolos de intervenção, denominados de protocolo controle (PC) e protocolo hidratação (PH). Em ambos os indivíduos participaram individualmente, de uma sessão de reabilitação cardiovascular convencional (alongamentos + exercício em esteira + desaquecimento) com período de repouso pós exercício de 60 min e carga de exercício determinada pela ergoespirometria. No PH, durante o exercício e recuperação, foram oferecidas 8 porções de água, cuja quantidade foi determinada pela perda de massa corporal no PC. A modulação autonômica foi avaliada por meio da mensuração batimento a batimento da frequência cardíaca, durante o repouso (5-10 min) exercício (15-20 min, 35-40 min) e recuperação (0-5 min, 5-10 min, 15-20 min, 25-30 min, 40-45 min, 55-60 min) e calculados os índices lineares nos domínios do tempo (SDNN, RMSSD) e frequência (LF e HF em ms^2 e unidades normalizadas). **Resultados:** Durante o exercício a ingestão de água não influenciou as respostas autonômicas em relação ao repouso, além do fisiológico. Contudo, em recuperação as análises entre o repouso e momentos de recuperação, mostraram diferenças estatisticamente significante entre os protocolos (RMSSD - $p_{\text{valor}} = 0,024$), momentos (RMSSD, SDNN; $LFms^2$; $HFms^2$; LFnu; HFnu; todos com $p_{\text{valor}} = 0,001$) e interação entre momentos e protocolo (RMSSD - $p_{\text{valor}} = 0,019$). Observamos recuperação mais rápida no PH em comparação ao PC, após os primeiros 10 min pós-exercício, para os índices RMSSD e $HFms^2$ (atividade parassimpática) e após 30 min, dos índices LFnu (variabilidade global) e HFnu (modulação parassimpática). **Conclusão:** Ingestão de água promoveu maior e mais rápida recuperação parassimpática em coronariopatas submetidos a uma sessão de reabilitação cardiovascular

Palavras-chave: reabilitação cardíaca; doenças cardiovasculares; sistema nervoso autônomo; recuperação; ingestão de água; hidratação

Introdução

Ingestão de água é uma estratégia usualmente utilizada para combater as perdas de líquidos durante a realização de exercício físico¹, o que mantém o organismo hidratado promovendo equilíbrio hidroeletrolítico, ameniza as alterações cardiovasculares² e autonômicas³⁻⁵ provocadas pelo exercício físico e promove recuperação mais rápida do organismo³⁻⁵.

Em jovens saudáveis e atletas a hidratação com água ou soluções isotônicas, promove recuperação mais rápida de variáveis como a frequência cardíaca e modulação autonômica, quando a ingestão dessas substâncias ocorre durante e após a realização de exercício aeróbico^{3,5} ou após a realização de exercício resistido⁴.

Essas repercussões positivas nos sistemas cardiovascular e autonômico provocadas pelo exercício físico associada a ingestão hídrica, podem ser extremamente relevantes também para indivíduos com distúrbios autonômicos presentes, que tem como tratamento, além do medicamentoso, a prática de exercício físico, como é o caso de coronariopatas inseridos em programas de reabilitação cardiovascular (PRC).

Nessa população, a hiperatividade simpática retarda a reentrada vagal após o exercício⁶ mantendo tanto o trabalho cardíaco quanto o consumo de oxigênio pelo miocárdio elevado por mais tempo, o que favorece o surgimento de eventos súbitos durante esse período^{7,8} e contribui para um pior prognóstico⁹. Desta forma, a implementação de estratégias com o objetivo de amenizar esses efeitos, como a ingestão hídrica, pode ser uma alternativa interessante do ponto de vista autonômico e cardiovascular. No entanto, não é do nosso conhecimento estudos que tenham avaliado os efeitos decorrentes da perda e, conseqüentemente, da ingestão hídrica, associada a

prática de exercício físico em coronariopatas, como aqueles propostos nos PRC, sobre o comportamento autonômico e sua repercussão no período de recuperação pós-exercício.

Nesse sentido, considerando que coronariopatas apresentam disfunção autonômica e lenta recuperação dos mecanismos autonômicos após o exercício físico e sabendo que o sistema cardiovascular e autonômico é beneficiado quando estratégias de hidratação são associadas ao exercício físico em indivíduos saudáveis, entende-se como pertinente investigar se essas alterações também se estendem a essa população, que já apresenta alteração autonômica^{10,11}.

Sendo assim, esse trabalho teve por objetivo investigar a influência da ingestão hídrica realizada durante e após uma sessão de reabilitação cardiovascular de intensidade moderada sobre a modulação autonômica cardíaca de coronariopatas. Informações dessa natureza são importantes para determinar se as sessões comumente utilizadas em PRC, promove perda de líquidos, se essa perda é capaz de influenciar a modulação autonômica de coronariopatas e ainda se a reposição hídrica também é um fator protetor do sistema nervoso autônomo (SNA), como observado em estudos com indivíduos saudáveis^{3-5,12-14}.

Hipotetizamos que a reposição hídrica aplicada durante e após a realização de uma sessão de reabilitação cardíaca, promova uma recuperação mais rápida da modulação autonômica, principalmente do componente parassimpático do SNA.

Métodos

Participantes

Este ensaio clínico crossover foi registrado prospectivamente na plataforma ClinicalTrials.gov (NCT 03198806) e seguiu as recomendações do Consolidated Standards of Reporting Trials to crossover trials (CONSORT)¹⁵. Para sua execução

foram recrutados 31 voluntários do sexo masculino ($63,93 \pm 8,39$ anos) considerando as perdas amostrais, baseado no cálculo amostral, em que consideramos como variável o índice rMSSD, com magnitude de diferença significativa assumida de 12 ms, desvio padrão de 16 ms³, risco alfa de 5% e beta de 80%.

Os voluntários foram recrutados em dois centros especializados em Reabilitação Cardiovascular da cidade de Presidente Prudente, SP, Brasil e convidados a participar do estudo aqueles que apresentaram os seguintes critérios: Homens acima de 45 anos de idade; Diagnóstico médico de coronariopatia isquêmica, com fração de ejeção do ventrículo esquerdo acima de 50%, confirmado previamente por ecocardiograma; Não apresentarem histórico de tabagismo e/ou etilismo; Estarem realizando o programa de reabilitação cardiovascular por pelo menos 3 meses prévios a coleta de dados a fim de garantir adaptação prévia ao modelo de exercício proposto; Não apresentarem no período do recrutamento histórico de infecções, doenças respiratórias conhecidas que pudessem interferir no controle autonômico cardíaco, angina instável, hipertensão não controlada, doença valvular significativa e/ou doença metabólica descontrolada (por exemplo, diabetes descontrolado e doenças da tireóide).

Foram excluídos dois voluntários selecionados que apresentaram, após o início do protocolo, pelo menos uma das características a seguir: Respostas hemodinâmicas anormais durante o exercício como aumento/queda desproporcional da frequência cardíaca e/ou da pressão arterial à baixos/altos níveis de carga; Isquemia do miocárdio e/ou arritmias ventriculares graves durante o teste de esforço; Registros de séries temporais de intervalos RR com menos de 95% de batimentos sinusais¹⁶; Não comparecimento em pelo menos uma das etapas do protocolo.

Procedimento Experimental

Os voluntários foram submetidos individualmente a um procedimento experimental, realizado em esteira ergométrica, dividido em 3 fases, com intervalo mínimo de 48 horas entre elas a fim de permitir a recuperação dos mesmos (figura 1) e está detalhado nas seções seguintes.

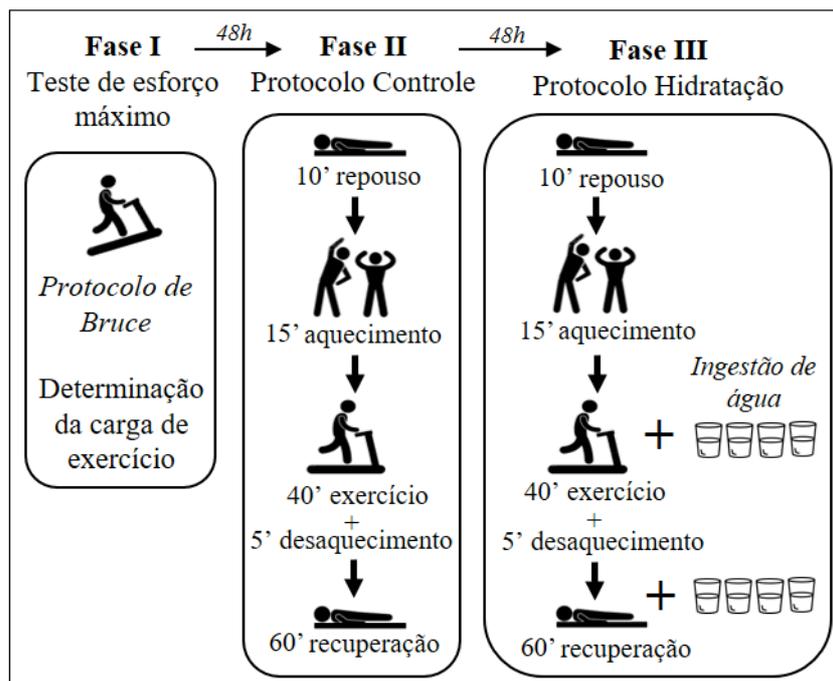


Figura 1: Resumo gráfico do procedimento experimental.

Visando a confiabilidade dos resultados, os voluntários receberam orientações¹⁷ que deveriam ser cumpridas previamente às etapas do procedimento experimental, além de considerações a respeito da importância de realizá-las, foram elas: Não consumirem substâncias a base de cafeína (café, refrigerante, achocolatados e chás) por 24 horas antes de todas as etapas do estudo; Consumir refeição leve duas horas antes de todas as etapas do estudo; Estarem trajados com roupas adequadas e confortáveis ao esforço físico, como: short, camiseta, tênis e meias; Manter sua prática habitual de atividades físicas durante o processo do desenvolvimento do protocolo,

porém a evitarem esforços físicos vigorosos no dia anterior; Ingerirem 500 ml de água duas horas antes do início das etapas II (PC) e III (PH)¹, para garantir a condição de hidratação basal de todos os voluntários.

Todos os procedimentos utilizados no estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP (CAAE: 54864716.8.0000.5402) e seguiram a Declaração de Helsinki. Os voluntários foram devidamente informados sobre os procedimentos e objetivos deste estudo e, após concordarem, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, constituindo a amostra.

Fase I: Teste de esforço máximo

Antes da realização do teste de esforço, os voluntários foram entrevistados para obtenção dos dados de idade, fatores de risco cardiovasculares, medicações em uso e tempo de reabilitação cardiovascular. Além disso, foram mensurados a massa corporal em uma balança digital (Bk-200Fa, Balmak, Brasil) e a altura utilizando um estadiômetro (ES 2020, Sanny, Brasil).

O teste de esforço foi realizado para definição da carga de exercício utilizada nos protocolos. Os voluntários foram submetidos a um teste máximo, realizado em esteira ergométrica (*Super ATL*, Inbrasport, Brasil), utilizando o protocolo de Bruce¹⁸.

Nesse protocolo, após estabilização dos parâmetros cardiorrespiratórios, os voluntários realizaram 5 minutos de aquecimento na esteira com velocidade de 2.5 km/h, seguido da aplicação do protocolo de Bruce, que consistiu em incremento progressivo da carga de trabalho por meio de inclinação e velocidade da esteira a cada três minutos. O teste foi interrompido segundo os critérios estabelecidos para sua

interrupção¹⁸ ou quando o voluntário atingiu a exaustão voluntária máxima. Incentivo verbal foi utilizado para estimular a obtenção do esforço físico máximo. Após a interrupção do teste os voluntários permaneceram na esteira por mais 5 min com velocidade de 2.5 Km/h para avaliação da recuperação. Todos os voluntários foram continuamente monitorados por meio de um eletrocardiograma durante todo o teste que foi acompanhado por um médico cardiologista.

Para determinar o consumo de oxigênio (VO_2), foram analisados os gases expirados em um sistema comercial Quark PFT (Cosmed, Rome, Italy)¹⁹, calibrado com volumes e gases de concentração conhecidos. O VO_{2pico} foi considerado o mais alto VO_2 atingido no teste. A carga utilizada no Protocolo controle (PC) e Protocolo hidratação (PH) foi de 60% a 80% do valor da FC atingida no limiar anaeróbio (LA) do teste e para os indivíduos que não atingiram o LA durante o teste, a carga utilizada foi de 60% a 80% do valor da FC atingida no VO_{2pico} .

Fase II e III: Protocolo controle e hidratação

Os protocolos foram realizados em uma sala com controle da temperatura ambiente (22°C a 25° C) e umidade (40 a 60%), entre 13:30 e 18:00 horas para evitar a variação circadiana. Durante sua execução, um pequeno número de pessoas circulou pelo local, a fim de reduzir a ansiedade do voluntário. Todos os voluntários foram questionados em relação ao cumprimento das orientações prévias recebidas e aqueles que não as fizeram foram convidados a retornarem no dia seguinte.

Para mensuração dos desfechos, foi posicionado o cardiofrequencímetro Polar RS800CX (Polar Electro, Kempele, Finland) no tórax e punho do voluntário, a fim de se obter o registro da FC batimento a batimento durante a execução dos protocolos.

Sequencialmente, tanto no PC quanto no PH, os voluntários permaneceram deitados confortavelmente durante 10 minutos e ao final do período de repouso foi mensurada a temperatura axilar, utilizando um termômetro (G-TECH, China), anotado o valor de FC registrada no cardiófrequencímetro e verificada a pressão arterial de maneira indireta com a utilização de um estetoscópio (Littmann, Saint Paul, USA) e esfigmomanômetro aneróide (Welch Allyn - Tycos, New York, USA) no braço esquerdo.

Após esse procedimento foi realizada uma sessão padrão de um PRC composta de 15 minutos de aquecimento, com atividades envolvendo alongamentos e exercícios globais, 40 minutos de exercício aeróbio em esteira ergométrica, com a intensidade obtida na fase I, e 5 minutos de desaquecimento com metade da carga utilizada durante o exercício aeróbio. Ao término da atividade (repouso + aquecimento + exercício em esteira + desaquecimento), no 70º minuto, a temperatura axilar foi novamente mensurada e, a partir daí, os voluntários permaneceram em repouso, deitados em ambiente calmo e monitorados por mais 60 minutos.

No PH os voluntários receberam água mineral (Bonafont, Brasil), equivalente a perda obtida no PC, que foi distribuída em 8 porções iguais administradas em intervalos regulares de 10 minutos a partir do 10º minuto do exercício realizado na esteira.

Em ambos os protocolos, no momento inicial (pré-repouso) e final (após o período de recuperação), foi coletada uma amostra de urina, desprezando o primeiro jato, para avaliação do nível de hidratação e os voluntários tiveram a sua massa corporal mensurada por meio de uma balança digital (Bk-200Fa, Balmak, Brasil).

Estratégia e análise da condição de hidratação

Para garantir a condição de hidratação antes do início do PC e PH, os voluntários foram orientados a ingerirem 500 ml de água duas horas antes do início dos protocolos¹. Durante o PH, a quantidade de bebida administrada foi obtida por meio da variação da massa corporal mensurada no momento inicial e final do PC. Nessa técnica um grama de massa corporal perdida é equivalente a um mililitro de líquido perdido^{20,21}. Desse modo, a perda de massa corporal de cada voluntário indica a quantidade de bebida que o mesmo teve que ingerir durante o exercício físico e a recuperação do PH, para manter o estado de hidratação inicial.

Para hidratação dos voluntários durante o PH, foi utilizada água mineral sem gás (Bonafont, Brasil) que foi oferecida em oito porções iguais a cada 10 minutos, após início do exercício na esteira.

A condição de hidratação dos voluntários antes e após a realização do PC e PH foi verificada por meio da densidade específica da urina (Combur 10 Test® M, Roche, Brasil)²¹. Para essa análise antes e após os protocolos os voluntários fizeram uma coleta de urina, desprezando o primeiro jato. Densidade específica da urina abaixo de 1,020 g/ml classificaram o voluntário como euidratados e densidade específica acima desse valor classificou o voluntário como desidratado¹.

Desfecho avaliado – Variabilidade da frequência cardíaca.

A análise da VFC foi realizada a partir dos dados captados pelo cardiofrequencímetro Polar RS800CX²² (Polar Electro, Kempele, Finland) por meio de índices lineares nos domínios do tempo e frequência, calculados pelo *software* Kubios HRV – versão 2.0²³.

Para análise da VFC no domínio do tempo foram utilizados os índices SDNN e RMSSD. O SDNN representa o desvio padrão de todos os intervalos RR normais e o índice RMSSD corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os intervalos RR no registro, dividido pelo número de intervalos RR em um tempo determinado menos um intervalo RR^{24,25}.

Para análise da VFC no domínio da frequência foram utilizados os componentes espectrais de baixa frequência (LF) e alta frequência (HF), em unidades normalizadas (normalized units – nu) e ms² ^{24,25}. Para essa análise as faixas de frequência utilizadas foram: LF faixa entre 0,04 a 0,15 Hz e HF faixa de variação de 0,15 a 0,4 Hz. A análise espectral foi calculada utilizando o algoritmo da transformada rápida de Fourier^{24,25}.

Para essas análises, a série temporal de intervalos RR foi inicialmente submetida a uma filtragem digital pelo *software* Polar ProTrainer (versão 5.0) complementada por manual, para eliminar batimentos ectópicos prematuros e artefatos, e somente séries com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídos no estudo¹⁶. Por meio da análise visual das séries temporais foi observada a ausência de artefatos ou arritmias cardíacas/respiratórias que poderiam interferir na análise da VFC.

A série de intervalos RR foi analisada em repouso (M1 – 5 min finais do repouso), exercício (M2 – 15° ao 20° min de exercício; M3 – 35° ao 40° min de

exercício) e recuperação (REC1 – 0 ao 5° min de recuperação; REC2 – 5° ao 10° min; REC3 – 15° ao 20° min de recuperação; REC4 – 25° ao 30° min de recuperação; REC5 – 40° ao 45° min de recuperação e REC6 – 55° ao 60° min de recuperação, sendo obtidos nesses trechos pelo menos 256 intervalos RR consecutivos.

Análise dos dados

Para análise dos dados do perfil da população utilizamos o método estatístico descritivo e os resultados foram apresentados com valores de médias, desvios-padrão, valores mínimo e máximo e valores absolutos e percentuais.

A normalidade dos dados foi determinada por meio do teste Shapiro-Wilk. Para as variáveis peso, temperatura corporal e densidade específica da urina, a comparação entre os momentos do mesmo protocolo foi realizada pelo teste t de Student para dados pareados quando a distribuição foi normal ou teste de Wilcoxon para dados com distribuição não normal. Já para a análise entre os protocolos foi utilizado teste t de Student para dados não pareados com distribuição normal ou teste de Mann-Whitney para dados não normais.

As comparações dos índices de VFC entre protocolos (PC vs PH) e momentos (repouso vs exercício e repouso vs tempos de recuperação) foi feita por meio da técnica de análise de variância para modelo de medidas repetidas no esquema de dois fatores. Os dados da mensuração repetida foram checados para violação de esfericidade usando o teste de Mauchly's e a correção de Greenhouse-Geisser, utilizada quando a esfericidade foi violada.

Para análise dos momentos (repouso vs exercício e repouso vs tempos de recuperação) foi utilizado pós-teste de Bonferroni para distribuição paramétrica ou pós-teste de Dunnett para distribuição não paramétrica e a análise dos diferentes momentos

entre os grupos foi feita por meio do teste t de Student para dados não pareados para dados com distribuição normal ou teste de Mann Whitney para dados não normais.

A significância estatística adotada foi fixada em 5%. As análises realizadas utilizaram o software comercial Minitab – versão 13.20 (Minitab, PA., USA) e GraphPad InStat – versão 3.01, 1998 (GraphPad Software, Inc., San Diego California USA).

Resultados

Dos 31 indivíduos recrutados, 29 foram incluídos nas análises, como pode ser observado na figura 2 cujas características estão detalhadas na tabela 1.

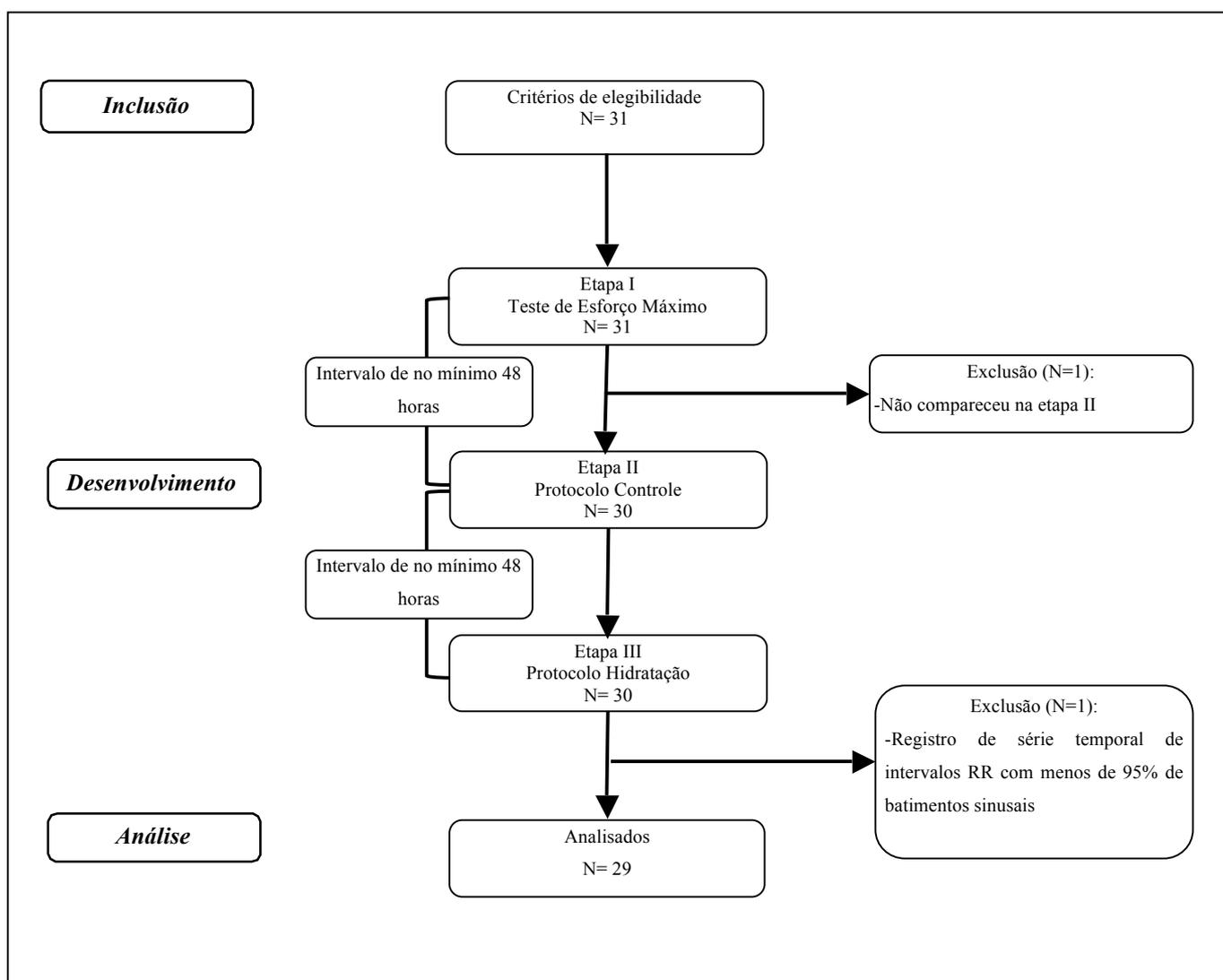


Figura 2. Desenho do protocolo e fluxograma de perdas.

Tabela 01. Caracterização da amostra (N=29).

| Variáveis | Média ± DP | Mínimo | Máximo |
|--|-------------------|---------------|---------------|
| Idade (anos) | 63,76 ± 8,48 | 45,00 | 83,00 |
| Período de tto (anos) | 3,61 ± 4,28 | 0,27 | 17,78 |
| Peso (kg) | 81,21 ± 12,94 | 58,00 | 108,50 |
| Altura (m) | 1,71 ± 0,05 | 1,58 | 1,81 |
| IMC (kg/m²) | 27,62 ± 4,24 | 20,62 | 39,37 |
| PAS (mmHg) | 117,24 ± 9,22 | 100,00 | 140,00 |
| PAD (mmHg) | 75,86 ± 7,80 | 60,00 | 90,00 |
| FC repouso (bpm) | 63,28 ± 8,40 | 49,00 | 78,00 |
| Carga (km/h) | 4,88 ± 0,72 | 3,30 | 6,00 |
| Teste de estresse máximo | | | |
| VO ₂ pico (ml/min/kg) | 25,89 ± 5,26 | 14,28 | 37,27 |
| FC máxima (bpm) | 128,66 ± 17,56 | 98,00 | 167,00 |
| Fatores de Risco N(%) | | | |
| Hipertensão Arterial | | 26 (89,70%) | |
| Histórico Familiar | | 20 (69,00%) | |
| Dislipidemia | | 20 (69,00%) | |
| Diabetes | | 12 (41,40%) | |
| Obesidade | | 5 (17,20%) | |
| Ex-Tabagista | | 14 (48,30%) | |
| Medicamentos N(%) | | | |
| Antiagregante plaquetário | | 22 (75,86%) | |
| ARA II | | 8 (27,59%) | |
| Betabloqueador | | 21 (72,41%) | |
| Bloqueador do canal de Ca ⁺ | | 9 (31,03%) | |
| Bloqueador do canal de K ⁺ | | 1 (3,45%) | |
| Diurético | | 6 (20,68%) | |
| Estatinas | | 21 (72,41%) | |
| Hipoglicemiantes | | 9 (31,03%) | |
| IECA | | 7 (24,14%) | |
| Outros | | 11 (37,93%) | |
| Vasodilatador | | 4 (13,79%) | |

Legenda: DP = Desvio Padrão; Kg = quilogramas; m = metros; Kg/m² = quilograma/metro²; mmHg = milímetros de mercúrio; bpm = batimentos por minuto; ml/min/kg = mililitro/minuto/quilograma; km/h = quilômetro/hora; IMC = índice de massa corporal; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; VO₂pico = consumo pico de oxigênio; tto = tratamento; ARA II= Antagonistas do receptor da angiotensina II; IECA= Inibidores da enzima de conversão da angiotensina; Ca⁺= Cálcio; K⁺= Potássio.

As medidas relacionadas à massa corporal, temperatura axilar e densidade específica da urina no momento inicial e final dos PC e PH estão descritas na tabela 2. As análises demonstraram que houve redução de massa corporal em ambos os protocolos (PC $p_{\text{valor}}=0,0001$; PH $p_{\text{valor}}=0,0171$), sendo o percentual de massa corporal perdida pelos voluntários ao final do PC de 0,72% e do PH de 0,15%. O consumo médio de água administrado no PH foi de $0,593 \pm 0,190$ L e a densidade específica da urina ao final do protocolo foi de $1,012 \pm 0,004$.

A temperatura axilar não apresentou diferença estatisticamente significativa em relação aos momentos inicial e final (PC $p_{\text{valor}}=0,727$; PH $p_{\text{valor}}=0,102$) e entre os PC e PH (inicial $p_{\text{valor}}=0,742$; final $p_{\text{valor}}=0,523$). Vale ressaltar que não houve diferença estatisticamente significativa em relação à temperatura ($24,64 \pm 1,91^{\circ}\text{C}$ vs $24,52 \pm 1,84^{\circ}\text{C}$; $p_{\text{valor}} > 0,05$) e umidade do ambiente ($58,31 \pm 8,11\%$ vs $55,13 \pm 9,93\%$; $p_{\text{valor}} > 0,05$) tanto para o PC quanto para o PH, respectivamente.

Tabela 2: Caracterização dos voluntários em relação a massa corporal, temperatura axilar e densidade específica da urina antes e após a realização dos protocolos (N= 29).

| Variáveis | Momentos | PC | PH |
|---|----------|------------------------------|------------------------------|
| Massa corporal (kg) | Inicial | $81,86 \pm 12,73$ | $81,77 \pm 12,64$ |
| | Final | $81,27 \pm 12,71^{\text{a}}$ | $81,64 \pm 12,66^{\text{b}}$ |
| Temperatura axilar ($^{\circ}\text{C}$) | Inicial | $35,21 \pm 0,80$ | $35,29 \pm 1,07$ |
| | Final | $35,14 \pm 0,88$ | $34,94 \pm 0,94$ |
| Densidade específica da urina (g/ml) | Inicial | $1,015 \pm 0,005$ | $1,016 \pm 0,004$ |
| | Final | $1,017 \pm 0,016$ | $1,012 \pm 0,004^{\text{b}}$ |

Legenda: Média \pm desvio-padrão; ^aDiferença entre o momento inicial do protocolo controle; ^bDiferença entre o momento inicial do protocolo hidratação; $p < 0,05$; PC= Protocolo Controle; PH= Protocolo hidratação; kg= quilograma; $^{\circ}\text{C}$ = graus Celsius; g/ml= gramas/mililitro

As comparações entre os momentos repouso inicial (M1) e exercício (M2 e M3) (figura 3), não mostrou diferença estatisticamente significativa entre os protocolos ($p_{\text{valor}} > 0,05$) e na interação momentos e protocolo ($p_{\text{valor}} > 0,05$), contudo foi observado efeito entre os momentos para os índices RMSSD, SDNN, LFms², HFms² e LFun, todos com $p_{\text{valor}} = 0,001$.

Nos PC e PH valores significativamente maiores no repouso inicial (M1) em relação aos momentos de exercício (M2 e M3) foram observados para os índices SDNN, RMSSD, LFms² e HFms². Para o índice LFun valores significativamente menores de M1 em relação a M2 e M3 no protocolo controle e M1 e M3 no PH foram observados, enquanto que, para o índice HFun foi observado no PC menores valores em M1 quanto comparado a M2 e maiores valores em M1 quanto comparado a M3. Não foram observadas alterações nesse índice para o PH ($p_{\text{valor}} > 0,05$).

Em relação as comparações entre os momentos repouso inicial (M1) e recuperação (REC1 a REC6) (figura 4) observou-se efeito significativo de momentos para os índices SDNN ($p_{\text{valor}} = 0,001$), RMSSD ($p_{\text{valor}} = 0,001$), LFms² ($p_{\text{valor}} = 0,003$), HFms² ($p_{\text{valor}} = 0,001$) e LFun ($p_{\text{valor}} = 0,001$). Além disso, para o índice RMSSD foi também observado efeito entre os protocolos ($p_{\text{valor}} = 0,024$) e na interação momentos e protocolos ($p_{\text{valor}} = 0,019$).

Para o PC, podemos observar valores significativamente menores durante a recuperação em comparação ao repouso inicial (M1), para os índices RMSSD (REC1 a REC3), HFms² (REC1 a REC4) e HFun (REC1 a REC6) e valores significativamente maiores para os índices LFun (REC1 a REC6) e LFms² (REC5 e REC6). Para o PH foram observados comportamentos semelhantes, porém com recuperação antecipada e estatisticamente significativa para o índice RMSSD (REC1 e REC2), HFms² (REC1 e REC2), HFun (REC1, REC2 e REC4), SDNN (REC5) e LFun (REC1, REC2 e REC4).

A comparação entre os protocolos mostrou diferenças entre os momentos REC3 a REC5, para o índice RMSSD, com valores significativamente maiores no PH.

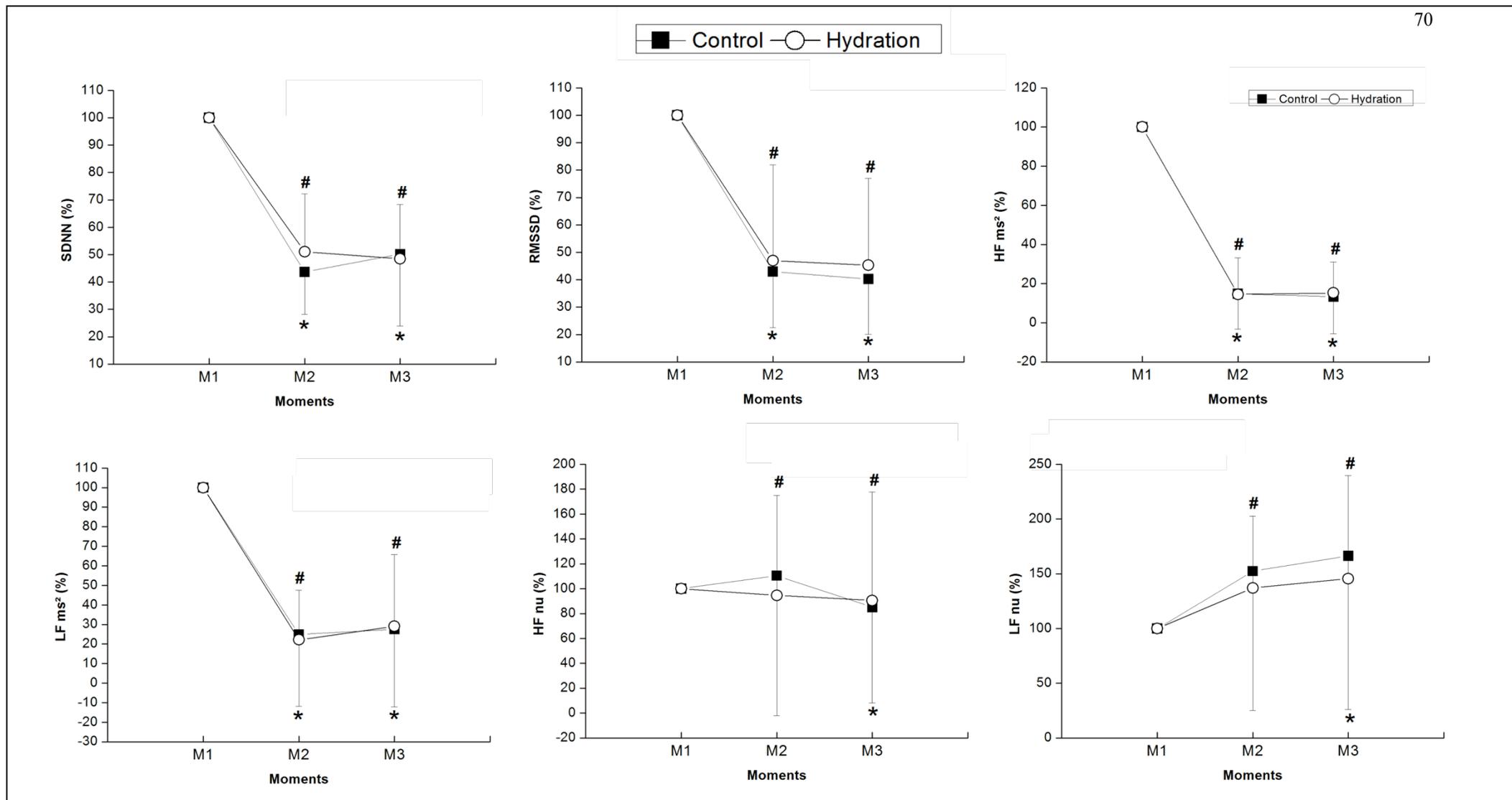


Figura 3: Valores percentuais, para os momentos repouso e exercício do protocolo controle e hidratação. Legenda: M1= 5 – 10 min de repouso, M2= 15 – 25 min de exercício, M3= 35 – 40 min de exercício. *Diferença entre o repouso e exercício do protocolo controle ($p < 0,05$); #Diferença entre o repouso e exercício do protocolo hidratação ($p < 0,05$).

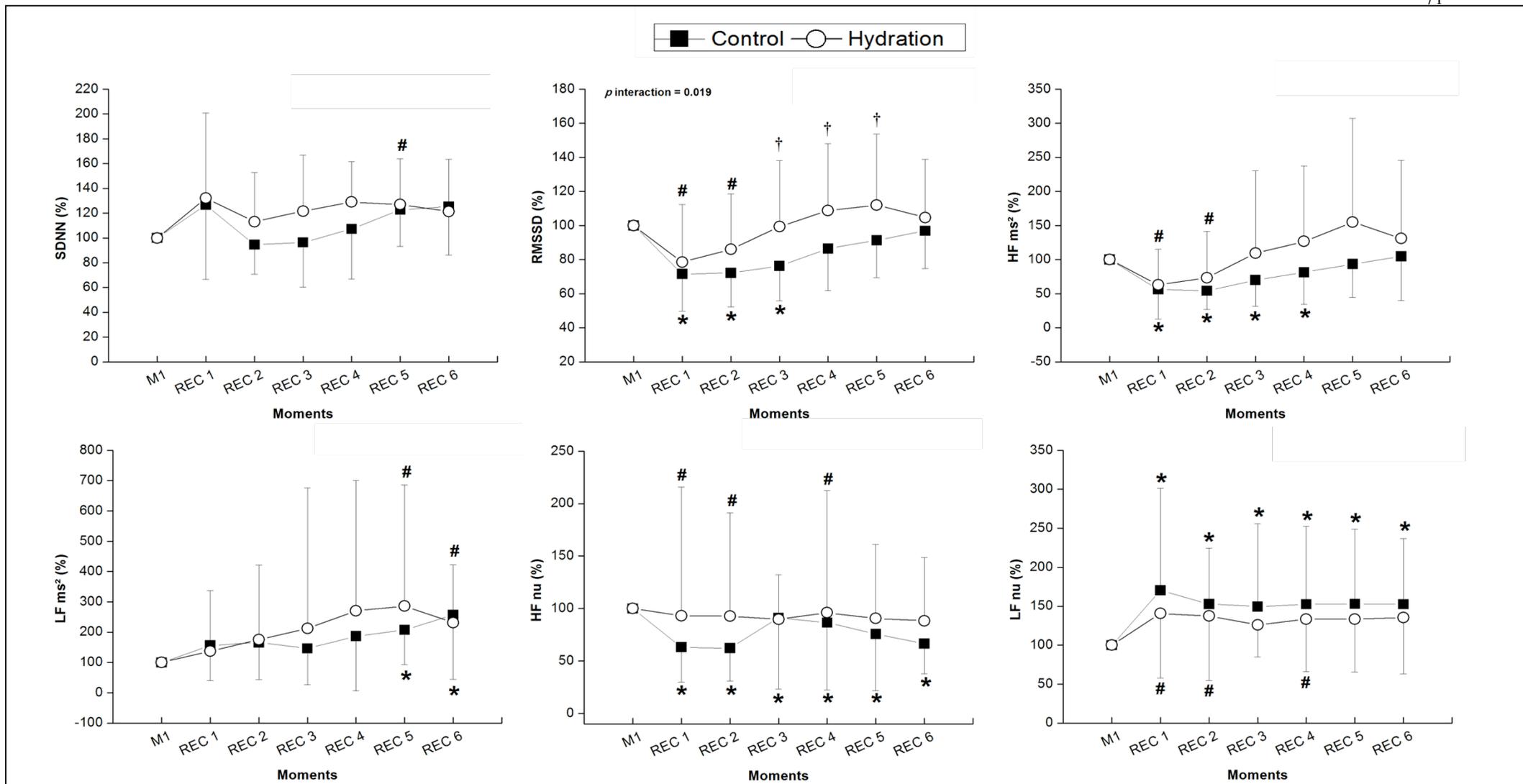


Figura 4: Valores percentuais, para os momentos repouso e recuperação do protocolo controle e hidratação. Legenda: M1= 5-10 min de repouso, REC1= 0-5 min de recuperação, REC2= 5-10 min de recuperação, REC3= 15-20 min de recuperação, REC4= 25-30 min de recuperação, REC5= 40-45 min de recuperação, REC6= 55-50 min de recuperação.

*Diferença entre o repouso e recuperação do protocolo controle ($p < 0,05$); #Diferença entre o repouso e recuperação do protocolo hidratação ($p < 0,05$).

Discussão

O presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos da ingestão hídrica durante e após exercício físico aeróbio, administrada durante uma sessão convencional de um PRC, na modulação autonômica cardíaca de coronariopatas. Nossos principais resultados indicam que a ingestão de água promoveu durante o exercício comportamento semelhante dos índices de VFC entre os protocolos, com menores valores para o PH, mas sem diferença estatisticamente significativa entre eles. Já em recuperação observou-se uma antecipação na recuperação de índices de VFC globais e parassimpáticos, com diferença estatisticamente significativa entre os protocolos e efeito de interação para o índice RMSSD.

Esse nos parecer ser o primeiro estudo a investigar os efeitos de uma estratégia de hidratação em doses fracionadas e individualmente calculadas, durante exercício e recuperação, implementada em uma sessão convencional de um PRC na modulação autonômica cardíaca de homens coronariopatas.

Até o momento, os estudos que investigaram essa temática utilizaram jovens saudáveis e/ou atletas, em intensidades de exercício máximo⁴ e/ou submáximo^{2,3,5,26-30} e duração variando de 30 até a 90 minutos (30⁵, 45³¹ a 90^{3,26-30}). Ademais, o tempo de recuperação dos estudos variou de 30 minutos a 4 horas (30^{4,5}, 45²⁷, 60^{3,26,28-31} ou 4 horas²) e o tipo de bebida (água^{4,5,30}) e/ou bebida com eletrólitos e carboidratos^{3,26,28,29,31}, momento (durante²⁷ e/ou após o exercício^{2-5,26,28-31}), e o modo (dose única^{4,5,31} ou dose fracionada^{3,26-30}) como foi ofertada também variou.

Nesse estudo, a opção pela estratégia de hidratação com água mineral em dosagem fracionada durante e após o exercício, foi baseado em estudos prévios do nosso grupo^{3,29}. A quantidade de ingestão de água necessária para cada indivíduo foi calculada a partir da variação da massa corporal no PC, sendo o consumo médio de

água administrado no PH de $0,593 \pm 0,190$ L. A perda de líquido observada foi menor em comparação a outros estudos^{3,26}, porém mesmo pequena ela foi suficiente para produzir impacto na modulação autonômica cardíaca.

A densidade específica da urina, confirmou que o volume de água administrado foi suficiente para aumentar o estado euidratado dos voluntários no PH (densidade específica da urina = $1,012 \pm 0,004$). Em ambos os protocolos, foram observadas diferenças de massa corporal ao final dos mesmos, contudo com menor variação no PH. Vale ressaltar que as variáveis temperatura do ambiente e axilar não apresentaram diferenças significantes entre as fases do procedimento experimental, sugerindo que essas variáveis não influenciaram os desfechos analisados.

Durante exercício o comportamento das variáveis autonômicas foi fisiológico e apesar dos valores maiores no PH em relação ao PC para índices como o RMSSD e SDNN, a ingestão hídrica não amenizou ou modificou, de forma significativa, os índices de VFC analisados como também observado em outros estudos com indivíduos saudáveis^{3,29}. Em exercício observa-se redução nos valores dos índices SDNND, RMSSD, HF e LF ms^2 , sugerindo principalmente redução tanto da variabilidade global quanto da modulação parassimpática (figura 3). Imediatamente após o início do exercício comandos centrais estimulam o centro cardiovascular, promovem a ativação barorreflexa arterial levando a um aumento rápido da FC mediada, principalmente, pela redução da atividade parassimpática e posteriormente pela ativação simpática³². No exercício com intensidade constante, a atividade parassimpática não se altera substancialmente e a FC permanece elevada, porém estável, em resposta à manutenção da ativação simpática, que permanece até a interrupção do exercício³².

Quando índices de VFC são avaliados nesse período, a literatura mostra que o exercício provoca redução nos índices nos domínios do tempo e frequência proporcional a intensidade do exercício, que pode ser observado graficamente pela queda acentuada na curva, permanecendo linear com o aumento ou não da intensidade, como também foi evidenciado em nosso estudo para os índices SDNN, RMSSD, LH ms^2 e HF ms^2 (figura 3).

Já em relação ao período de recuperação, alguns pontos devem ser destacados. Para o índice RMSSD, que reflete a modulação parassimpática, houve diferença entre os momentos, protocolos e na interação momento e protocolo, sugerindo que a hidratação promoveu uma recuperação com comportamento diferente entre os protocolos.

A ingestão hídrica promoveu uma recuperação mais rápida da modulação parassimpática e da variabilidade global como foi observado pelas respostas dos índices RMSSD, HF ms^2 , HFun e LFun (figura 4). Para os índices RMSSD e HF ms^2 , que refletem a modulação parassimpática, a ingestão hídrica promoveu recuperação a partir do 10º minuto enquanto que no PC essa recuperação somente ocorreu após o 15º minuto de recuperação para o índice RMSSD e após 30º minuto para o HF ms^2 . No PC os índices HFun e LFun parecem não se recuperar, enquanto que no PH, a partir de REC4, não são mais observadas diferença estatisticamente significante em relação ao repouso, sugerindo recuperação a partir do 30º minuto pós exercício. Podemos observar que o PH apresenta maiores valores para a maioria dos índices avaliados, e estatisticamente significante para o índice RMSSD, onde os momentos REC3, REC4 e REC5 foram diferentes em comparação aos mesmos momentos do PC.

Achados semelhantes também foram relatados em indivíduos saudáveis submetidos a exercício aeróbio de moderada intensidade durante 90 minutos e ingestão

de água, solução isotônica ou condição controle^{3,29}. Nesses estudos, valores de índices RMSSD, SDNN, HFms², LFms², HFun e LFun retornaram ao valores iniciais de repouso mais rapidamente quando água ou solução isotônica era ingerida, com diferença entre os protocolos e interação entre os momentos (RMSSD, HF ms², HFun, LFun)^{3,29}.

Esses efeitos podem ser mediados por uma ativação da modulação parassimpática após o exercício e parecem ser potencializados pela ingestão de água^{5,32-35}, o que em coronariopatas é positivo, uma vez que a recuperação autonômica nesses indivíduos é mais lenta pós-exercício⁶. Imediatamente após o exercício, comandos centrais reduzem a atividade barorreflexa arterial provocando diminuição da FC, o que é mediado, pelo menos em parte, pelo aumento progressivo na modulação parassimpática nos primeiros 10 minutos pós-exercício³². Essa resposta permanece de uma forma mais gradual, lenta e progressiva até as condições pré-exercício e está associada também a retirada simpática³².

Outros estudos³⁵⁻³⁷ ao investigarem a resposta do SNA à ingestão de água em condições de repouso, apontaram uma resposta bradicárdica com aumento na atividade vagal^{35,37}, aumento moderado na pressão arterial sistólica³⁶ e diminuição do trabalho cardíaco³⁷. Os mecanismos envolvidos nas respostas autonômicas após a ingestão de água ainda não estão claros. Alguns estudos tem apontado que a ingestão de água pode aumentar a atividade elétrica gástrica com conseqüente aumento na atividade vagal³⁴, promover distensão gástrica em resposta ao estímulo de mecanorreceptores na parede do trato gastrointestinal³⁸, influenciar a osmolalidade plasmática com ativação de ambos os componentes autonômicos³⁹ e estimulação de estruturas osmoreceptoras presentes nas fibras nervosas do intestino e circulação portal^{5,39}. Nesse sentido entende-

se que a modulação vagal cardíaca em resposta à ingestão de água, pode ser influenciada por diversos mecanismos, além do exercício físico.

Apesar dos resultados positivos, algumas limitações devem ser apontadas. O desenho do estudo não permitiu a alocação aleatória dos participantes, uma vez que era necessário que todos os indivíduos realizassem primeiro o PC, para determinar a quantidade de água que seria ingerida no PH, contudo para minimizar o viés, as filtragens e análises dos dados de VFC foram realizadas por um pesquisador cego ao procedimento experimental, além de incluir no estudo apenas indivíduos participantes de PRC há pelo menos 3 meses, ou seja, aqueles que já estavam familiarizados com a rotina do protocolo realizado. O consumo de determinados alimentos promove euidratação⁴⁰ e em nosso estudo não foi possível controlar a dieta dos participantes, contudo, para minimizar esses efeitos, os participantes foram orientados a manter uma dieta leve e semelhante em todas as fases do procedimento experimental. Ainda, a densidade específica da urina foi mensurada 25 minutos após a última ingestão de água e isto pode, de fato, ter produzido uma urina mais clara e com valores de densidade específica que refletem euidratação, como foi o observado, contudo, esse não era nosso desfecho principal, portanto, não influenciou os principais resultados obtidos no estudo. Além disso, não foi possível observar aumento na temperatura axilar dos participantes após o exercício o que acreditamos estar relacionado à área de transpiração mensurada e ao controle de temperatura do ambiente.

Destacamos como pontos fortes do estudo que o modelo de reabilitação cardiovascular convencional utilizado, promoveu perdas hídricas capazes de influenciar as respostas autonômicas dos indivíduos avaliados. Além disso, a oferta de água se deu de maneira fracionada, ao longo do exercício e recuperação, e demonstrou ser benéfica, por acelerar a recuperação autonômica pós exercício, podendo influenciar na redução de

risco nesse período. Outro fator que vale ser destacado é que todos os participantes já estavam familiarizados ao modelo de reabilitação cardiovascular realizado neste estudo, uma vez que todos já participavam de PRC a pelo menos 3 meses e que apesar de termos realizado o teste de esforço na fase 1 do estudo, a carga de trabalho foi semelhante ao que já estavam habituados a praticar, portando acreditamos que o modelo e intensidade do exercício não foi um fator influenciador nos desfechos do nosso estudo.

Sugere-se para estudos futuros que seja considerada a utilização de outras substâncias e administrada de outras formas como estratégia de reposição hídrica. Além disso, que possam avaliar a longo prazo se a ingestão contínua de líquidos durante as sessões do PRC poderia também amenizar riscos do aparecimento de sinais e sintomas durante um PRC.

Em suma, nossos achados indicam que o modelo proposto neste estudo promoveu perdas de líquidos que, ainda que pequenas, foram capazes de influenciar as respostas autonômicas em indivíduos coronariopatas submetidos a uma sessão do PRC, e que a reposição de água durante e após o exercício permitiu recuperação mais rápida desse sistema.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -CNPq- pelo suporte financeiro nesse estudo. Agradecem também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES - código de financiamento 001), pelo apoio na realização do estudo.

Financiamento

O estudo recebeu suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -CNPq- processo 401258/2016-5 para aquisição de materiais necessários para o desenvolvimento do estudo. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Conflitos de interesse

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse.

Referências

1. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(2):377–90.
2. McDermott BP, Casa DJ, Lee EC, Yamamoto LM, Beasley KN, Emmanuel H, et al. Influence of rehydration mode after exercise dehydration on cardiovascular function. *J Strength Cond Res.* 2013;27(8):2086–95.
3. Moreno IL, Pastre CM, Ferreira C, de Abreu LC, Valenti VE, Vanderlei LCM. Effects of an isotonic beverage on autonomic regulation during and after exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2013;10(2):1–10.
4. Teixeira AL, Ramos PS, Marins JB, Ricardo DR. The role of water intake on cardiac vagal reactivation after upper-body resistance exercise. *Int J Sports Med.* 2015;36(3):204–8.
5. Vianna LC, Oliveira RB, Silva BM, Ricardo DR, Araújo CGS. Water intake accelerates post-exercise cardiac vagal reactivation in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2008;102(3):283–8.
6. Ushijima A, Fukuma N, Yuko Kato, 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;76:76–83.
7. 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.
8. Thompson PD, Franklin BA, Balady GJ, Blair SN, Corrado D, Estes NAM, 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 Clinical Cardiology. *Circulation.* 2007;115(17):2358–68.
9. Lipinski MJ, Vetrovec GW, Froelicher VF. Importance of the first two minutes of heart rate recovery after exercise treadmill testing in predicting mortality and

- the presence of coronary artery disease in men. *Am J Cardiol.* 2004;93(4):445–9.
10. La Rovere MT, Bigger JT, Marcus FI, Mortara A, Schwartz PJ. Baroreflex sensitivity and heart-rate variability in prediction of total cardiac mortality after myocardial infarction. *Lancet.* 1998;351(9101):478–84.
 11. Bigger JT, Fleiss JL, Steinman RC, Rolnitzky LM, Kleiger RE, Rottman JN. Frequency domain measures of heart period variability to assess risk late after myocardial infarction. *Circulation.* 1992;85(3):164–71.
 12. Gonzalez-Alonso J, Mora-Rodríguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J Appl Physiol.* 1995;79(5):1487–96.
 13. Hamilton MT, Gonzalez-Alonso J, Montain SJ, Coyle EF. Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevent cardiovascular drift. *J Appl Physiol.* 1991;71(3):871–7.
 14. Peçanha T, Paula-Ribeiro M, Campana-Rezende E, Bartels R, Carlos J, Marins B, et al. Water intake accelerates parasympathetic reactivation after high-intensity exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2014;24(5):489–96.
 15. Dwan K, Li T, Altman DG, Elbourne D. CONSORT 2010 statement: extension to randomised crossover trials. *Bmj.* 2019;14378.
 16. Godoy MF, Takakura IT, Correa PR. The relevance of nonlinear dynamic analysis (Chaos Theory) to predict morbidity and mortality in patients undergoing surgical myocardial revascularization. *Arq em Ciência da Saúde.* 2005;12(4):167–71.
 17. Catai AM, Pastre CM, Godoy MF de, Silva E da, Takahashi AC de M, Vanderlei LCM. Heart rate variability: are you using it properly? Standardisation checklist of procedures. *Brazilian J Phys Ther.* 2019;1–12.
 18. Romeu Meneghelo. III Guidelines of Sociedade Brasileira de Cardiologia on the exercise test. *Arq Bras Cardiol.* 2010;95(5 Suppl 1):1–26.
 19. Cabral-santos C, Gerosa-neto J, Inoue DS, Panissa VLG, Gobbo LA, Zagatto AM, et al. Similar Anti-Inflammatory Acute Responses from Moderate-Intensity Continuous and High-Intensity Intermittent Exercise. *J Sport Sci Med.* 2015;14(4):849–56.
 20. Von Duvillard SP, Braun WA, Markofski M, Beneke R, Leithäuser R. Fluids and hydration in prolonged endurance performance. *Nutrition.* 2004;20:651–6.
 21. Armstrong L. Hydration assessment techniques. *Nutr Rev.* 2005;63(6 Pt 2):S40-54.
 22. Barbosa MP da C de R, Silva NT da, Azevedo FM de, Pastre CM, Vanderlei LCM. Comparison of Polar RS800G3 TM heart rate monitor with Polar fi S810i TM and electrocardiogram to obtain the series of RR intervals and analysis of heart rate variability at rest. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016;36:112–7.
 23. Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-aho PO, Karjalainen PA. Kubios HRV - Heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed.* 2014;113(1):210–20.

24. Task force of the European society of cardiology of the north American society of pacing electrophysiology. Heart rate variability standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Eur Heart J*. 1996;17:354–81.
25. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD de, Godoy MF de. Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. *Rev Bras Cir Cardiov*. 2009;24(2):205–17.
26. Moreno IL, Pastre CM, Papoti M, Vanderlei LCM. Efeitos da reposição hidroeletrólítica sobre parâmetros cardiorrespiratórios em exercício e recuperação. *Motriz*. 2012;18(1):165–75.
27. Carter R, Cheuvront SN, Wray DW, Kolka MA, Stephenson LA, Sawka MN. The influence of hydration status on heart rate variability after exercise heat stress. *J Therm Biol*. 2005;30(7):495–502.
28. Vanderlei FM, Moreno IL, Vanderlei LCM, Pastre CM, De Abreu LC, Ferreira C. Effects of different protocols of hydration on cardiorespiratory parameters during exercise and recovery. *Int Arch Med*. 2013;6(1):1–10.
29. Vanderlei FM, Moreno IL, Vanderlei LCM, Pastre CM, de Abreu LC, Ferreira C. Comparison of the effect of hydration with water or isotonic solution on the recovery of cardiac autonomic modulation. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2015;25:145–53.
30. Moreno IL, Vanderlei LCM, Pastre CM, Vanderlei FM, De Abreu LC, Ferreira C. Cardiorespiratory effects of water ingestion during and after exercise. *Int Arch Med*. 2013;6(1):1–9.
31. Castro-Sepúlveda M, Cerda-kohler H, Pérez-luco C, Monsalves M, Cristobal D, Zbinden-foncea H, et al. Hydration status after exercise affect resting metabolic rate and heart rate variability. *Nutr Hosp*. 2015;31(3):1273–7.
32. Michael S, Graham KS, Oam GMD. Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals-a review. *Front Physiol*. 2017;8(MAY):1–19.
33. Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, Kannankeril PJ, Ng J, Kadish AH. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol - Hear Circ Physiol*. 2006;290(6):2446–52.
34. Chen CL, Lin HH, Orr WC, Yang CCH, Kuo TBJ. Transfer function analysis of heart rate variability in response to water intake: Correlation with gastric myoelectrical activity. *J Appl Physiol*. 2004;96(6):2226–30.
35. Routledge HC, Chowdhary S, Coote JH, Townend JN. Cardiac vagal response to water ingestion in normal human subjects. *Clin Sci (Lond)*. 2002;103(2):157–62.
36. Jordan J. Effect of water drinking on sympathetic nervous activity and blood pressure. *Curr Hypertens Rep*. 2005;7(1):17–20.
37. Monnard CR, Grasser EK. Water ingestion decreases cardiac workload time-dependent in healthy adults with no effect of gender. *Sci Rep*. 2017;7(1):1–10.
38. Rossi P, Andriessse GI, Oey PL, Wieneke GH, Roelofs JMM, Akkermans LMA. Stomach distension increases efferent muscle sympathetic nerve activity and

- blood pressure in healthy humans. *J Neurol Sci.* 1998;161(2):148–55.
39. Brown CM. Cardiovascular responses to water drinking: does osmolality play a role? *AJP Regul Integr Comp Physiol* [Internet]. 2005;289(6):R1687–92.
 40. Montenegro-Bethancourt G, Johner SA, Remer T. Contribution of fruit and vegetable intake to hydration status in schoolchildren. *Am J Clin Nutr.* 2013;98(4):1103–12.

Título: Índices geométricos da variabilidade da frequência cardíaca no período de recuperação de coronariopatas submetidos a exercício aeróbio supervisionado e hidratação: ensaio clínico crossover

Título curto: Hidratação e período de recuperação de pacientes com doença arterial coronariana: ensaio clínico crossover

Autores: Anne Kastelianne França da Silva*¹, Lorena Altafin Santos¹, Maria Júlia Lopez Laurino¹, Laís Manata Vanzella¹, Felipe Ribeiro¹, Gustavo Bochini Rozan² and Luiz Carlos Marques Vanderlei¹

Afiliação: ¹ Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

² Faculdade de medicina do ABC, Santo André, São Paulo, Brasil

***Autor Correspondente**

Anne Kastelianne França da Silva
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305. CEP: 19060-900.
Presidente Prudente – São Paulo – Brasil
Telefone: +55 18 3229-5819; Fax: +55 18 3223-4519
E-mail: anne_franca@hotmail.com

Resumo

Introdução: A ingestão hídrica associada ao exercício físico é conhecida por promover uma recuperação mais eficiente do sistema nervoso autônomo. Contudo, a literatura não demonstra tais efeitos em coronariopatas, o que seria de extrema importância na redução de intercorrências decorrentes deste período. **Objetivo:** Analisar a modulação autonômica no período de recuperação de coronariopatas submetidos a uma sessão de exercício aeróbico supervisionado, associado a hidratação, por meio dos índices geométricos da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). **Métodos:** Foram avaliados 29 homens, frequentadores de programas de reabilitação cardiovascular, com diagnóstico médico principal de coronariopatia isquêmica com função ventricular esquerda preservada. Todos os voluntários foram submetidos ao teste de esforço máximo, para determinar a carga utilizada nas etapas seguintes e ao protocolo controle (PC) e protocolo hidratação (PH), que se diferiram apenas pela administração de água mineral, distribuída em 8 porções iguais e oferecidas durante o exercício e recuperação, sendo a quantidade de água oferecida determinada pela perda hídrica no PC. Durante os protocolos, a frequência cardíaca (FC) dos voluntários foi registrada batimento a batimento para posterior análise da VFC no repouso (5-10 min) e recuperação (0-5 min, 5-10 min, 15-20 min, 25-30 min, 40-45 min, 55-60 min). Foram calculados os seguintes índices geométricos: TINN, índice triangular e os índices SD1, SD2 e relação SD1/SD2 extraídos do *plot* de Poincaré. **Resultados:** Foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os protocolos (SD1, $p = 0,022$), momentos (TINN, $p = 0,001$; SD1, $p = 0,001$; SD2, $p = 0,001$; SD1/SD2, $p = 0,001$) e na interação entre momentos e protocolos (SD1, $p = 0,019$). Os resultados apontam que para o PH houve aceleração da recuperação vagal nos primeiros 10 minutos pós esforço e aumento dos valores dos índices TINN e SD1/SD2 no período de recuperação, demonstrando recuperação da modulação parassimpática e aumento da VFC global. **Conclusão:** Em coronariopatas, a ingestão hídrica durante e após o exercício físico, promoveu recuperação mais eficiente da modulação autonômica parassimpática e aumento da VFC global, no período de pós exercício.

Palavras-chave: Hidratação; Sistema Nervoso Autônomo; Exercício e Doença das Coronárias.

Introdução

É bem descrito na literatura que exercício aeróbio supervisionado, como os propostos em centros de reabilitação cardiovascular, promove diversos benefícios na saúde de indivíduos coronariopatas, reduzindo o risco de mortalidade, melhorando o desempenho físico, composição corporal, força muscular, colesterol, triglicerídeos, fluxo sanguíneo¹⁻⁴, além de promover modificações positivas no comportamento do sistema nervoso autônomo (SNA)⁵⁻⁷.

Contudo, o exercício físico pode trazer alguns riscos para o indivíduo, como por exemplo, a perda excessiva de água por meio da transpiração^{8,9}, o que pode promover um impacto negativo na atividade do SNA, produzindo redução da atividade vagal após o exercício^{10,11}, atrasando a recuperação da modulação autonômica¹²⁻¹⁴ e aumentando o risco de mortalidade. Em situações de repouso, estratégias como a hidratação, tem sido sugerida como uma alternativa capaz de promover mudanças positivas na modulação autonômica cardíaca de indivíduos saudáveis e em transplantados cardíacos^{15,16}.

Além dos benefícios isolados da hidratação, quando associada ao exercício físico, estudos têm mostrado um impacto positivo no período de recuperação^{13,14}, o qual seria um período de extrema importância para que o organismo volte a sua condição de homeostase¹⁷. Em indivíduos saudáveis, o consumo de água durante ou após o exercício, acelera a ativação vagal pós-exercício¹³, promovendo recuperação mais rápida e eficiente da modulação autonômica¹⁴.

Já em indivíduos coronariopatas, o impacto desse consumo é desconhecido e pode diferir de indivíduos saudáveis devido à baixa atividade parassimpática decorrente da sua condição patológica, além de apresentarem uma lenta recuperação da frequência cardíaca (FC)¹⁸, o que os torna mais susceptíveis a eventos súbitos tanto durante o exercício quanto no período de recuperação^{19,20}.

Esse cenário demonstra a importância de estudar os efeitos do consumo de água durante e após exercício sobre a modulação autonômica na recuperação em coronariopatas, cujo comprometimento autonômico já está bem documentado²¹⁻²⁴. Para compreender a modulação autonômica, ferramentas como as análises da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) têm sido utilizadas²⁵ e realizadas por diferentes métodos, os quais incluem os métodos geométricos, que abrangem o índice triangular, TINN e o plot de Poincaré²⁶, sendo este último considerado por alguns autores, um método que reflete a dinâmica não linear do organismo^{27,28}.

A avaliação do SNA utilizando índices geométricos da VFC é apontada em outros estudos como ferramenta capaz de detectar mudanças autonômicas em diferentes condições clínicas^{29,30}, e no treinamento físico em adultos saudáveis³¹ e em condições patológicas³². Estudos com essa ferramenta também foram capazes de identificar que indivíduos com doenças cardiovasculares (DCV)²¹⁻²⁴, apresentam VFC reduzida em repouso, o que está relacionado ao aumento do risco de mortalidade cardiovascular³³.

Sendo assim, estudar ferramentas, como os índices geométricos da VFC, que possam identificar possíveis alterações na modulação autonômica induzida por estratégias que possam promover uma recuperação mais segura e eficaz da modulação autonômica de indivíduos coronariopatas após uma sessão de exercício supervisionado é fundamental.

Portanto, esse estudo teve como objetivo investigar o comportamento autonômico no período de recuperação de coronariopatas submetidos a exercício aeróbico supervisionado associado a hidratação por meio de índices geométricos da VFC. Hipotetizamos que a reposição hídrica aplicada durante e após a realização de uma sessão de exercício supervisionado, promova recuperação mais rápida da

modulação autonômica que podem ser identificadas por meio dos índices geométricos da VFC.

População e Métodos

População

O estudo foi caracterizado como um ensaio clínico *cross-over*, no qual foram recrutados dados de 31 voluntários do sexo masculino ($63,93 \pm 8,39$ anos), baseado no cálculo amostral, onde consideramos como variável o índice rMSSD, com magnitude de diferença significativa assumida de 12 ms, desvio padrão de 16 ms³⁴, risco alfa de 5% e beta de 80%.

Os voluntários foram recrutados em dois centros especializados de Reabilitação cardiovascular da cidade de Presidente Prudente, SP, Brasil e convidados para participar do estudo aqueles que apresentaram os seguintes critérios: a) Homens acima de 45 anos de idade; b) Diagnóstico médico de coronariopatia isquêmica, com função ventricular esquerda preservada, ou seja, fração de ejeção do ventrículo esquerdo acima de 50%, confirmado por ecocardiograma previamente anexado em seu prontuário; c) Não apresentarem histórico atual de tabagismo e/ou etilismo; d) Estarem realizando o programa de reabilitação cardiovascular por pelo menos 3 meses prévios a coleta de dados; e) Não apresentarem no período do recrutamento histórico de infecções, doenças respiratórias conhecidas que pudessem interferir no controle autonômico cardíaco, angina instável, hipertensão não controlada, doença valvular significativa e/ou doença metabólica descontrolada (por exemplo, diabetes descontrolado e doenças da tireóide) e limitações ortopédicas e/ou neurológicas que impedissem a realização das etapas do protocolo.

Foram excluídos os voluntários selecionados que apresentaram após o início do protocolo pelo menos uma das características a seguir: a) Respostas hemodinâmicas anormais durante o exercício como aumento/queda desproporcional da frequência cardíaca e/ou da pressão arterial à baixos/altos níveis de carga; b) Isquemia do miocárdio e/ou arritmias ventriculares graves durante o teste de esforço; c) Registros de séries temporais de intervalos RR com menos de 95% de batimentos sinusais³⁵ e d) Não comparecimento em pelo menos uma das etapas do protocolo.

Aspectos éticos

Todos os procedimentos utilizados no estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP (CAAE: 54864716.8.0000.5402), seguiram a Declaração de Helsinki e foi registrado no Clinicaltrials.gov (NCT 03198806). Os voluntários foram devidamente informados sobre os procedimentos e objetivos deste estudo e, após concordarem, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, constituindo a amostra.

Procedimento experimental

Todos os voluntários foram submetidos a um procedimento experimental dividido em três etapas, todas realizadas em esteira ergométrica, com intervalo mínimo de 48 horas entre elas, a fim de permitir a recuperação dos mesmos. As etapas foram as seguintes:

I) Teste de esforço máximo: realizado para determinação do limiar anaeróbio e/ou consumo de oxigênio pico, para determinação das cargas utilizadas nos protocolos seguintes;

II) Protocolo controle (PC): nessa etapa os voluntários permaneceram 10 minutos em repouso, em seguida executaram 15 minutos de aquecimento, com atividades envolvendo alongamentos e exercícios globais, 40 minutos de exercício aeróbio e 5 minutos de desaquecimento com metade da carga utilizada durante o protocolo, seguidos por 60 minutos de recuperação;

III) Protocolo hidratação (PH): nessa etapa os voluntários realizaram atividades iguais à do PC, mas com administração de água mineral (Bonafont, Brasil), distribuída em 8 porções iguais administradas em intervalos regulares de 10 minutos a partir do 10º minuto de exercício até os últimos 25 minutos finais do período de recuperação.

Teste de esforço máximo

Para definição da carga de exercício utilizada nos protocolos, os voluntários foram submetidos a um teste de esforço máximo, realizado em esteira ergométrica (*Super ATL*, Inbrasport, Brasil), utilizando-se do protocolo máximo de Bruce³⁶.

Antes do início do teste os voluntários foram questionados a respeito da presença de fatores de risco cardiovasculares³⁷, medicações em uso, tempo de reabilitação cardiovascular, data de nascimento e mensurado massa corporal em uma balança digital (Bk-200Fa, Balmak, Brasil) e a altura, por meio de um estadiômetro (ES 2020, Sanny, Brasil).

Em seguida, permaneceram em repouso na esteira em posição ortostática para estabilizarem os valores iniciais e em seguida iniciaram o teste de esforço físico, com 5 minutos de aquecimento a uma velocidade de 2.5 km/h, seguido do protocolo de Bruce, que consistiu em incremento progressivo da carga de trabalho por meio de

inclinação e velocidade da esteira a cada três minutos. Incentivo verbal foi utilizado na tentativa de obter um esforço físico máximo, sendo o teste interrompido mediante exaustão voluntária e/ou de acordo com os critérios estabelecidos para interrupção de esforço³⁶.

Todos os voluntários foram continuamente monitorados durante o repouso e o exercício até a exaustão e durante 5 min na recuperação a uma velocidade de 2.5 km/h, por meio de um eletrocardiograma. Visando a segurança dos voluntários, todos os procedimentos referentes ao teste de esforço máximo foram acompanhados por um Médico Cardiologista.

Para determinar o consumo de oxigênio (VO₂), foram analisados os gases expirados em um sistema comercial Quark PFT (Cosmed, Rome, Italy)³⁸, calibrado com volumes e gases de concentração conhecidos. O VO₂pico foi considerado o mais alto VO₂ atingido no teste. A carga utilizada no PC e PH foi de 60% a 80% do valor da FC atingida no limiar anaeróbio (LA) do teste e para os indivíduos que não atingiram o LA durante o teste, a carga utilizada foi de 60% a 80% do valor da FC atingida no VO₂pico

Protocolo controle e hidratação

Os protocolos foram realizados entre 13:30 e 18:00 horas para evitar a variação circadiana em uma sala com controle da temperatura ambiente (temperatura entre 21°C e 23° C), umidade (umidade entre 40 e 60%) e a preparação dos equipamentos utilizados, foram realizados antes da chegada dos indivíduos à sala. A fim de reduzir a ansiedade do voluntário durante os protocolos um pequeno número de pessoas circulou pelo local. Após serem orientados sobre o estudo e darem seu consentimento por escrito, os voluntários foram submetidos aos protocolos descritos a seguir.

Ainda, visando a confiabilidade dos resultados, 24 horas antes os voluntários receberam orientações sobre não ingerir substâncias estimulantes do SNA

(café, refrigerante, achocolatados, chás e bebidas alcóolicas), a consumir refeição leve duas horas antes, estarem trajados com roupas adequadas e confortáveis ao esforço físico, como: short, camiseta, tênis e meias, a manter sua prática habitual de atividades física durante o processo do desenvolvimento do protocolo, porém a evitarem esforços físicos vigorosos no dia anterior. Além disso foram orientados a ingerir 500 ml de água duas horas antes, a fim de garantir o estado de hidratação, e para a sua confirmação foi realizado uma coleta de urina antes do início dos protocolos para avaliação da densidade específica da urina.

Estando os voluntários hidratados, o peso corporal foi mensurado por meio de uma balança digital (Bk-200Fa, Balmak, Brasil) bem como a altura, por meio de um estadiômetro (ES 2020, Sanny, Brasil). Antes do início do PC e PH foi acoplado nos voluntários um cardiofrequencímetro Polar RS800CX (Polar Electro, Kempele, Finland) para registro da frequência cardíaca batimento a batimento durante os protocolos e os mesmos permaneceram deitados confortavelmente durante 10 minutos. No final dos 10 minutos de repouso foi mensurado a temperatura axilar, utilizando um termômetro (G-TECH, China), além de verificação da pressão arterial de maneira indireta com a utilização de um estetoscópio (Littmann, Saint Paul, USA) e esfigmomanômetro aneróide (Welch Allyn - Tycos, New York, USA) no braço esquerdo. Após esse procedimento os voluntários realizaram 15 minutos de aquecimento, com atividades envolvendo alongamentos e exercícios globais, 40 minutos de exercício aeróbio em esteira ergométrica e 5 minutos de desaquecimento com metade da carga utilizada durante o protocolo.

Ao término da atividade (repouso + aquecimento + exercício em esteira + desaquecimento), no 70º minuto, a temperatura axilar dos indivíduos foi novamente mensurada e, a partir daí, permaneceram em repouso, deitados em ambiente calmo e

monitorados por mais 60 minutos. No PH, a estratégia de hidratação foi executada em intervalos de 10 minutos a partir do 10º minuto do exercício físico, até os últimos 25 minutos finais do período de 60 minutos de recuperação.

Em ambos os protocolos, após o período de recuperação, os voluntários foram encaminhados a uma sala, na qual se enxugaram com uma toalha macia a fim de se pesarem novamente, e, após a mensuração do peso final, foram orientados a colherem uma amostra de urina, desprezando o primeiro jato a fim de analisar o nível de hidratação.

Estratégia e análise da condição de hidratação

Em ambos protocolos, todos os voluntários foram submetidos a hidratação antes do início dos mesmos, para garantir a condição de hidratação inicial, a qual foi obtida por meio da ingestão de 500 ml de água duas horas antes do início das etapas^{39,40}. A quantidade de bebida administrada durante o exercício físico e a recuperação no PH, foi obtida por meio da perda da massa corporal avaliada pela diferença da massa corporal verificada antes do início do PC e após o seu período de recuperação, realizada por intermédio de uma balança digital (Bk-200Fa, Balmak, Brasil). Essa técnica implica que um grama de massa corporal perdida é equivalente a um mililitro de líquido perdido⁴¹. Desse modo, a perda de massa corporal de cada voluntário indica a quantidade de bebida que o mesmo teve que ingerir durante a atividade física e o período de recuperação do PH, para manter o estado de hidratação.

Para hidratação dos voluntários durante o PH, foi utilizada água mineral sem gás (Bonafont, Brasil). Os voluntários foram hidratados a cada 10 minutos após início do exercício na esteira e a quantidade de bebida ingerida por cada voluntário foi dividida em oito porções.

A condição de hidratação dinâmica dos voluntários antes e após a realização do PC e PH foi verificada por meio da análise urinária (Combur 10 Test® M, Roche, Brasil) e a densidade específica da urina foi utilizada como marcador do nível de hidratação⁴². Para isso os voluntários foram instruídos a colherem a urina desprezando o primeiro jato. Os voluntários que apresentaram densidade específica abaixo de 1,020 foram considerados euidratados e aqueles com densidade específica acima, desidratados⁴³.

Desfecho: avaliação autonômica

Variabilidade da frequência cardíaca

A análise da VFC foi realizada a partir dos dados captados pelo cardiofrequencímetro Polar RS800CX (Polar Electro, Kempele, Finland) por meio de índices geométricos, os quais foram obtidos utilizando o *software* Kubios HRV – versão 2.0⁴⁴.

Para essa análise, a série temporal de intervalos RR foi inicialmente submetida a uma filtragem digital pelo *software* Polar ProTrainer (versão 5.0) complementada por manual, para eliminar batimentos ectópicos prematuros e artefatos, e somente séries com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídos no estudo³⁵. Por meio da análise visual das séries temporais foi observada a ausência de artefatos ou arritmias cardíacas que poderiam interferir na análise da VFC.

A série de intervalos RR foi analisada nos seguintes momentos: M1 (5 minutos finais do repouso), M2 (0 ao 5º minuto de recuperação), M3 (5º ao 10º minuto de recuperação), M4 (15º ao 20º minuto de recuperação), M5 (25º ao 30º minuto de recuperação), M6 (40º ao 45º minuto de recuperação) e M7 (55º ao 60º minuto de recuperação), sendo obtidos nesses trechos pelo menos 256 intervalos RR consecutivos.

Para análise da VFC foram utilizados os índices geométricos TINN, índice triangular e os índices SD1, SD2 e relação SD1/SD2 extraídos do *plot* de Poincaré. O índice triangular foi calculado a partir da construção de um histograma de densidade do intervalos RR normais⁴⁵, onde o eixo horizontal demonstra o comprimento dos intervalos RR e o eixo vertical, a frequência com que cada um deles ocorreu. O índice foi obtido dividindo a área, que corresponde ao número total de intervalos RR, pela altura, que corresponde ao número de intervalos RR com frequência modal, do triângulo²⁵. Já o índice TINN foi calculado mensurando a base do triângulo formado no histograma⁴⁶.

O *plot* de Poincaré representa a série temporal em um plano cartesiano, onde cada intervalo RR é correlacionado com o intervalo seguinte. A partir da construção do *plot* foram extraídos os índices quantitativos SD1, SD2 e SD1/SD2⁴⁷. O SD1 retrata o desvio padrão da variabilidade dos intervalos RR a curto prazo e é determinado pela largura da figura gerada no plano cartesiano, enquanto que o SD2 corresponde ao desvio padrão dos intervalos RR a longo prazo, determinado pelo comprimento da figura. A partir desses índices foi calculado a relação SD1/SD2 que demonstra a relação entre a variação dos intervalos a curto e longo prazo^{25,45,48,49}.

Análise dos dados

Para análise dos dados do perfil da população utilizamos o método estatístico descritivo e os resultados foram apresentados com valores de médias, desvios-padrão, valores mínimo e máximo e valores absolutos e percentuais.

A normalidade dos dados foi determinada por meio do teste Shapiro-Wilk. Para as variáveis peso, temperatura corporal e densidade específica da urina, a comparação entre os momentos do mesmo protocolo foi feita pelo teste t de Student

para dados pareados quando a distribuição for normal ou teste de Wilcoxon para dados com distribuição não normal. Já para a análise entre os protocolos foi utilizado teste t de Student para dados não pareados para dados com distribuição normal ou teste de Mann-Whitney para dados não normais.

As comparações dos índices de VFC entre protocolos (PC vs PH) e momentos (repouso vs tempos da recuperação) foi feita por meio da técnica de análise de variância para modelo de medidas repetidas no esquema de dois fatores. Os dados da mensuração repetida foram checados para violação de esfericidade usando o teste de Mauchly's e a correção de Greenhouse-Geisser, utilizada quando a esfericidade foi violada.

Para análise dos momentos (repouso vs tempos da recuperação) foi utilizado pós-teste de Bonferroni para distribuição paramétrica ou pós-teste de Dunnet para distribuição não paramétrica e a análise dos diferentes momentos entre os grupos foi feita por meio do teste t de Student para dados não pareados para dados com distribuição normal ou teste de Mann Whitney para dados não normais.

A significância estatística adotada foi fixada em 5%. As análises realizadas utilizaram o software comercial Minitab – versão 13.20 (Minitab, PA., USA) e GraphPad InStat – versão 3.01, 1998 (GraphPad Software, Inc., San Diego California USA).

Resultados

Participaram deste estudo 31 indivíduos (figura 1), dentre os quais um voluntário foi excluído das análises por apresentar série com menos de 95% de batimentos sinusais e um segundo indivíduo por não participar de todas as fases do

protocolo, totalizando 29 indivíduos analisados, cujos dados de caracterização estão presentes na tabela 1.

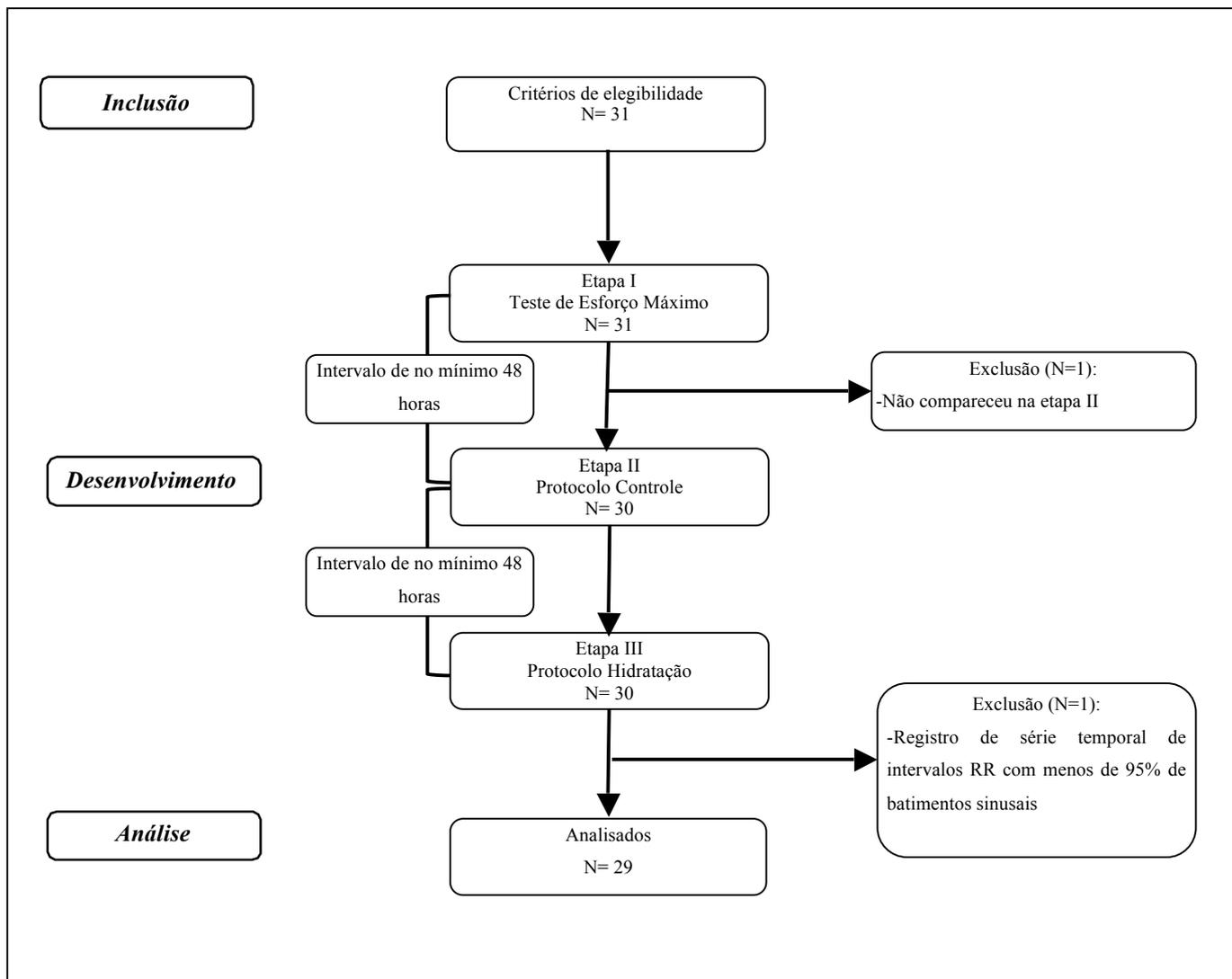


Figura 1. Desenho do protocolo e fluxograma de perdas.

Tabela 01. Caracterização da amostra (N=29).

| Variáveis | Média ± DP | Mínimo | Máximo |
|--|-------------------|---------------|---------------|
| Idade (anos) | 63,76 ± 8,48 | 45,00 | 83,00 |
| Período de tto (anos) | 3,61 ± 4,28 | 0,27 | 17,78 |
| Peso (kg) | 81,21 ± 12,94 | 58,00 | 108,50 |
| Altura (m) | 1,71 ± 0,05 | 1,58 | 1,81 |
| IMC (kg/m²) | 27,62 ± 4,24 | 20,62 | 39,37 |
| PAS (mmHg) | 117,24 ± 9,22 | 100,00 | 140,00 |
| PAD (mmHg) | 75,86 ± 7,80 | 60,00 | 90,00 |
| FC repouso (bpm) | 63,28 ± 8,40 | 49,00 | 78,00 |
| Carga (km/h) | 4,88 ± 0,72 | 3,30 | 6,00 |
| Teste de estresse máximo | | | |
| VO ₂ pico (ml/min/kg) | 25,89 ± 5,26 | 14,28 | 37,27 |
| FC máxima (bpm) | 128,66 ± 17,56 | 98,00 | 167,00 |
| Fatores de Risco N(%) | | | |
| Hipertensão Arterial | | 26 (89,70%) | |
| Histórico Familiar | | 20 (69,00%) | |
| Dislipidemia | | 20 (69,00%) | |
| Diabetes | | 12 (41,40%) | |
| Obesidade | | 5 (17,20%) | |
| Ex-Tabagista | | 14 (48,30%) | |
| Medicines N(%) | | | |
| Antiagregante plaquetário | | 22 (75,86%) | |
| ARA II | | 8 (27,59%) | |
| Betabloqueador | | 21 (72,41%) | |
| Bloqueador do canal de Ca ⁺ | | 9 (31,03%) | |
| Bloqueador do canal de K ⁺ | | 1 (3,45%) | |
| Diurético | | 6 (20,68%) | |
| Estatinas | | 21 (72,41%) | |
| Hipoglicemiantes | | 9 (31,03%) | |
| IECA | | 7 (24,14%) | |
| Outros | | 11 (37,93%) | |
| Vasodilatador | | 4 (13,79%) | |

Legenda: DP = Desvio Padrão; Kg = quilogramas; m = metros; Kg/m² = quilograma/metro²; mmHg = milímetros de mercúrio; bpm = batimentos por minuto; ml/min/kg = mililitro/minuto/quilograma; km/h = quilômetro/hora; IMC = índice de massa corporal; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; VO₂pico = consumo pico de oxigênio; tto = tratamento; ARA II= Antagonistas do receptor da angiotensina II; IECA= Inibidores da enzima de conversão da angiotensina; Ca⁺= Cálcio; K⁺= Potássio.

As análises referentes a temperatura axilar, massa corporal e densidade específica da urina dos voluntários no PC e PH pode ser visualizada na tabela 2. Foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os momentos do mesmo protocolo para a variável peso corporal tanto no PC quanto no PH, porém sem diferença entre os protocolos. Para a temperatura axilar, não foram encontradas diferenças significantes entre os momentos e entre os protocolos.

A porcentagem de massa corporal perdida pelos voluntários ao final do PC foi de 0,72%, sendo o consumo médio de água administrado no PH igual a $0,593 \pm 0,190$ L. A densidade específica da urina ($1,012 \pm 0,004$), avaliada ao final do PH, confirma que o volume de água foi suficiente para aumentar o estado euidratado dos voluntários⁴³. Vale ressaltar que não houve diferença estatisticamente significativa em relação a temperatura ($24,64 \pm 1,91^\circ\text{C}$ vs $24,52 \pm 1,84^\circ\text{C}$; $p_{\text{valor}} > 0,05$) e umidade do ambiente ($58,31 \pm 8,11\%$ vs $55,13 \pm 9,93\%$; $p_{\text{valor}} > 0,05$) tanto para o PC quanto para o PH, respectivamente.

Tabela 2: Caracterização dos voluntários em relação a massa corporal, temperatura axilar e densidade específica da urina antes e após a realização dos protocolos (N= 29).

| Variáveis | Momentos | PC | PH |
|---|----------|---------------------|---------------------|
| Massa corporal (kg) | Inicial | $81,86 \pm 12,73$ | $81,77 \pm 12,64$ |
| | Final | $81,27 \pm 12,71^a$ | $81,64 \pm 12,66^b$ |
| Temperatura axilar ($^\circ\text{C}$) | Inicial | $35,21 \pm 0,80$ | $35,29 \pm 1,07$ |
| | Final | $35,14 \pm 0,88$ | $34,94 \pm 0,94$ |
| Densidade específica da urina (g/ml) | Inicial | $1,015 \pm 0,005$ | $1,016 \pm 0,004$ |
| | Final | $1,017 \pm 0,016$ | $1,012 \pm 0,004^b$ |

Legenda: Média \pm desvio-padrão; ^aDiferença entre o momento inicial do protocolo controle; ^bDiferença entre o momento inicial do protocolo hidratação; $p < 0,05$; PC= Protocolo Controle; PH= Protocolo hidratação; kg= quilograma; $^\circ\text{C}$ = graus Celsius; g/ml= gramas/mililitro

A figura 2 representa a média e desvio padrão dos valores percentuais do índice triangular e a média dos valores em milissegundos do índice TINN. O índice TINN foi apresentado em milissegundos, pois alguns valores obtidos correspondiam a zero, sendo, portanto, inválido o cálculo de percentual para essa variável. Para o índice TINN(ms), foram observados efeitos entre os momentos ($p_{\text{valor}} = 0,001$) sem diferença entre os protocolos ($p_{\text{valor}} 0,431$) e na interação momentos e protocolos ($p_{\text{valor}}= 0,051$). Para a variável RRTri(%), não foi encontrado efeito entre os protocolos ($p_{\text{valor}}= 0,663$), momentos ($p_{\text{valor}}= 0,431$) e na interação entre momentos e protocolos ($p_{\text{valor}}=0,157$).

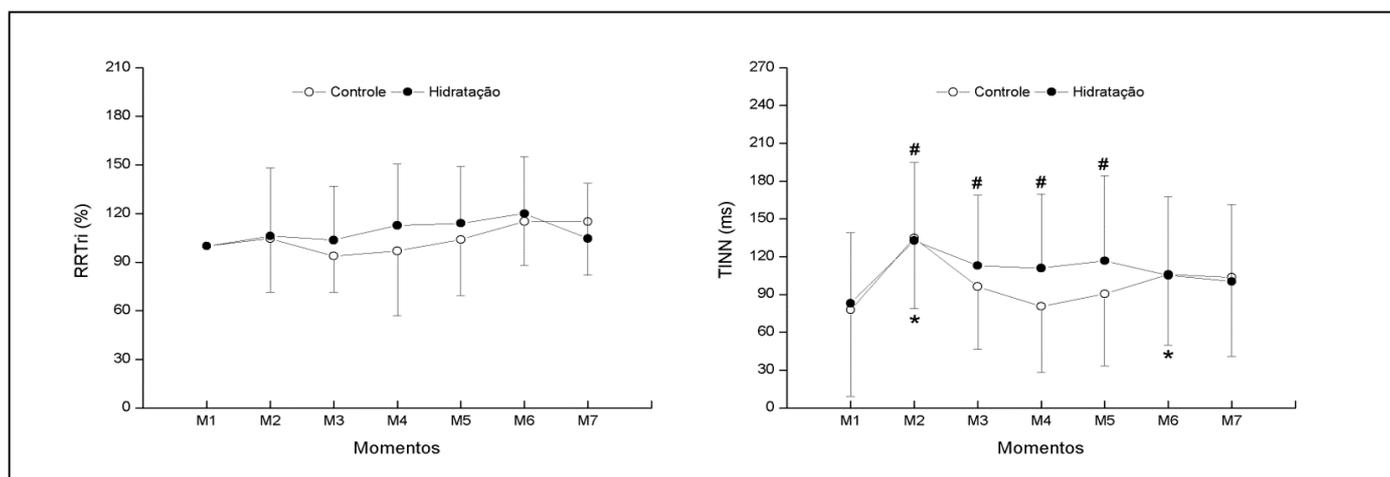


Figura 2: Valores percentuais, médios e desvios-padrão dos índices RRTri e TINN, para os momentos repouso e recuperação do protocolo controle e hidratação. Legenda: M1= 5-10 min de repouso; M2= 0-5 min, M3= 5-10 min, M4= 15-20 min, M5= 25-30 min, M6= 40-45 min e M7= 55-60 min de recuperação; *Diferença entre o repouso e recuperação do protocolo controle ($p < 0,05$); #Diferença entre o repouso e recuperação do protocolo hidratação ($p < 0,05$).

Em relação aos índices extraídos do *plot* de Poincaré (figura 3), foram encontradas diferenças estatisticamente significantes para SD1 entre os protocolos ($p_{\text{valor}} = 0,022$) e interação entre momentos e protocolos ($p_{\text{valor}} = 0,019$). Ainda, observou-se diferença significativa entre os momentos para SD1 ($p_{\text{valor}} = 0,001$), SD2 ($p_{\text{valor}} = 0,001$) e SD1/SD2 ($p_{\text{valor}} = 0,001$). Para os índices SD2 e SD1/SD2, não foram observadas

diferenças entre os protocolos (SD2, $p_{\text{valor}} = 0,249$; SD1/SD2, $p_{\text{valor}} = 0,657$) e interação entre momentos e protocolos (SD2, $p_{\text{valor}} = 0,101$; SD1/SD2, $p_{\text{valor}} = 0,172$).

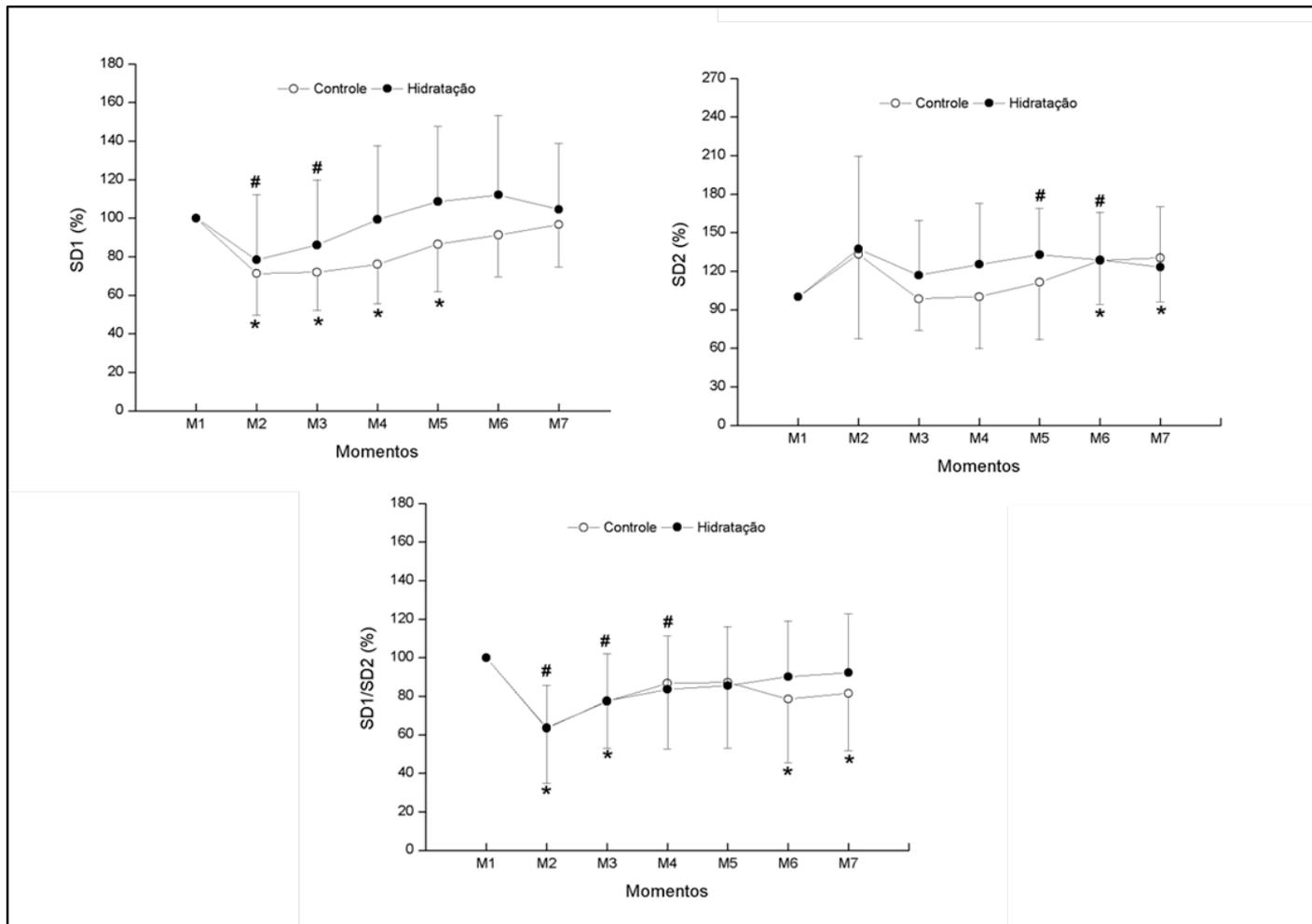


Figura 3: Valores percentuais médios e desvios-padrão dos índices SD1, SD2 e SD1/SD2 extraídos do Plot de Poincaré, para os momentos repouso e recuperação do protocolo controle e hidratação. Legenda: M1= 5-10 min de repouso; M2= 0-5 min, M3= 5-10 min, M4= 15-20 min, M5= 25-30 min, M6= 40-45 min e M7= 55-60 min de recuperação; *Diferença entre o repouso e recuperação do protocolo controle ($p < 0,05$); #Diferença entre o repouso e recuperação do protocolo hidratação ($p < 0,05$).

Discussão

O principal achado do estudo aponta que a reposição hídrica aplicada durante e após a realização de uma sessão de exercício supervisionado foi capaz de acelerar a recuperação da modulação parassimpática de coronariopatas, devido a uma maior ativação desse ramo no PH, quando comparado ao PC.

Vários fatores como a duração e intensidade do exercício, condições do ambiente e o tipo de roupa ou equipamento utilizado, influenciam na perda de suor durante a prática de exercício físico⁴³. A temperatura do ambiente e umidade, estão intimamente relacionadas ao aumento da temperatura da pele, enquanto a temperatura central é elevada de acordo com a intensidade do exercício e independente do ambiente⁵⁰. Considerando esses aspectos, podemos entender que não houve diferenças na temperatura axilar, devido a temperatura e a umidade do ambiente se manterem a mesma durante os protocolos além do tempo e intensidade do exercício, que foram iguais entre os protocolos, não foram suficientes para promover alterações na temperatura corporal.

Além disso, o peso corporal e a urina vem sendo utilizados como indicadores do estado de hidratação do indivíduo^{43,51}. O peso corporal avalia o equilíbrio entre os fluidos e durante o exercício pode calcular as taxas de sudorese além, de identificar alterações no estado de hidratação⁵¹, enquanto que os valores da densidade específica da urina podem também indicar o estado de hidratação dos indivíduos⁴³. Nesse estudo, nos dois protocolos ocorreram perdas significativas do peso corporal, com menores valores de perda para o PH, e redução nos valores de densidade específica da urina no PH, condições que permitem apontar uma melhor condição de hidratação desses indivíduos.

Em relação a modulação autonômica, expressa pelas análises dos índices de VFC, observamos no PH um aumento progressivo do índice SD1, que reflete a modulação

parassimpática do SNA, que se recupera a partir do 10º minuto após o exercício, enquanto que no PC, esse aumento foi mais lento e a recuperação ocorreu apenas após 30 minutos do final do exercício. Esses resultados sugerem que o protocolo de hidratação realizado acelerou a recuperação da modulação parassimpática, antecipando o seu retorno a condição basal.

Para a relação SD1/SD2 e índice TINN, é possível observar que o PH promoveu aumento da VFC global ao longo de 20-30 minutos após a interrupção do exercício, sendo esta resposta estatisticamente significativa quando comparada ao repouso. Além disso, podemos observar maiores valores nas medidas globais da VFC representados pelos índices RRTri e SD2, entre o 5º e 30º minutos de recuperação, embora sem diferença estatisticamente significativa. Hipotetizamos que esses resultados possam estar relacionados ao aumento e aceleração da recuperação da atividade parassimpática. Outro dado a ser destacado está relacionado ao primeiro momento após a interrupção do exercício (M2), cujos valores para essas variáveis encontram-se mais elevados, sugerindo que a retomada da atividade vagal possa ter proporcionado um aumento na VFC global devido a maior variação entre os intervalos RR.

A perda de líquidos causada pela sudorese, apesar de ser um mecanismo essencial para o controle da temperatura corporal durante a prática de exercício físico, causa uma redução no volume plasmático⁵². Essa redução no volume, a hiperosmolaridade plasmática e o aumento da temperatura corporal, são condições associadas ao estado de desidratação, um possível fator para o retardo do retorno a condição basal da modulação autonômica no período pós-exercício, quando o indivíduo não ingere água³⁴. Por outro lado, quando há ingestão hídrica, ocorre a manutenção do volume e da osmolaridade plasmática associados a temperatura corporal conservada, condições que pode ter influenciado a aceleração da recuperação do ramo parassimpático do SNA³⁴.

Além disso, outro mecanismo que pode estar relacionado ao comportamento autonômico nessa situação é a modulação dos barorreceptores quando ocorre a distensão gástrica, essa condição pode promover aumento da modulação parassimpática⁵³.

Moreno et al¹⁴ utilizando exercício de intensidade moderada em esteira ergométrica por 90 minutos, observaram que a ingestão hídrica durante e após o exercício também promoveu uma recuperação mais rápida dos índices lineares da VFC em homens jovens. Outro estudo com as mesmas características de Moreno et al, mas utilizando tanto água quanto solução isotônica para hidratação, também encontrou resultado semelhante e demonstrou que independentemente do tipo de hidratação o comportamento do SNA era o mesmo após o exercício¹³.

Peçanha et al⁵⁴ investigaram em jovens saudáveis e treinados o comportamento dos índices lineares da VFC e da ingestão hídrica durante e após a prática de exercício de alta intensidade em bicicleta ergométrica e encontraram que a ingestão hídrica também acelera a reativação parassimpática no período de recuperação nessa modalidade de exercício. Teixeira et al⁵⁵ ao avaliarem a ingestão hídrica após a prática de treinamento resistido por indivíduos saudáveis e Castro-Sepulveda et al¹¹ ao submeter atletas a 5 tipos de exercícios por 45 minutos, identificaram alterações autonômicas similares.

É importante salientar que os estudos relacionados a hidratação e recuperação da modulação autonômica após exercício físico foram realizados com indivíduos jovens, os quais apresentam respostas cardiovasculares diferentes daqueles com presença de coronariopatias, mesmo em repouso, sendo assim a abordagem de metodologias como as empregadas nesse estudo, são fundamentais para investigar esses aspectos nessa população a fim de minimizar o risco do período de recuperação após exercício.

Além disso, a maioria dos estudos que avaliaram a modulação autonômica nessa condição, não utilizaram os índices geométricos da VFC, que vem sendo apontado como uma

ferramenta sensível para detectar alterações autonômicas em diferentes populações²⁹⁻³². Sendo assim, este é o primeiro estudo a investigar o comportamento dos índices geométricos em indivíduos coronariopatas após exercício, seguindo um modelo de sessão de reabilitação cardiovascular tradicional combinado com ingestão hídrica.

No entanto, o estudo apresenta limitações. A mensuração da densidade específica da urina foi realizada 25 minutos após a última ingestão de água, o que pode ter mascarado a condição de hidratação do indivíduo, nesse sentido, o ideal seria ter avaliado essa medida após muitas horas de hidratação estável, o que permitiria uma medida mais confiável⁴¹, porém devido a logística do estudo, essa análise não era possível, devido ao longo período de coleta de dados. Outro fator que não foi possível controlar está relacionado a dieta ingerida pelos voluntários, contudo todos receberam orientações para consumir refeição semelhante nos dias de avaliação.

Destacamos como pontos fortes do estudo, que o modelo de exercício proposto foi semelhante a uma sessão de reabilitação cardiovascular convencional e direcionado para uma população específica, onde pudemos observar que esse modelo promoveu perdas hídricas capazes de influenciar as respostas autonômicas dos indivíduos avaliados. Além disso, individualizamos a carga de trabalho e a oferta de água, onde esta última se deu de maneira fracionada, ao longo do exercício e recuperação, e demonstrou ser benéfica, por acelerar a recuperação autonômica pós exercício, podendo influenciar na redução de risco nesse período. Outro fator que vale ser destacado é que todos os participantes já estavam familiarizados ao modelo de reabilitação cardiovascular realizado neste estudo, uma vez que todos já participavam de PRC a pelo menos 3 meses.

Os resultados do estudo têm importante implicação clínica, pois sugerem que participantes de programas de reabilitação cardiovascular devem ser hidratados durante e após a prática de exercício, visto que a condição patológica desses indivíduos aumenta as chances

de eventos súbitos^{19,20} e a recuperação autonômica mais eficiente causada pela hidratação, pode ser um fator capaz de reduzir riscos durante esse período. Vale destacar que a estratégia de hidratação em nosso estudo foi individualizada, permitindo a oferta de uma quantidade adequada baseada na necessidade de cada paciente. Outro fator que deve ser mencionado é o fato de que o modelo de exercício do estudo foi o modelo convencional de reabilitação cardiovascular, ou seja, atividades envolvendo um aquecimento prévio do sistema cardiovascular seguida de exercício em esteira de intensidade moderada, diferentemente do que foi observado em outros estudos. Por fim, estudamos os efeitos da ingestão de água em indivíduos que já apresentavam disfunção autonômica, uma vez que essa população apresenta lento período de recuperação nos mesmos, como já abordado anteriormente.

A partir do exposto, podemos concluir que a ingestão hídrica durante e após a prática supervisionada de exercício aeróbio, é capaz de promover alterações na modulação autonômica, acelerando a atividade parassimpática e aumentando variabilidade global no período de recuperação em indivíduos coronariopatas, sendo os índices geométricos, capazes de detectar essas alterações.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -CNPq-pelo suporte financeiro nesse estudo. Agradecem também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES - código de financiamento 001), pelo apoio na realização do estudo.

Financiamento

O estudo recebeu suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -CNPq- processo 401258/2016-5 para aquisição de materiais

necessários para o desenvolvimento do estudo. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Conflitos de interesse

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse.

Referências

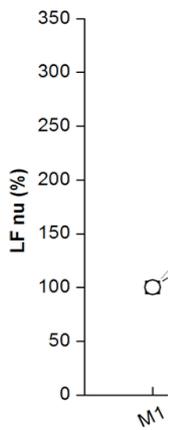
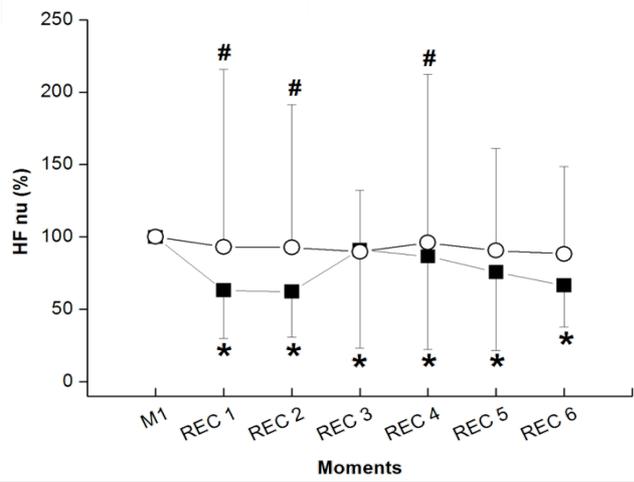
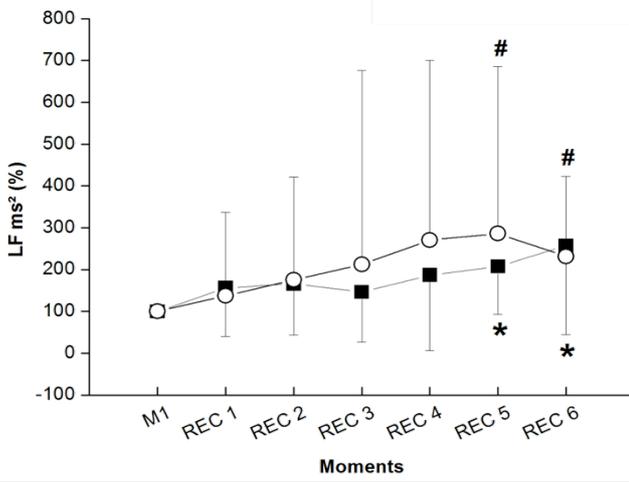
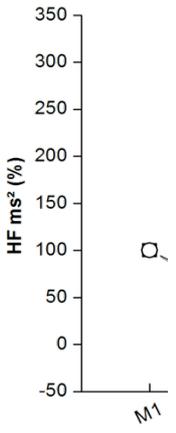
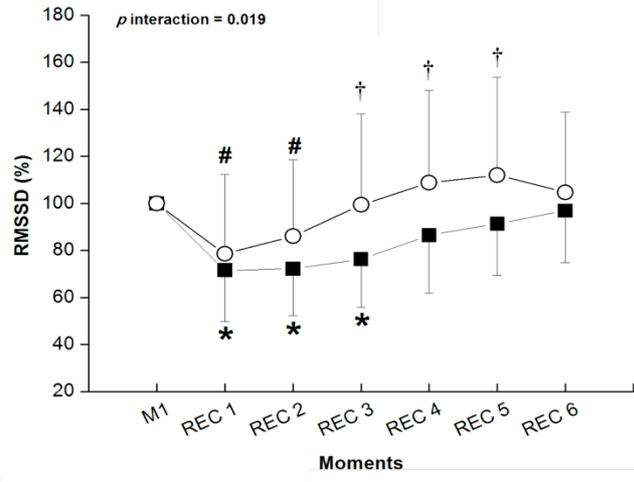
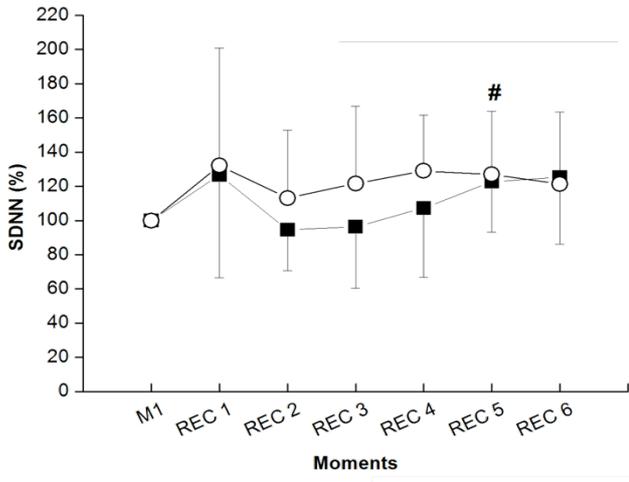
1. Bouzas-Mosquera MC, Bouzas-Mosquera A, Peteiro J. Excessive blood pressure increase with exercise and risk of all-cause mortality and cardiac events. *Eur J Clin Invest.* 2016;46(10):833–9.
2. Marzolini S, Oh PI, Thomas SG, Goodman JM. Aerobic and resistance training in coronary disease: Single versus multiple sets. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(9):1557–64.
3. Volaklis KA, Spassis AT, Tokmakidis SP. Land versus water exercise in patients with coronary artery disease: effects on body composition, blood lipids, and physical fitness. *Am Heart J.* 2007;154(3):561–6.
4. Jurczak I, Jurczak K. The effects of controlled physical training on peripheral circulation following interventional treatment of coronary artery disease. *Adv Clin Exp Med.* 2016;25(5):851–9.
5. Tamburus NY, Paula RFL, Kunz VC, César MC, Moreno MA, Silva E. Interval training based on ventilatory anaerobic threshold increases cardiac vagal modulation and decreases high-sensitivity c-reactive protein: Randomized clinical trial in coronary artery disease. *Brazilian J Phys Ther.* 2015;19(6):441–50.
6. Sperling MPR, Simões RP, Caruso FCR, Mendes RG, Arena R, Borghi-Silva A. Is heart rate variability a feasible method to determine anaerobic threshold in progressive resistance exercise in coronary artery disease? *Brazilian J Phys Ther.* 2016;20(4):1–9.
7. Nolan RP, Jong P, Barry-Bianchi SM, Tanaka TH, Floras JS. Effects of drug, biobehavioral and exercise therapies on heart rate variability in coronary artery disease: a systematic review. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2008;15(4):386–96.
8. Trangmar SJ, González-alonso J. New Insights Into the Impact of Dehydration on Blood Flow and Metabolism During Exercise. *Exerc Sport Sci Rev.* 2017;45(3):146–53.
9. Maughan RJ, Shirreffs SM. Dehydration and rehydration in competitive sport. *Scand J Med Sci Sport.* 2010;20(3):40–7.
10. Charkoudian N, Joyner MJ, Johnson CP, Eisenach JH, Dietz NM, Wallin BG. Balance between cardiac output and sympathetic nerve activity in resting humans: role in arterial pressure regulation. *J Physiol.* 2005;568(Pt 1):315–21.
11. Castro-Sepulveda M, Cerda-Kohler H, Perez-Luco C, Monsalves M, Andrade DC,

- Zbinden-Foncea H, et al. Hydration status after exercise affect resting metabolic rate and heart rate variability. *Nutr Hosp.* 2015;31(3):1273–7.
12. Carter R, Chevront SN, Wray DW, Kolka MA, Stephenson LA, Sawka MN. The influence of hydration status on heart rate variability after exercise heat stress. *J Therm Biol.* 2005;30(7):495–502.
 13. Vanderlei FM, Moreno IL, Vanderlei LC, Pastre CM, Abreu LC, Ferreira C. Comparison of the Effect of Hydration With Water or Isotonic Solution on the Recovery of Cardiac Autonomic Modulation. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2015;25:145–53.
 14. Moreno IL, Vanderlei LCM, Vanderlei FM, Pastre CM, Abreu LC, Ferreira C. Effects of water ingestion throughout exercise and recovery on cardiac autonomic modulation during and after exercise. *Mot Rev Educ Física.* 2016;22:174–82.
 15. Routledge HC, Chowdhary S, Coote JH, Townend JN. Cardiac vagal response to water ingestion in normal human subjects. *Clin Sci.* 2002;103:157–62.
 16. Brown CM, Barberini L, Dulloo AG, Montani J-P. Cardiovascular responses to water drinking: does osmolality play a role? *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2005;289(6):R1687-92.
 17. Tomlin D, Tomlin DL, Wenger HA. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sport Med.* 2001;31(1):1–11.
 18. Martinmäki K, Rusko H. Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2008;102(3):353–60.
 19. Vanhees L, Stevens A, Schepers D, Defoor J, Rademakers F, Fagard R. Determinants of the effects of physical training and of the complications requiring resuscitation during exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2004;11(4):304–12.
 20. Brito F. Stratification of the sudden cardiac death risk in patients with complex ventricular arrhythmias: current roles of ambulatory electrocardiography Holter system and exercise stress test. *Rev Soc Cardiol.* 2003;13:591–604.
 21. Caruso F, Arena R, Phillips S, JC B, Mendes R, Arakelian V, et al. Resistance exercise training improves heart rate variability and muscle performance: a randomized controlled trial in coronary artery disease patients. *Eur J Rehabil Med.* 2015;51(3):281–9.
 22. Cozza IC, Sacco TH, Mazon H, Salgado MCO, Dutra SG V, Casarino EJ, et al. Physical exercise improves cardiac autonomic modulation in hypertensive patients independently of angiotensin-converting enzyme inhibitor treatment. *Hypertens Res.* 2012;82–7.
 23. Carnethon MR, Liao D, Evans GW, Cascio WE, Chambless LE, Heiss G. Correlates of the shift in heart rate variability with an active postural change in a healthy population sample: The Atherosclerosis Risk In Communities Study. *Am Heart J.* 2002;143(5):808–13.
 24. Pecyna MB. The level of intelligence and heart rate variability in men after myocardial infarction. *J Physiol Pharmacol.* 2006;57(4):283–7.
 25. Acharya UR, Joseph KP, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart rate variability: A

- review. *Med Biol Eng Comput.* 2006;44(12):1031–51.
26. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sport Med.* 2003;33(12):889–919.
 27. Shi P, Hu S, Yu H. Recovery of heart rate variability after treadmill exercise analyzed by lagged Poincaré plot and spectral characteristics. *Med Biol Eng Comput.* 2017;56(2):221–31.
 28. Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-aho PO, Karjalainen PA. Kubios HRV - Heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed.* 2014;113(1):210–20.
 29. Vanderlei LCM, Pastre CM, Freitas Júnior IF, Godoy MF. Índices geométricos de variabilidade da frequência cardíaca em crianças obesas e eutróficas. *Arq Bras Cardiol.* 2010;95(1):35–40.
 30. Giacon TR, Vanderlei FM, Silva AKF, Silva NT, Valenti VE, Vanderlei LCM. Influence of diabetes on autonomic function in children: Analysis through the geometric indices. *J Hum Growth Dev.* 2016;26(1):81–7.
 31. Barbosa MPCR, Silva AKF, Bernardo AFB, Souza NM, Neto Junior J, Pastre CM, et al. Influence of resistance training on cardiac autonomic modulation: literature review. *Med Express.* 2014;1(5):284–8.
 32. Santos AA, Vitor ALR, Bragatto VS, Santos AP, Ramos EM, Vanderlei LC. Can geometric indices of heart rate variability predict improvement in autonomic modulation after resistance training in chronic obstructive pulmonary disease? *Clin Physiol Funct Imaging.* 2017;37(2):124–30.
 33. Buccelletti F, Gilardi E, Scaini E, Galiuto L, Persiani R, Biondi A, et al. Heart rate variability and myocardial infarction: Systematic literature review and metanalysis Heart rate variability and myocardial infarction: systematic literature review and metanalysis. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2009;13:299–307.
 34. Moreno IL, Pastre CM, Ferreira C, Abreu LC, Valenti VE, Vanderlei LCM. Effects of an isotonic beverage on autonomic regulation during and after exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2013;10(1):1–10.
 35. Godoy MF, Takakura IT, Correa PR. The relevance of nonlinear dynamic analysis (Chaos Theory) to predict morbidity and mortality in patients undergoing surgical myocardial revascularization. *Arq em Ciência da Saúde.* 2005;12(4):167–71.
 36. Meneghelo R, Araújo C, Stein R, Mastrocolla L, Albuquerque P, Serra S, et al. III Diretrizes da sociedade brasileira de cardiologia sobre teste ergométrico. III Diretrizes da Sociedade Bras Cardiol sobre Teste Ergométrico *Arq Bras Cardiol.* 2010;95(5 supl.1):1–26.
 37. Thompson P. ACSM's Guidelines For Exercise Testing and Prescription. *Guidelines For Exercise Testing and Prescription.* 2016. 1-644 p.
 38. Cabral-Santos C, Gerosa-Neto J, Inoue DS, Panissa VLG, Gobbo LA, Zagatto AM, et al. Similar anti-inflammatory acute responses from moderate-intensity continuous and high-intensity intermittent exercise. *J Sport Sci Med.* 2015;14(4):849–56.
 39. Convertino VA, Armstrong LE, Coyle EF, Mack GW, Sawka MN, Senay LC, et al. ACSM Position Stand: Exercise and Fluid Replacement. *Med Sci Sport Exerc.* 1996;28(10):1–9.

40. Hernandez AJ, Nahas RM. Dietary changes, water replacement, food supplements and drugs: evidence of ergogenic action and potential health risks. *Rev Bras Med do Esporte*. 2009;15(3):3–12.
41. Von Duvillard SP, Braun WA, Markofski M, Beneke R, Leithäuser R. Fluids and hydration in prolonged endurance performance. *Nutrition*. 2004;20(7–8):651–6.
42. Armstrong L. Hydration assessment techniques. *Nutr Rev*. 2005;63(6 Pt 2):40–54.
43. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(2):377–90.
44. Tarvainen MP, Niskanen J-P, Lipponen J a, Ranta-aho PO, Karjalainen P. Kubios HRV - A software for advanced heart rate variability analysis. 4th Eur Conf Int Fed Med Biol Eng. 2009;22(3):1022–5.
45. Silva SAF, Guida HL, SantosAntônio AM, Vanderlei LCM, Ferreira LL, Abreu LC, et al. Auditory stimulation with music influences the geometric indices of heart rate variability in men. *Int Arch Med*. 2014;7:27.
46. Abreu L. Heart rate variability as a functional marker of development. *J Hum Growth Dev*. 2012;22:279–81.
47. Brunetto AF, Silva BM, Roseguini BT, Hirai DM, Guedes DP. Ventilatory threshold and heart rate variability in adolescents. *Rev Bras Med*. 2005;11(1):28–33.
48. Carvalho T, Pastre C, Rossi R, Abreu L, Valenti V, Vanderlei L. Geometric index of heart rate variability in chronic obstructive pulmonary disease. *Rev Port Pneumol*. 2011;17(6):260–5.
49. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi A, Dias T, Fernandes M. Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. *Rev Bras Circ Cardiovasc*. 2009;24(2):205–17.
50. Sawka MN, Cheuvront SN, Kenefick RW. Hypohydration and Human Performance : Impact of Environment and Physiological Mechanisms. *Sport Med*. 2015;45(1):51–60.
51. Cheuvront SN, Carter III R, Montain SJ, Stephenson LA, Sawka MN. Influence of hydration and airflow on thermoregulatory control in the heat. *J Therm Biol*. 2004;29:471–7.
52. Kenefick R, Cheuvront S, Montain S, Carter R, Sawka M. Human water and electrolyte balance. In: *Physiologic Systems and Their Responses to Conditions of Heat and Cold*. 2012. p. 493–505.
53. Yun AJ, Lee PY, Bazar KA. Clinical benefits of hydration and volume expansion in a wide range of illnesses may be attributable to reduction of sympatho-vagal ratio. *Med Hypotheses*. 2005;64:646–50.
54. Peçanha T, Paula-ribeiro M, Campana-rezende E, Bartels R, Roberto J, Lima P De. Water Intake Accelerates Parasympathetic Reactivation After High-Intensity Exercise. *Int J Sport Exerc Metab*. 2014;489–96.
55. Teixeira AL, Ramos PS, Marins JB, Ricardo DR, Hospital M, Jesus T De, et al. The Role of Water Intake on Cardiac Vagal Reactivation after Upper-body Resistance Exercise. *Int J Sport Med*. 2015;36:204–8.

■ Control ○ Hydration



}

Manuscrito 4

Título: Ingestão de água durante o exercício é capaz de acelerar a recuperação da modulação autonômica imediatamente após uma sessão de reabilitação cardiovascular em coronariopatas: ensaio clínico crossover

Título curto: Ingestão de água durante exercício e recuperação autonômica: ensaio clínico crossover

Autores: Maria Júlia Lopez Laurino¹, Anne Kastelianne França da Silva*¹, Lorena Altafin Santos¹, Felipe Ribeiro¹, Laís Manata Vanzella¹, Dayane Andrade Genoni Corazza¹ and Luiz Carlos Marques Vanderlei¹

Afiliação: ¹ Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

***Autor Correspondente**

Anne Kastelianne França da Silva
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305. CEP: 19060-900.
Presidente Prudente – São Paulo – Brasil
Telefone: +55 18 3229-5819; Fax: +55 18 3223-4519
E-mail:anne_franca@hotmail.com

Resumo

Introdução: Coronariopatas apresentam pior recuperação (REC) pós-exercício e a hidratação se mostra uma técnica capaz de otimizar a REC, porém, sua eficácia foi estudada apenas em populações saudáveis. **Objetivo:** Investigar a influência da hidratação no comportamento autonômico de coronariopatas no período imediato de REC de uma sessão de reabilitação cardiovascular (RC). **Métodos:** 28 homens com coronariopatia isquêmica e frequentadores de RC foram submetidos ao seguinte procedimento experimental: I) Teste de esforço máximo; II) Protocolo controle (PC; repouso inicial, aquecimento, exercício em esteira (60-80% VO₂pico ou limiar anaeróbio) e REC); III) Protocolo hidratação (PH) semelhante ao PC, porém com consumo de água em quantidade equivalente ao Δ do peso corporal obtido no PC. Frequência cardíaca de recuperação (FCR) no 1° (FCR1) e 2° (FCR2) min, RMSSD de 30 seg avaliado durante os 30s finais do repouso (M1), exercício (M2) e os 2 min iniciais da REC subdivididos em janelas de 30s (M3, M4, M5, M6), e os índices RMSSD, SDNN, LF, HF e LF/HF foram usados para análise da REC. Foram também aplicadas escalas subjetivas de esforço (PSE), dor e recuperação (PSR) durante os protocolos. **Resultados:** Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os protocolos e na interação momento vs protocolo, contudo diferenças entre os momentos foram observadas. Para o RMSSD de 30s foram encontradas diferenças no PC para M1 vs M3, M4, M5 e M6 e no PH para M1 vs M3 e M4. Em relação ao exercício, observamos diferenças no PC para M2 vs M5 e M6 e no PH para M2 vs M3, M4, M5 e M6. Para as janelas de 5 min, foram encontradas diferenças entre REP vs REC1 para RMSSD, SDNN e HFms² em ambos os protocolos e para HF un, LFun e LF, HF apenas no PH. Entre REP vs REC2, observamos diferenças para RMSSD, LF un, HF un e LF/HF em ambos os protocolos. Já para FCR, houve diferença significativa para FCpico vs FCR1 e FCR2, no PC e PH. Em relação a PSE, diferenças para PSE inicial vs PSE no 15° e 35° min de exercício tanto no PC quanto no PH foram observadas. Para PSE inicial vs PSE na recuperação, para o PC houve diferença no 1° e 3° min de recuperação, já no PH no 1° min. A PSR foi a mesma independente do protocolo realizado e os voluntários não relataram dor durante o procedimento experimental. **Conclusão:** A hidratação durante o exercício físico foi capaz de acelerar a reentrada vagal e influenciar positivamente a REC da frequência cardíaca e da PSE de indivíduos coronariopatas no período imediato de REC após uma sessão de RC.

Palavras-chave: Hidratação; Exercício; Sistema Nervoso Autônomo; Recuperação; Doenças Cardiovasculares; Frequência Cardíaca.

Introdução

Indivíduos com doenças cardiovasculares (DCV), quando comparados à populações saudáveis, apresentam prejuízo da atividade autonômica, que se caracteriza pela diminuição da atividade vagal e aumento da atividade simpática sobre o coração, o que sobrecarrega o miocárdio e eleva seu consumo de oxigênio, aumentando o risco de ocorrência de eventos isquêmicos¹.

Essas alterações autonômicas podem ser identificadas por meio da análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC)^{2,3}, um método não invasivo capaz de expressar a atuação do sistema nervoso autônomo (SNA) sobre o coração⁴. Ainda, nesses indivíduos a VFC encontra-se diminuída^{2,3}, o que afeta negativamente o prognóstico clínico desses pacientes^{5,6}.

Uma alternativa para minimizar os efeitos dessas doenças, é a inserção dessa população em programas de reabilitação cardiovascular (PRC), visto que o exercício físico promove alterações benéficas no sistema nervoso autônomo, como modificações positivas no balanço simpático-vagal^{7,8}, que são capazes de prevenir eventos cardiovasculares⁹.

Nessa população, o momento pós exercício, também denominado de recuperação, é considerado de extrema importância, pois nesse período ocorre redução da frequência cardíaca (FC), cujo mecanismo se dá pela reativação vagal e diminuição da estimulação simpática^{10,11}. Em cardiopatas essa redução é apontada como mais lenta¹¹ devido à hiperatividade simpática presente nessa população, que retarda a reentrada vagal e, conseqüentemente, a redução da FC¹².

Dessa forma, o trabalho cardíaco e o consumo de oxigênio do miocárdio permanecem elevados por mais tempo, o que favorece o aparecimento de eventos súbitos durante esse período^{11,13}, além de contribuir para um pior prognóstico¹⁴. Tendo em vista a disfunção autonômica presente nessa população e o risco que o período de recuperação representa para

os mesmos^{5,6,11,13,14}, estudar estratégias que promovam recuperação mais eficiente do SNA de indivíduos com DCV submetidos a exercício físico é fundamental.

Diferentes técnicas, são apontadas na literatura como alternativa para acelerar a recuperação após o exercício físico em jovens saudáveis¹⁵⁻²⁰. Dentre elas, a reposição hídrica tem sido sugerida como uma alternativa capaz de acelerar a recuperação da FC e da modulação autonômica após o exercício físico em jovens saudáveis^{16,20}, uma vez que o exercício físico pode promover perda de líquidos por meio da transpiração²¹, o que influencia de forma negativa o SNA^{13,22} e afeta diretamente os mecanismos barorreflexos, o que ocasiona a lenta recuperação da FC imediatamente após o exercício²³ e aumenta o risco de eventos súbitos nesse período¹³.

Tendo em vista que essa técnica foi investigada apenas em populações saudáveis^{16,20}, destaca-se a importância de estudá-la em indivíduos com DCV, pois se essa técnica se mostrar eficaz na recuperação desses indivíduos, que já apresentam um período de recuperação mais lento em função de sua doença, ela pode ser facilmente implementada em PRC como estratégia para diminuição do risco após exercício, abrindo um importante campo de estudo na prática clínica, que poderá influenciar nas estratégias utilizadas nesses programas.

Considerando esses aspectos, esse estudo teve por objetivo investigar a influência da hidratação no comportamento autonômico de coronariopatas, por meio da Frequência Cardíaca de Recuperação (FCR) e da VFC, no período imediato de recuperação de uma sessão de reabilitação cardiovascular e ainda sua influência nas percepções subjetivas de esforço, dor e recuperação. Hipotetizamos que a reposição hídrica aplicada durante a realização de uma sessão de reabilitação cardíaca, promova uma recuperação mais rápida da FCR e da modulação autonômica, que serão acompanhadas de melhoras no grau de percepção de esforço, dor e recuperação.

Métodos

População

Este estudo é caracterizado como um ensaio clínico não-randomizado e aberto, no qual foram analisados homens participantes de um PRC com diagnóstico de coronariopatia isquêmica, com função ventricular esquerda preservada e fração de ejeção acima de 50%, confirmado por seu último ecocardiograma.

Não foram incluídos no estudo os voluntários etilistas, tabagistas, aqueles que frequentavam o PRC a menos de 3 meses prévios a coleta de dados, que possuíam doenças respiratórias conhecidas que pudessem interferir no controle autonômico cardíaco, angina instável, hipertensão não controlada, doença valvular significativa, doença metabólica descontrolada e presença de problemas ortopédicos e/ou neurológicos que pudessem impedir a realização do protocolo. Foram excluídos aqueles que apresentaram respostas hemodinâmicas anormais durante o exercício²⁴, isquemia do miocárdio e/ou arritmias ventriculares graves durante o teste de esforço, séries de intervalos RR com menos de 95% de batimentos sinusais²⁵ e aqueles que não participaram de pelo menos uma etapa do protocolo.

O cálculo amostral foi realizado pelo software *online* contido no site <http://www.lee.dante.br/> considerando-se como variável o índice RMSSD. A magnitude de diferença significativa assumida foi de 12 ms, considerando um desvio padrão de 16 ms²⁶, com risco alfa de 5% e beta de 80%, o tamanho amostral resultou em 28 voluntários. Considerando-se possíveis perdas amostrais, acrescentamos 10% ao tamanho amostral calculado, totalizando 31 voluntários.

Aspectos éticos

Todos os procedimentos utilizados no estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP (CAAE:

54864716.8.0000.5402), seguiram a Declaração de Helsinki e foram registrados no Clinicaltrials.gov (NCT 03198806). Os voluntários foram devidamente informados sobre os procedimentos e objetivos deste estudo e, após concordarem, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, constituindo a amostra.

Procedimnto experimental

O procedimento experimental foi dividido em três etapas realizadas em esteira rolante e com intervalo mínimo de 48 horas entre elas, a fim de permitir a recuperação dos voluntários. As etapas foram as seguintes:

I) Teste de esforço máximo: realizado para determinação do consumo de oxigênio pico para definição das cargas utilizadas nos protocolos seguintes e para avaliar as condições durante o exercício de acordo com os critérios de exclusão do estudo;

II) Protocolo controle (PC): composto por 10 minutos de repouso em pé, seguido por 15 minutos de aquecimento composto por alongamentos e exercícios globais, 40 minutos de exercício físico em esteira e 10 minutos de recuperação passiva com o voluntário em pé na esteira;

III) Protocolo Hidratação (PH): composto por atividades iguais às do PC, porém com o acréscimo de ingestão de água mineral (Bonafont, Brasil) durante o exercício em esteira.

Em todas as etapas realizadas, os voluntários foram orientados a não consumirem substâncias estimulantes, tais como café, chás e achocolatados, por 24 horas antes da realização da etapa, a consumirem refeição leve duas horas antes, a estarem trajados com roupas adequadas e confortáveis ao esforço físico e a manterem sua prática habitual de atividades física durante o desenvolvimento do estudo, porém a evitarem esforços físicos vigorosos no dia anterior a cada etapa.

Teste de esforço máximo

Para definição da carga de exercício utilizada nos protocolos, os voluntários foram submetidos a um teste de esforço máximo realizado em esteira ergométrica (*Super ATL*, Inbrasport, Brasil), utilizando-se do protocolo máximo de Bruce²⁷.

O teste foi composto por um período inicial de repouso na esteira para a estabilização dos sinais vitais, em 5 minutos de aquecimento a 2,5 km/h, seguido do protocolo de Bruce, que consiste no incremento progressivo da carga de trabalho por meio de inclinação e velocidade da esteira a cada 3 minutos. A fim de se obter um esforço máximo foi utilizado incentivo verbal. Os voluntários foram continuamente monitorados durante todo o teste por meio de um eletrocardiograma (Active, Ecafix, Brasil) e foram acompanhados por um médico. O teste foi interrompido mediante exaustão voluntária e/ou presença de sinais de isquemia e/ou arritmias graves, como determinado nos critérios de exclusão.

Para determinação do consumo de oxigênio (VO₂), foram analisados os gases expirados em um sistema comercial Quark PFT (Cosmed, Rome, Italy)²⁸, calibrado com volumes e gases de concentração conhecidos. A carga utilizada no PC e PH foi de 60% a 80% do valor da FC máxima atingida no limiar anaeróbio (LA) ou no VO₂pico (maior valor de VO₂ atingido durante o teste), para aqueles que não atingiram o LA durante o teste.

Protocolo controle e hidratação

O PC e PH foram realizados entre 13:30 e 18:00 horas para evitar a variação circadiana. Antes da chegada dos voluntários, foi realizado o controle da temperatura ambiente (entre 21°C e 23° C), umidade (entre 40 e 60%) e a preparação dos equipamentos a serem utilizados. A fim de reduzir a ansiedade do voluntário durante os protocolos um pequeno número de pessoas circulou pelo local.

Antes do início dos protocolos foi coletada uma amostra de urina e mensurados peso, por meio de uma balança digital (Plenna, TIN 00139 MAXIMA, Brasil) e altura, por meio de um estadiômetro (Sanny, ES 2020, Brasil). Além disso, foi acoplado nos voluntários um cardiofrequencímetro (Polar Electro, Kempele, Finland) para registro da frequência cardíaca batimento a batimento.

Após esses procedimentos, os voluntários permaneceram em pé durante 10 minutos, em seguida foi mensurada a temperatura axilar, utilizando um termômetro (BD Thermofácil, China) e então os voluntários realizaram 15 minutos de aquecimento, composto por alongamentos e exercícios globais, 40 minutos de exercício físico em esteira e 10 minutos de recuperação passiva em pé na esteira. Ao fim da recuperação, a temperatura axilar foi novamente mensurada, os voluntários se enxugaram e coletaram uma nova amostra de urina, então o peso corporal foi novamente coletado e os voluntários foram liberados.

Durante o PH, a hidratação dos voluntários foi feita com água mineral sem gás (Bonafont, Brasil) a cada 10 minutos durante o exercício em esteira, logo a quantidade de líquido ingerida por cada voluntário foi dividida em quatro porções.

Condição de hidratação

Afim de garantir a condição de hidratação inicial, os voluntários foram orientados a consumirem 500 ml de água duas horas antes do início do PC e PH^{29,30}. A quantidade de líquido administrada durante o PH foi obtida por meio da diferença entre o peso corporal avaliado no início e ao final do PC. O uso dessa técnica implica que um grama de massa corporal perdida é equivalente a um mililitro de líquido perdido³¹. Desse modo, a perda de massa corporal de cada voluntário indica a quantidade de água que o mesmo deveria ingerir durante a exercício físico para se manter hidratado.

Além disso, a condição de hidratação dinâmica dos voluntários após a realização do PC e PH foi verificada por meio da análise urinária (Combur 10 M teste, Roche®, Brasil) e a densidade específica da urina foi utilizada como marcador de nível de hidratação³². Os voluntários que apresentaram densidade específica entre 1,013 a 1,029 foram considerados euidratados e aqueles com densidade específica acima de 1,030 desidratados³².

Desfechos

Percepção subjetiva de esforço, desconforto e recuperação

A Percepção subjetiva de esforço (PSE) foi avaliada pela escala desenvolvida por Borg³³, que compreende 15 pontos, variando de 6 (nenhum esforço em tudo) a 20 (esforço máximo) e é comumente utilizada na literatura para estimar a percepção de esforço de todo o corpo. Em razão da população estudada, a percepção subjetiva de desconforto foi utilizada com o objetivo de avaliar possível nível de desconforto percebido pelos participantes durante as etapas do protocolo, para isso foi utilizada a escala CR10 de Borg, composta por 10 pontos, que variam de 0 (absolutamente nada/sem dor) a 10 (extremamente forte/dor máxima).

A Percepção Subjetiva de Recuperação (PSR) foi avaliada por meio de uma escala de Likert de 10 pontos, onde 1 corresponde a nenhuma recuperação e 10 a totalmente recuperado³⁴. Para aplicação da escala o voluntário respondeu a pergunta: “De 1 a 10 pontos, como você classifica a sua percepção de recuperação para realizar o mesmo exercício novamente agora?”

Os voluntários se familiarizaram com as escalas previamente e, durante os protocolos, as escalas de PSE e CR10 de Borg foram apresentadas no 10º minuto do repouso inicial, no 15º e 35º minuto do exercício em esteira e no 1º, 3º, 5º, 7º e 10º minuto de recuperação junto com a escala de PSR.

Variabilidade da frequência cardíaca

A análise da VFC foi realizada a partir dos dados captados pelo cardiofrequencímetro Polar RS800CX (Polar Electro, Kempele, Finland). Para tal análise foi utilizado o índice RMSSD, que corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os intervalos RR no registro, dividido pelo número de intervalos RR em um tempo determinado menos um intervalo RR³⁵. Para este trabalho os intervalos analisados foram de 30 segundos (RMSSD de 30 segundos), como em outros estudos que avaliaram a reentrada vagal^{17,26,36} e de 5 minutos para a análise da recuperação do SNA^{16,18}.

Foram ainda avaliados, em trechos de 5 minutos, os índices SDNN no domínio do tempo⁴ e os índices LF e HF em unidades normalizadas (un) e em milissegundos ao quadrado (ms²) e a relação LF/HF no domínio da frequência⁴.

Para cálculo dos índices de VFC, a série temporal de intervalos RR foi inicialmente submetida a uma filtragem digital pelo *software Polar ProTrainer* (versão 5.0) e somente séries com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídas no estudo²⁵. Por meio da análise visual das séries temporais foi observada a ausência de artefatos ou arritmias cardíacas que pudessem interferir na análise da VFC e os índices foram obtidos por meio do *software Kubios HRV* – versão 2.0³⁷.

Foram selecionados séries de intervalos RR dos últimos 30 segundos do repouso inicial (M1), dos 30 segundos finais do exercício (M2) e dos 2 minutos iniciais da recuperação, imediatamente após a interrupção do exercício, subdivididos em 4 janelas de 30 segundos (M3, M4, M5 e M6) a fim de comparar os momentos e avaliar a reentrada vagal, como observados nos estudos de Imai et al.¹¹ e Goldberger et al.³⁸. Ainda, foram selecionados também séries de intervalos RR dos últimos 5 minutos do repouso inicial (REP) e duas janelas de 5 minutos denominadas de REC1 (0 ao 5º minute de recuperação) e REC2 (5º ao 10º minuto de recuperação)^{16,18} para cálculo dos outros índices de VFC.

Frequencia cardiaca de recuperação

O período de recuperação foi definido como o instante imediato após a execução do exercício^{39,40}. Para determinar a FCR a FC foi mensurada em três momentos: FC obtida no pico do esforço (FCpico), FC no primeiro minuto (FC1) inicial do período de recuperação e FC no segundo minuto da recuperação (FC2)⁴¹.

O valor da FCpico foi definido a partir da média de 5 intervalos RR. Foram somados 2 valores antes e após a FCpico e em seguida foi feito a média aritmética para determinar o valor da FCpico^{40,42}. Para os valores de FC1 e FC2 o mesmo procedimento foi realizado. O valor da FCR foi definido a partir da diferença entre FCpico e FC1 (FCpico – FC1 = FCR1) e entre FCpico e FC2 (FCpico – FC2 = FCR2)²⁶.

Análise estatística

Para análise dos dados do perfil da população utilizamos estatística descritiva e os resultados foram apresentados com valores totais, médias, desvios-padrão e valores mínimo e máximo.

A normalidade dos dados foi determinada pelo teste Shapiro-Wilk. Para as variáveis massa corporal e temperatura corporal, a comparação entre os momentos do mesmo protocolo foi realizada por meio do teste t de Student para dados pareados com distribuição normal ou teste de Wilcoxon para dados com distribuição não normal. Já para a análise entre os protocolos foi utilizado teste t de Student para dados não pareados com distribuição normal ou teste de Mann Whitney em dados não normais.

As comparações da FCR, índices de VFC e PSE, PSR e CR10 entre protocolos (PC vs PH) e momentos foram feitas por meio da análise da variância para modelo de medidas repetidas no esquema de dois fatores, que foram checados para violação de

esfericidade usando o teste de Mauchly's e a correção de Greenhouse-Geisser foi utilizada quando a esfericidade for violada.

Para análise dos momentos foi utilizado pós-teste de Bonferroni para distribuição paramétrica ou pós-teste de Dunnett para distribuição não paramétrica e a análise dos diferentes momentos entre os grupos foi feita por meio do teste t de Student para dados não pareados com distribuição normal ou teste de Mann Whitney para dados não normais.

A significância estatística adotada foi fixada em 5%. As análises foram realizadas utilizando-se o software comercial IBM SPSS Statistics - versão 22.0 (IBM Corp, Armonk, New York).

Resultados

Participaram desse estudo 31 indivíduos (figura 1) Após a finalização das etapas do protocolo, um voluntário foi excluído das análises por apresentar série de intervalos RR com menos de 95% de batimentos sinuais²⁵, e dois por não participarem de todas as etapas do estudo, totalizando 28 indivíduos analisados, cujos dados de caracterização estão presentes na tabela 1.

Os dados de massa corporal, temperatura axilar e densidade específica da urina podem ser visualizado na Tabela 2. Para a variável massa corporal, houve redução estatisticamente significativa do peso corporal ao final do PC, o que não foi observado no PH. Em relação a temperatura axilar, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os protocolos e momentos. A densidade específica da urina avaliada no momento inicial e final não apresentou diferença estatisticamente significativa intra e inter protocolos.

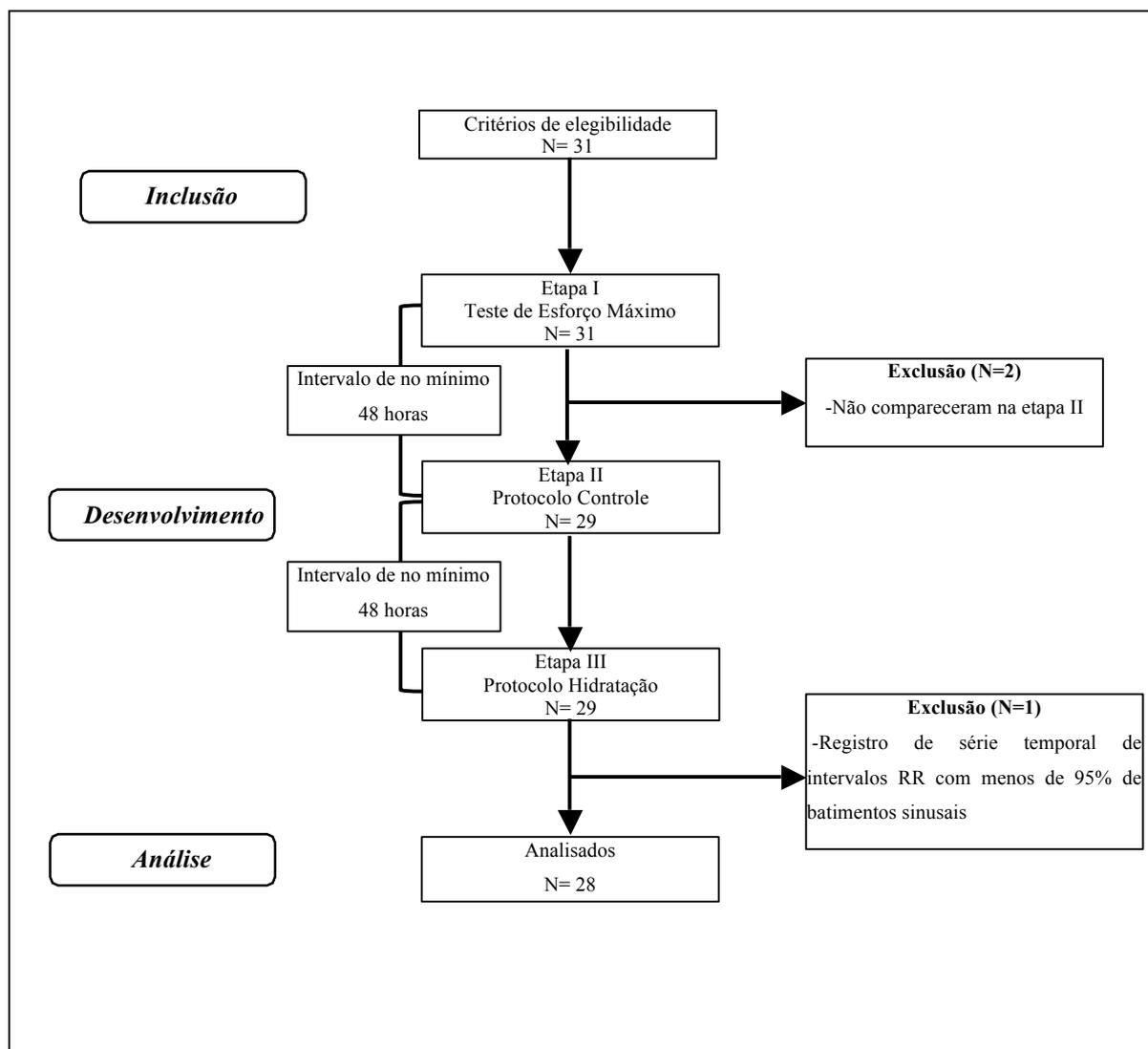


Figura 1. Desenho do protocolo e fluxograma de perdas.

Tabela 01. Caracterização da amostra (N=29).

| Variável | Média ± DP | Mínimo | Máximo |
|--|-------------------|--------------------|---------------|
| Idade (anos) | 63,61 ± 8,48 | 45,00 | 83,00 |
| Peso (kg) | 80,42 ± 12,94 | 58,00 | 108,50 |
| Altura (m) | 1,71 ± 0,05 | 1,58 | 1,81 |
| IMC (kg/m²) | 27,44 ± 4,25 | 20,62 | 39,37 |
| PAS (mmHg) | 120,36 ± 8,38 | 110,00 | 150,00 |
| PAD (mmHg) | 77,50 ± 8,44 | 60,00 | 100,00 |
| FC (bpm) | 72,50 ± 11,64 | 55,00 | 96,00 |
| VO₂pico (ml/min/kg) | 26,10 ± 5,27 | 14,28 | 37,27 |
| Carga (km/h) | 4,92 ± 0,69 | 3,30 | 6,00 |
| FC máxima (bpm) | 141,57 ± 20,70 | 103,00 | 173,00 |
| Período de tto (anos) | 3,27 ± 3,33 | 0,27 | 11,98 |
| <u>Fatores de Risco N(%)</u> | | | |
| Diabetes | | 11 (39,30%) | |
| Dislipidemia | | 18 (64,30%) | |
| Ex-Tabagista | | 15 (53,60%) | |
| Hipertensão Arterial | | 25 (89,30%) | |
| Histórico Familiar | | 20 (71,40%) | |
| Obesidade | | 5 (17,90%) | |
| <u>Medicamentos N(%)</u> | | | |
| Anticoagulante | | 22 (78,60%) | |
| ARA II | | 10 (35,70%) | |
| Bloqueador do canal de Ca ⁺ | | 8 (28,60%) | |
| Bloqueador do canal de K ⁺ | | 1 (3,60%) | |
| Betabloqueador | | 18 (64,30%) | |
| Diurético | | 7 (25,00%) | |
| Estatinas | | 23 (82,10%) | |
| Hipoglicemiantes | | 7 (25,00%) | |
| IECA | | 5 (17,90%) | |
| Outros | | 8 (28,60%) | |
| Vasodilatador | | 2 (7,10%) | |

Legenda: Kg = quilogramas; m = metros; Kg/m² = quilograma/metro²; mmHg = milímetros de mercúrio; bpm = batimentos por minuto; ml/min/kg = mililitro/minuto/quilograma; km/h = quilômetro/hora; IMC = índice de massa corporal; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; VO₂pico = consumo pico de oxigênio; tto = tratamento; ARA II= Antagonistas do receptor da angiotensina II; IECA= Inibidores da enzima de conversão da angiotensina; Ca⁺= Cálcio; K⁺= Potássio.

Tabela 2: Caracterização dos voluntários em relação a massa corporal e temperatura axilar antes e após a realização dos protocolos.

| Variáveis | Momentos | PC | PH |
|-------------------------------|----------|--------------------------|-------------|
| Massa corporal (kg) | Inicial | 80,98±12,71 | 80,98±12,82 |
| | Final | 80,64±12,70 ^a | 80,97±12,80 |
| Temperatura axilar (°C) | Inicial | 35,20±0,54 | 35,02±0,74 |
| | Final | 34,90±0,97 | 34,82±0,98 |
| Densidade específica da urina | Inicial | 1,016±0,004 | 1,020±0,035 |
| | Final | 1,016±0,004 | 1,014±0,003 |

Legenda: Média±desvio-padrão; PC= Protocolo Controle; PH= Protocolo Hidratação; kg= kilograma; °C= graus Celsius; ^aDiferença entre a massa corporal inicial do protocolo controle; $p < 0,05$.

Os valores do índice RMSSD de 30 segundos no período imediato de recuperação em comparação ao momento de exercício, podem ser observados na figura 1A. Não foram observadas diferenças significantes entre os protocolos ($p_{\text{valor}} = 0,671$) e na interação momentos vs protocolos ($p_{\text{valor}} = 0,610$), contudo diferenças foram observadas entre os momentos da recuperação em relação ao momento do exercício ($p_{\text{valor}} < 0,001$). Para o PC diferenças significantes foram encontradas entre os momentos M2 (6,32±2,52) em comparação aos momentos M5 (10,27±5,42) e M6 (10,23±6,16). Em relação ao PH, as diferenças significantes foram encontradas para M2 (6,40±2,04) em comparação aos momentos M3 (8,71±3,20), M4 (9,31±3,94), M5 (10,13±4,68) e M6 (9,74±4,62).

Além disso, para as análises entre o repouso e as janelas de recuperação (figura 1B) não foram encontradas diferenças em relação aos protocolos ($p_{\text{valor}} = 0,791$), e na interação entre momentos e protocolos ($p_{\text{valor}} = 0,469$), porém foram observadas diferenças em relação aos momentos ($p_{\text{valor}} = 0,001$). No PC diferenças foram encontradas para o momento M1 (12,86±5,80) em comparação a M3 (7,71±3,36), M4 (8,74±3,73), M5 (10,27±5,42) e M6

($10,23 \pm 6,16$), enquanto que, para o PH houve diferença entre o momento M1 ($12,26 \pm 4,55$) em comparação aos momentos M3 ($8,71 \pm 3,20$) e M4 ($9,31 \pm 3,94$).

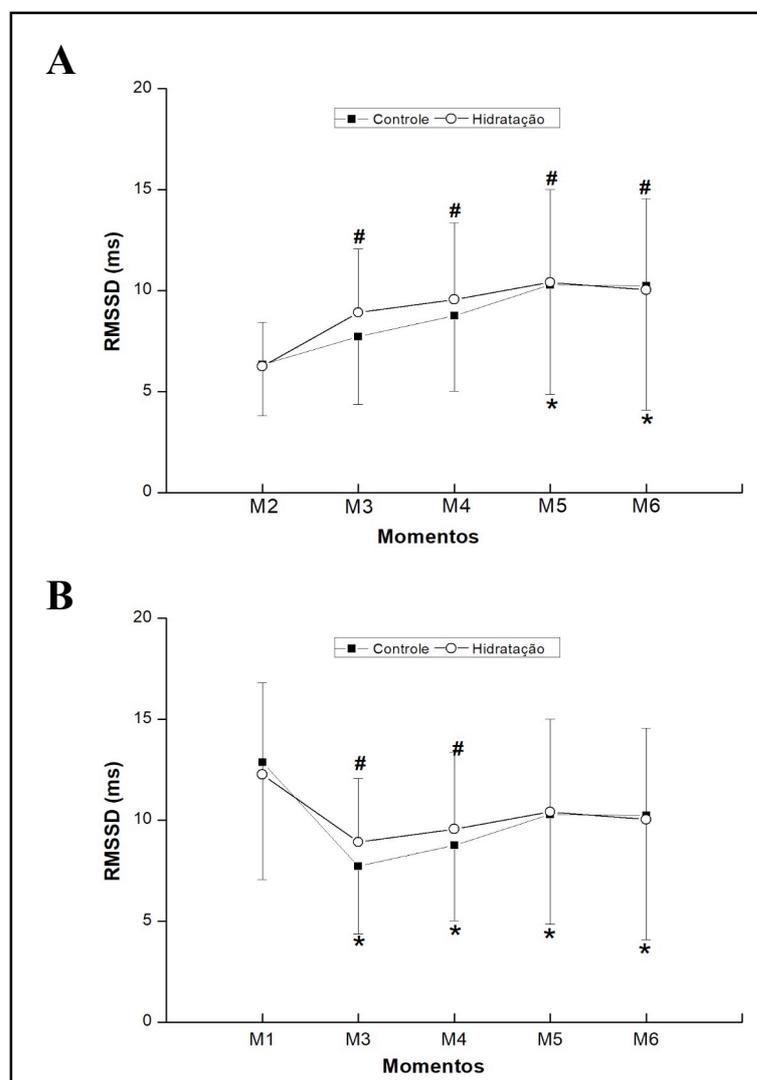


Figura 2: Comparação do índice RMSSD de 30 segundos para o momento exercício (1A) e repouso (1B) em relação aos momentos de recuperação dos protocolos controle e hidratação. Legenda: M1 = 30 segundos finais do repouso; M2 = 30 segundos finais do exercício; M3= 0-30 segundos, M4= 30-60 segundos, M5= 60-90 segundos, M6= 90-120 segundos de recuperação; *Diferença entre o exercício (A) / repouso (B) e recuperação do protocolo controle ($p < 0,05$); #Diferença entre o exercício (A) / repouso (B) e recuperação do protocolo hidratação ($p < 0,05$).

Os resultados obtidos para os índices SDNN, RMSSD, LF, HF e LF/HF, analisados em janelas de 5 minutos, estão expostos na Tabela 3. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os protocolos e na interação momento vs protocolo, porém podemos observar que nas comparações entre os momentos intra-protocolo diferenças significativas foram encontradas entre o repouso e momentos de recuperação para todos os índices, exceto LF ms². Nos primeiros 5 minutos de recuperação, observamos comportamento semelhante para os índices SDNN, RMSSD e HFms² em ambos os protocolos, com diferença significativa em relação ao repouso. Além disso, nesse momento, para os índices HF un, LF un e a relação LF/HF, observamos diferenças apenas no PH, com aumento da variabilidade global e redução da modulação parassimpática comparado ao repouso. Já no que se diz respeito aos últimos 5 minutos de recuperação, observa-se diferenças significativas para os índices RMSSD, LF u.n, HF u.n e LF/HF em ambos os protocolos em relação ao repouso.

Tabela 3: Comportamento dos índices da variabilidade da frequência cardíaca para as janelas de 5 minutos em ambos os protocolos

| Variável | Protocolo | REP | REC1 | REC2 |
|-----------------------|------------|---------------|--------------------------|--------------------------|
| SDNN | Controle | 29,31±10,88 | 38,88±13,34 ^a | 29,10±10,46 |
| | Hidratação | 31,43±11,94 | 40,18±12,26 ^a | 31,90±11,94 |
| RMSSD | Controle | 14,07±6,68 | 9,96±4,44 ^a | 10,73±4,50 ^b |
| | Hidratação | 14,91±6,35 | 10,94±4,09 ^a | 11,90±5,20 ^b |
| LF (ms ²) | Controle | 232,82±194,8 | 219,32±310,41 | 321,14±266,42 |
| | Hidratação | 244,78±194,33 | 299,53±274,67 | 361,32±341,09 |
| LF (un) | Controle | 78,27±16,47 | 84,71±8,27 | 87,27±10,75 ^b |
| | Hidratação | 75,31±18,00 | 85,37±9,56 ^a | 87,04±8,67 ^b |
| HF (ms ²) | Controle | 66,25±72,20 | 37,64±50,78 ^a | 32,93±28,20 |
| | Hidratação | 73,14±64,95 | 36,18±29,17 ^a | 43,68±48,17 |
| HF (un) | Controle | 21,66±16,45 | 15,23±8,23 | 12,66±10,70 ^b |
| | Hidratação | 24,57±17,94 | 14,57±9,48 ^a | 12,91±8,67 ^b |
| LF/HF | Controle | 6,22±4,68 | 7,46±5,05 | 14,22±17,72 ^b |
| | Hidratação | 5,45±4,57 | 9,90±7,99 ^a | 11,32±8,54 ^b |

Legenda: Média±desvio-padrão. ^aDiferença entre REP vs REC1; ^bDiferença entre REP vs REC2 (P<0,05); ms²= milissegundos ao quadrado; un= unidades normalizadas; REP= últimos 5 minutos do repouso inicial; REC1= primeiros 5 minutos da recuperação; REC2= 5º ao 10º minuto da recuperação.

Em relação a FCR (figura 2), não foram observadas diferenças significativas entre os protocolos ($p_{\text{valor}} = 0,307$) e na interação momentos vs protocolos ($p_{\text{valor}} = 0,398$), no entanto entre os momentos foram encontradas diferenças significativas ($p_{\text{valor}} = 0,001$) para ambos os protocolos. No PC foram encontradas diferenças para a FCpico (95,83±11,94) em comparação à FC1 (84,72±11,56; $p_{\text{valor}} < 0,001$) e FC2 (81,43±11,57; $p_{\text{valor}} < 0,001$). Além disso, também foram observadas diferenças entre FCR1 (11,11±6,57) e FCR2 (14,40±5,41; $p_{\text{valor}} < 0,0001$). No PH também houve diferenças significantes entre a FCpico (94,17±10,59) e

as FC1 ($80,98 \pm 10,11$; $p < 0,001$) e FC2 ($79,76 \pm 9,31$; $p < 0,001$), porém não houve diferença entre FCR1 ($13,18 \pm 8,02$) vs FCR2 ($14,41 \pm 6,60$; $p > 0,05$). Nas comparações de FCR1 e FCR2 entre os protocolos não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ($p_{\text{valor}} > 0,05$). Os valores de FCR1 e FCR2 estão expostos na tabela 4.

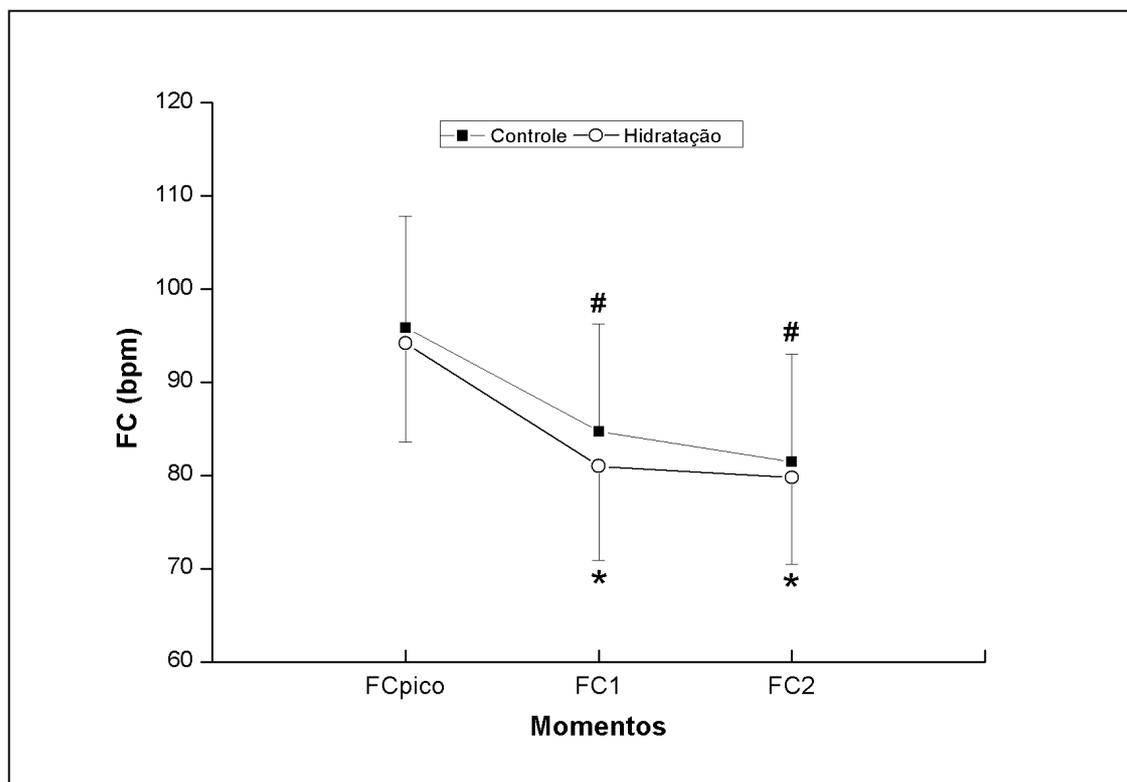


Figura 3: Valores médios e desvios-padrão da frequência cardíaca de recuperação em relação ao exercício e dois minutos de recuperação do protocolo controle e hidratação. Legenda: FCpico= frequência cardíaca pico; FC1= frequência cardíaca no primeiro minuto de recuperação; FC2= frequência cardíaca no segundo minuto de recuperação; *Diferença entre o exercício e recuperação do protocolo controle ($p < 0,05$); #Diferença entre o exercício e recuperação do protocolo hidratação ($p < 0,05$).

Tabela 04. Valores da frequência cardíaca de recuperação no primeiro e segundo minuto em ambos os protocolos

| Variável | Momentos | Controle | Hidratação |
|---------------------------|----------|--------------------|------------------|
| Frequência Cardíaca (bpm) | FCR1 | $11,12 \pm 6,57^a$ | $13,18 \pm 8,02$ |
| | FCR2 | $14,41 \pm 5,41$ | $14,41 \pm 6,05$ |

Legenda: Média±desvio-padrão. ^aDiferença entre FCR1 vs FCR2. bpm = batimentos por minuto; FCR1= frequência cardíaca de recuperação no primeiro minuto; FCR2= frequência cardíaca de recuperação no segundo minuto.

Quanto a PSE e PSR, também não foram observadas diferenças significativas entre os protocolos (PSE – $p_{\text{valor}} = 0,522$; PSR – $p_{\text{valor}} = 0,743$) e na interação momentos vs protocolos (PSE – $p_{\text{valor}} = 0,325$; PSR – $p_{\text{valor}} = 0,390$), contudo, para o momento diferenças foram observadas tanto para PSE ($p_{\text{valor}} = 0,001$) quanto para PSR ($p_{\text{valor}} = 0,001$).

Em relação à escala de PSE (figura 3B) maiores valores foram observados no PC para a percepção inicial ($6,03 \pm 0,19$) em comparação a percepção no 15º e 35º minuto de exercício ($9,57 \pm 2,47$ e $10,53 \pm 2,67$) e no 1º e 3º minuto de recuperação ($9,82 \pm 2,79$ e $8,71 \pm 2,31$). Para o PH também foram encontradas diferenças significantes entre a percepção inicial ($6,25 \pm 0,97$) e a relatada no 15º e no 35º minuto do exercício ($9,36 \pm 2,18$ e $9,89 \pm 2,33$) e no 1º minuto do período de recuperação ($9,28 \pm 2,79$).

Quando avaliada a PSR (figura 3A) houve diferença no PC entre o 1º minuto de recuperação ($6,18 \pm 2,16$) em comparação ao 5º ($8,43 \pm 1,60$); 7º ($9,00 \pm 1,33$) e 10º ($9,36 \pm 1,09$) minutos de recuperação. Resultado semelhante foi encontrado no PH para os mesmos momentos [1º minuto de recuperação ($6,64 \pm 2,48$) vs. 5º ($8,53 \pm 1,91$) 7º ($9,36 \pm 1,09$) e 10º ($9,82 \pm 0,55$) minutos de recuperação].

Vale destacar que nenhum dos voluntários relatou presença de desconforto durante os protocolos avaliada por meio da escala de CR10 de Borg.

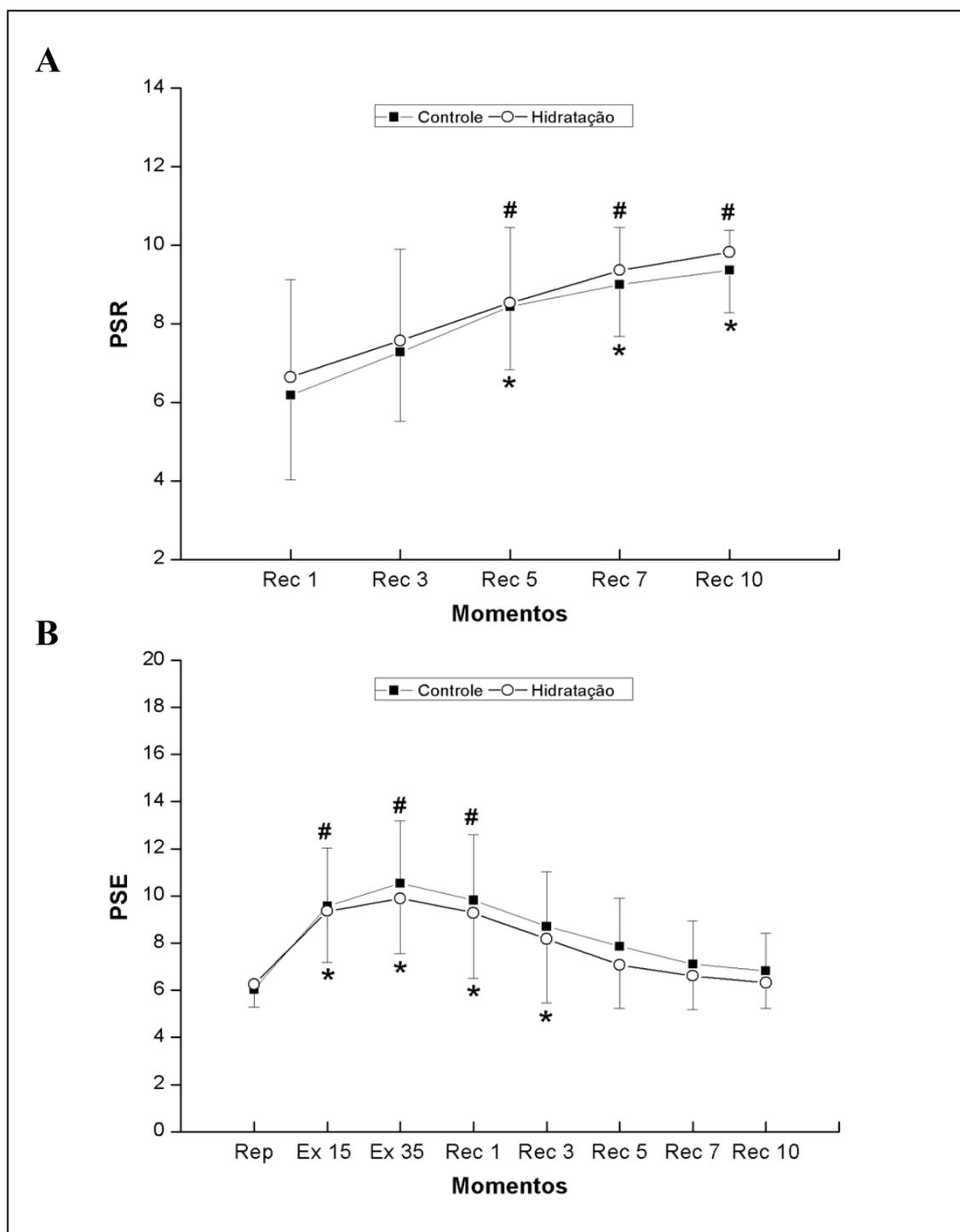


Figura 4: Valores médios e desvios-padrão das escalas de percepção subjetiva de recuperação (A) e de esforço (B) nos protocolos controle e hidratação. Legenda: Rec 1 = 1º minuto de recuperação; Rec 3 = 3º minuto de recuperação; Rec 5 = 5º minuto de recuperação; Rec 7 = 7º minuto de recuperação; Rec 10 = 10º minuto de recuperação; Rep = repouso inicial; Ex 15 = 15º minuto do exercício; Ex 35 = 35º minuto do exercício; PSR = percepção subjetiva de recuperação; PSE = percepção subjetiva de esforço. *Diferença entre Rec 1 e demais momentos da recuperação (A) / repouso e recuperação (B) do protocolo controle ($p < 0,05$); #Diferença entre Rec 1 e demais momentos da recuperação (A) / repouso e recuperação (B) o do protocolo hidratação ($p < 0,05$).

Discussão

A proposta do presente estudo foi investigar a influência da hidratação no comportamento autonômico de coronariopatas, no período imediato de recuperação de uma sessão de reabilitação cardiovascular e ainda, sua influência nas percepções subjetivas de esforço, dor e recuperação. Os resultados obtidos revelam que o protocolo de ingestão hídrica proposto, foi capaz de acelerar a reativação vagal e a recuperação da FC e promover melhor percepção de esforço pós exercício.

Sabe-se que os estados de hipohidratação e desidratação promovem o aumento linear da temperatura corporal⁴³, porém o protocolo de exercício proposto neste estudo não foi capaz de gerar modificações significativas tanto na temperatura axilar quanto na densidade específica da urina, em ambos os protocolos, demonstrando que o protocolo de exercício proposto e a oferta hídrica utilizada não promoveu alterações no estado de hidratação e temperatura corporal dos indivíduos.

Contudo, para o PC a variação da massa corporal ($0,345 \pm 0,121$) foi significativa, indicando que apesar de não termos observado mudanças na densidade específica da urina, o protocolo de exercício promoveu perda de massa corporal nesses indivíduos. Esse resultado nos mostra que apesar da perda de peso, o modelo de exercício proposto não promoveu desidratação nos voluntários. No PH, o consumo médio de água administrado foi de $0,345 \pm 0,121$ L sendo que a densidade específica da urina ($1,017 \pm 0,004$) e o peso corporal final, confirmam que o volume de água ingerido foi suficiente para manter o estado euidratado e evitar a perda de massa corporal dos voluntários^{32,44}.

Esse é o primeiro estudo que investigou a resposta vagal de coronariopatas imediatamente após uma sessão de RC. Nossos resultados demonstram que a ingestão hídrica

fracionada em quatro porções iguais durante a realização de uma sessão de RC com predomínio de exercício aeróbio de intensidade moderada, foi capaz de acelerar a reentrada vagal em indivíduos coronariopatas.

Esses resultados são inferidos com base na análise do índice RMSSD de 30 segundos, que é conhecido por ser um marcador da modulação parassimpática^{4,45} e demonstrou que no período de recuperação, em ambos os protocolos, houve retomada gradual da modulação vagal, o que já era esperado¹⁰. Contudo, no PH essa resposta foi observada nos primeiros 30 segundos que sucederam a interrupção do exercício físico, diferentemente do PC, cuja reentrada vagal foi observada após 1 minuto de recuperação. Esse resultado demonstra que a reposição hídrica durante uma sessão de RC foi capaz de acelerar a reentrada vagal de coronariopatas, corroborando com os resultados obtidos por estudos que avaliaram o efeito da hidratação na recuperação de indivíduos jovens saudáveis^{19,20,46}.

Nesses estudos^{19,46}, os autores observaram que jovens saudáveis submetidos a 30 minutos de exercício aeróbio a 80% da FC_{máx} e que foram hidratados com 500ml de água imediatamente após a realização do exercício, apresentaram uma reativação vagal mais rápida quando houve a reposição de líquidos.

A FCR também é capaz de demonstrar o comportamento da modulação parassimpática, pois a redução inicial da FC após o exercício ocorre em função da reativação vagal^{10,41,42}.

Apesar de não terem sido encontradas diferenças estatisticamente significantes para FCR1 entre os protocolos, durante o PH ocorreu uma maior queda da FC no primeiro minuto de recuperação [PC (11,11±6,57 bpm) vs PH (13,18±8,02 bpm)]. Além disso, é importante destacar que no PC a maior redução da FC ocorreu durante o segundo minuto de recuperação [FCR1 (11,11±6,57) vs FCR2 (14,40±5,41); $p < 0,0001$], evidenciando uma recuperação mais lenta da FC quando não há a reposição de líquidos.

Esses resultados associados aos obtidos pelo índice RMSSD de 30 segundos demonstram que ocorreu a aceleração da reentrada vagal em resposta a hidratação durante o exercício físico, o que pode ser importante para retirar os indivíduos da zona de maior risco de eventos cardiovasculares⁴².

Em relação aos outros índices da VFC analisados nos períodos de repouso e recuperação, em janelas de 5 minutos, o comportamento observado foi fisiológico e semelhante em ambos os protocolos. Porém, vale destacar que o índice SDNN, que representa a modulação autonômica global⁴, sofreu um aumento estatisticamente significativo nos primeiros 5 minutos de recuperação e nos 5 minutos seguintes voltou ao valor basal tanto no PC quanto no PH. Esse comportamento pode ser explicado pelo aumento da modulação parassimpática que ocorre nos momentos iniciais da recuperação¹⁰, que foi evidenciado neste estudo pelo RMSSD de 30 segundos.

Além disso, é importante destacar ainda que houve diferenças significantes entre o repouso e os momentos da recuperação para o índice RMSSD, em ambos os protocolos, demonstrando que a recuperação passiva em posição ortostática com duração de 10 minutos não foi suficiente para promover a recuperação total do sistema nervoso parassimpático, mesmo com o protocolo de hidratação realizado.

Em coronariopatas, a aceleração da reentrada vagal após o exercício físico é de grande importância clínica, visto que esses indivíduos apresentam alterações autonômicas¹ e têm uma recuperação menos eficiente após o exercício^{11,12}, o que aumenta o risco de ocorrência de eventos súbitos durante a recuperação, pois o trabalho cardíaco permanece elevado por um maior tempo^{13,14} e, além disso, a pior recuperação é um indicador do aumento no risco de mortalidade dessa população¹¹.

Do ponto de vista fisiológico, Vianna¹⁹ et al, baseando-se em estudos que avaliaram as respostas cardiovasculares e autonômicas após a ingestão hídrica em repouso⁴⁷⁻

⁵¹, sugeriram que o efeito benéfico da hidratação em relação a reentrada vagal ocorre devido o consumo de líquidos provocar o aumento da modulação simpática e uma consequente vasoconstrição⁴⁷, sendo assim, para evitar o aumento súbito dos valores de pressão arterial, o mecanismo reflexo de distensão gástrica⁴⁸ e a diminuição da osmolaridade sanguínea percebida pelos receptores presentes na circulação intestinal e portal^{49,50} são responsáveis pelo aumento da modulação parassimpática^{51,52}. Estudos posteriores que avaliaram a reentrada vagal após um protocolo de hidratação durante o exercício corroboraram com essa hipótese^{20,46}.

Em relação a escala de PSE os resultados mostraram que a reposição hídrica durante o exercício foi capaz de promover uma diminuição mais rápida da sensação de esforço após a exercício físico, visto que no PH essa recuperação ocorreu após um minuto da interrupção do exercício físico, enquanto no PC isso ocorreu apenas após o terceiro minuto. Essa diferença entre os protocolos corroboram com os resultados obtidos para a FCR, pois no PH houve uma redução mais rápida da FC após o exercício, o que pode ter favorecido a maior diminuição da PSE após esse mesmo protocolo, visto a relação direta existente entre a PSE e os valores de FC³³.

Apesar da redução mais rápida da PSE observada no PH, não houve diferenças entre os protocolos para a escala de PSR, que representa a percepção subjetiva de recuperação dos indivíduos para realizar o mesmo exercício novamente³⁴. Vale destacar também, que os indivíduos não relataram dor ou desconforto durante a execução dos protocolos.

Este estudo acrescenta como pontos fortes, além de ser o primeiro a investigar a influência da reposição de líquidos na recuperação autonômica imediata de indivíduos coronariopatas, o fato de ter utilizado como protocolo de exercício as atividades realizadas em uma sessão convencional de RC, facilita a sua utilização na prática clínica.

Vale destacar ainda, que o consumo médio de água administrado no PH foi de apenas $0,345 \pm 0,121$ L durante o exercício em esteira, indicando que mesmo uma quantidade pequena de água foi suficiente para repercutir positivamente na recuperação autonômica dos voluntários do estudo. Esse dado reforça a importância da implementação de estratégias de hidratação, como a do nosso estudo, em PRC.

Como limitações do estudo podem ser apontados a impossibilidade de controlar a alimentação dos voluntários, apesar dos voluntários terem sido orientados para manterem o mesmo padrão de refeição nos dias de avaliação, e a diminuição da temperatura axilar ao final de ambos os protocolos, o que acreditamos que esteja relacionado à transpiração da região e ao controle da temperatura do ambiente, por isso não foram observados aumentos nessa variável ao final do exercício, como em outros estudos.

Por outro lado, este estudo acrescenta como pontos fortes, além de ser o primeiro a investigar a influência da reposição de líquidos na recuperação autonômica imediata de indivíduos coronariopatas, o fato de ter utilizado como protocolo de exercício as atividades realizadas em uma sessão convencional de RC, facilita a sua utilização na prática clínica.

Vale destacar ainda, que o consumo médio de água administrado no PH foi de apenas $0,345 \pm 0,121$ L durante o exercício em esteira, indicando que mesmo uma quantidade pequena de água foi suficiente para repercutir positivamente na recuperação autonômica dos voluntários do estudo. Esse dado reforça a importância da implementação de estratégias de hidratação, como a do nosso estudo, em PRC.

A partir do exposto, podemos concluir que o protocolo de hidratação realizado foi capaz de acelerar a reentrada vagal e influenciar positivamente a recuperação da frequência cardíaca e da percepção subjetiva de esforço de indivíduos coronariopatas no período imediato de recuperação após uma sessão de reabilitação cardiovascular.

Diante desses resultados, entende-se como pertinente o desenvolvimento de estudos futuros que investiguem o efeito do consumo de outras estratégias de reposição de líquidos durante o exercício e ainda que possibilitem uma avaliação no período de recuperação por um período superior ao analisado nesse estudo.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro concedido a este trabalho (Processo nº 2017/03142-1) e ao Laboratório de Fisiologia Celular do Exercício (LAFICE) por terem sedido o espaço e equipamentos

Financiamento

Maria Júlia Lopez Laurino foi bolsista pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (número do projeto 2017 / 03142-1) para conduzir este projeto.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram não ter conflito de interesse

References

1. Kunz VC, Souza RB, Takahashi ACM, Catai AM, Silva E. The relationship between cardiac autonomic function and clinical and angiographic characteristics in patients with coronary artery disease. *Rev Bras Fisioter.* 2011;15(6):503–10.
2. Bigger Jr JT, Fleiss JL, Steinman RC, Rolnitzky LM, Schneider WJ, Stein PK. RR variability in healthy, middle-aged persons compared with patients with chronic coronary heart disease or recent acute myocardial infarction. *Circulation.* 1995;91(7):1936–43.
3. Menezes S, Moreira HG, Daher MT. Analysis of heart rate variability in hypertensive patients before and after treatment with angiotensin II-converting enzyme inhibitors.

- Arq Bras Cardiol. 2004;83(2):165–8.
4. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2009;24(2):205–17.
 5. Gayda M, Bourassa MG, Tardif J. Heart rate recovery after exercise and long-term prognosis in patients with coronary artery disease. *Can J Cardiol.* 2012;28(2):201–7.
 6. Vivekananthan DP, Blackstone EH, Pothier CE, Lauer MS. Heart rate recovery after exercise is a predictor of mortality, independent of the angiographic severity of coronary disease. *J Am Coll Cardiol.* 2003;42(5):831–8.
 7. Novais LD, Sakabe DI, Takahashi AC, Gongora H, Taciro C, Martins LEB, et al. Resting heart rate variability in sedentary healthy men and in trained men with hypertension and coronary heart disease. *Rev Bras Fisioter.* 2004;8(3):207–13.
 8. Iellamo F, Legramante JM, Massaro M, Raimondi G, Galante A. Effects of a residential exercise training on baroreflex sensitivity and heart rate variability in patients with coronary artery disease. *Circulation.* 2000;102(21):2588–93.
 9. Rovere MT, Bersano C, Gnemmi M, Specchia G, Schwartz PJ, Cad O. Exercise-induced increase in baroreflex sensitivity predicts improved prognosis after myocardial infarction. *Circulation.* 2002;106(8):945–9.
 10. 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.
 11. 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.
 12. 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.
 13. Thompson PD, Franklin BA, Balady GJ, Blair SN, Corrado D, 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 Clinical Cardiology. *Circulation.* 2007;115(17):2358–69.
 14. Lipinski MJ, Vetrovec GW, Froelicher VF. Importance of the first two minutes of heart rate recovery after exercise treadmill testing in predicting mortality and the presence of coronary artery disease in men. *Am J Cardiol.* 2004;93(4):445–9.
 15. Ottone V de O, Magalhães F de C, Paula F de, Sampaio PF da M, Duarte TC, Costa KB, et al. The effect of different water immersion temperatures on post-exercise parasympathetic reactivation. *PLoS One.* 2014;9(12):1–20.
 16. 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.
 17. Gutierrez MG, Ribeiro F, Gomes RL, Valenti VE, Vanderlei LCM. Impact of musical auditory stimulation applied during and after aerobic exercise on vagal reentry in recovery period. *J Cardiol Ther.* 2017;4:588–93.
 18. Moreno IL, Pastre CM, Ferreira C, Abreu LC De, Valenti VE, Carlos L, et al. Effects

- of an isotonic beverage on autonomic regulation during and after exercise. *J Int Soc Sport Nutr.* 2013;10(2):1–10.
19. Vianna LC, Oliveira RB, Silva BM, Ricardo DR, Araújo CGS. Water intake accelerates post-exercise cardiac vagal reactivation in humans. *Eur Appl Physiol.* 2008;102(3):283–8.
 20. Teixeira AL, Ramos PS, Marins JB, Ricardo DR, Hospital M, Jesus T De, et al. The role of water intake on cardiac vagal reactivation after upper-body resistance exercise. *Int J Sport Med.* 2015;36(3):204–8.
 21. Shibasaki M, Wilson TE, Crandall CG. A physiological systems approach to human neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. *J Appl Physiol.* 2006;100(5):1692–701.
 22. Castro-Sepúlveda M, Cerda-Kohler H, Pérez-Luco C, Monsalves M, Andrade DC, Zbinden-Foncea H, et al. Hydration status after exercise affect resting metabolic rate and heart rate variability. *Nutr Hosp.* 2015;31(3):1273–7.
 23. Charkoudian N, Halliwill JR, Morgan BJ, Eisenach JH, Joyner MJ. Influences of hydration on post-exercise cardiovascular control in humans. *J Physiol.* 2003;552(2):635–44.
 24. Dwan K, Li T, Altman DG, Elbourne D. CONSORT 2010 statement: extension to randomised crossover trials. *Bmj.* 2019;366:l4378.
 25. ACSM. Diretrizes do ACSM para testes de esforço e sua prescrição. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara; 2014.
 26. Godoy MF, Takakura IT, Correa PR. The relevance of nonlinear dynamic analysis (Chaos Theory) to predict morbidity and mortality in patients undergoing surgical myocardial revascularization. *Arqu ciênc saúde.* 2005;12(4):167–71.
 27. Chen J-L, Yeh D-P, Lee J-P, Chen C-Y, Huang C-Y, Lee S-D, et al. Parasympathetic Nervous Activity Mirrors Recovery Status in Weightlifting Performance After Training. *J Strength Cond Res.* 2011;25(6):1546–52.
 28. Meneghelo RS, Araújo CGS, Stein R, Mastrocolla LE, Albuquerque PF, Serra SM. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia Sobre Teste Ergométrico. *Rev Bras Fisioter.* 2011;95(5):1–26.
 29. Cabral-Santos C, Gerosa-Neto J, Inoue DS, Panissa VLG, Gobbo LA, Zagatto AM, et al. Similar anti-inflammatory acute responses from moderate-intensity continuous and high-intensity intermittent exercise. *J Sport Sci Med.* 2015;14(4):849–56.
 30. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sport Exer.* 2007;39(2):377–90.
 31. Sociedade Brasileira Medicina Esporte. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para a saúde. *Rev BrasMed Esporte.* 2003;9(2):43–56.
 32. Von Duvillard SP, Braun WA, Markofski M, Beneke R, Leithäuser R. Fluids and hydration in prolonged endurance performance. *Nutrition.* 2004;20(7–8):651–6.
 33. Armstrong LE. Hydration assessment techniques. *Nutr Rev.* 2005;63(6):S40–54.
 34. Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sport Exer.* 1982;14(5):377–81.

35. Laurent C, Green M, Bishop P, Sjøkvist J, Schumacker R, Richardson M, et al. A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale. *J Strength Cond Res.* 2011;25(3):620–8.
36. Vanderlei LCM, Silva RA, Pastre CM, Azevedo FM, Godoy MF. Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Braz J Med Biol Res.* 2008;41(10):854–9.
37. Borrensen J, Lambert M. Autonomic control of heart rate during and after exercise training status. *Sport Med.* 2008;38(8):633–46.
38. Shaffer F, Ginsberg JP. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front Public Heal.* 2017;5:1–17.
39. Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-aho PO, Karjalainen PA. Kubios HRV - Heart rate variability analysis software. *Comput Meth Prog Bio.* 2014;113(1):210–20.
40. Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, Kannankeril PJ, Ng J, Kadish AH, et al. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol Hear Circ Physiol.* 2006;290(6):H2446-2452.
41. Marzolini S, Oh PI, Thomas SG, Goodman JM. Aerobic and resistance training in coronary disease: Single versus multiple sets. *Med Sci Sport Exer.* 2008;40(9):1557–64.
42. Falcone C, Buzzi MP, Klersy C, Schwartz PJ. Rapid heart rate increase at onset of exercise predicts adverse cardiac events in patients with coronary artery disease. *Circulation.* 2005;112(13):1959–64.
43. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *New Engl J Med.* 1999;341(18):1351–7.
44. 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.
45. Baron S, Courbebaisse M, Lepicard EM, Friedlander G. Assessment of hydration status in a large population. *Brit J Nutr.* 2015;113:147–58.
46. Peçanha T, Paula-ribeiro M, Campana-rezende E, Bartels R, Roberto J, Lima P De. Water intake accelerates parasympathetic reactivation after high-intensity exercise. *Int J Sport Nutr Exe.* 2014;24(5):489–96.
47. Scott EM, Greenwood JP, Gilbey SG, Stoker JB, Mary DASG. Water ingestion increases sympathetic vasoconstrictor discharge in normal human subjects. *Clin Sci.* 2001;100(3):335.
48. Rossi P, Andriess GI, Oey PL, Wieneke GH, Roelofs JMM, Akkermans LMA. Stomach distension increases efferent muscle sympathetic nerve activity and blood pressure in healthy humans. *J Neurol Sci.* 1998;161(2):148–55.
49. May M, Jordan J. The osmopressor response to water drinking. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2011;300:40–6.
50. McHugh J, Keller NR, Applasamy M, Thomas SA, Raj SR, Diedrich A, et al. Portal osmopressor mechanism linked to TRPV4 and blood pressure control. *Hypertension.* 2010;55(6):1438–43.

51. Routledge HC, Chowdhary S, Coote JH, Townend JN. Cardiac vagal response to water ingestion in normal human subjects. *Clin Sci*. 2002;103(2):157.
52. Brown CM. Cardiovascular responses to water drinking: does osmolality play a role? *AJP Regul Integr Comp Physiol*. 2005;289(6):R1687–92.

Conclusão

CONCLUSÃO

A partir dos achados, conclui-se que:

- I. O modelo proposto neste estudo promoveu perdas de líquidos que, ainda que pequenas, foram capazes de influenciar as respostas autonômicas em indivíduos coronariopatas submetidos a uma sessão de reabilitação cardiovascular.
- II. Hidratação durante e após o exercício foi capaz de influenciar a modulação autonômica de coronariopatas, acelerando a modulação parassimpática e aumentando a variabilidade global durante o período de recuperação, indicando recuperação mais rápida desse sistema.
- III. Ingestão de água durante o exercício permitiu acelerar a reentrada vagal e influenciou positivamente a frequência cardíaca de recuperação e a percepção subjetiva de esforço de coronariopatas no período imediato de recuperação.

Referências

REFERÊNCIAS

1. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(7):1334-59.
2. Biddle SJH, Asare M. Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *Br J Sports Med* 2011;45:886–95.
3. Garcia-Aymerich J, Lange P, Benet M, Schnohr P, Antó JM. Regular physical activity modifies smoking-related lung function decline and reduces risk of chronic obstructive pulmonary disease: a population-based cohort study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007;175(5):458-63.
4. Pollock KM. Exercise in treating depression: broadening the psychotherapist's role. *J Clin Psychol.* 2001;57(11):1289-300.
5. Wing RR, Hill JO. Successful weight loss maintenance. *Annu Rev Nutr.* 2001;21:323-41.
6. Mandic S, Stevens E, Hodge C, Brown C, Walker R, Body D, Barclay L, Nye ER, Williams MJ. Long-term effects of cardiac rehabilitation in elderly individuals with stable coronary artery disease. *Disabil Rehabil.* 2015:1-7.
7. Godoy, M. I Consenso Nacional de Reabilitação Cardiovascular. *Arq Bras Cardiol.* 1997; 69(4):267-91.
8. Meirelles LR, Pinto VM, Medeiros AS, Berry JRS, Magalhães CK. Efeito da Atividade Física Supervisionada após 6 Meses de Reabilitação Cardíaca: experiência inicial. *Rev SOCERJ.* 2006; 19(6):474-81.
9. Araújo CGS, Carvalho T, Castro CLB, Costa RV, Moraes RS, Filho JAO, et al. Normatização dos equipamentos e técnicas da Reabilitação Cardiovascular supervisionada. *Arq Bras Cardiol* 2004; 83(5):448-52.
10. Milani M, Kozuki RT, Crescêncio JC, Pada V, Santos MDB, Bertini CQ, et al. Efeito do treinamento físico aeróbico em Coronariopatas submetidos a um programa de reabilitação cardiovascular. *Medicina (Ribeirão Preto).* 2007;40(3):403-11.
11. Ramos JH. Estudo retrospectivo dos efeitos de um programa de reabilitação cardiovascular sobre componentes da aptidão física relacionada à saúde. [Tese de mestrado] Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 2003. 112p.
12. Nery RM, Barbisan JN, Mahmud MI. Influence of the practice physical activity in the coronary artery bypass graft surgery results. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2007;22(3):297-302.
13. Ribeiro AG, Cotta RMM, Ribeiro SMR. A Promoção da Saúde e a Prevenção Integrada dos Fatores de Risco para Doenças Cardiovasculares. *Cien Saude Colet.* 2012; 17(1):7-17.
14. Guiraud T, Labrunee M, Gaucher-Cazalis K, Despas F, Meyer P, Bosquet L, et al. High-intensity interval exercise improves vagal tone and decreases arrhythmias in chronic heart failure. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45(10):1861-7.

15. Lucini D, Milani RV, Costantino G, Lavie CJ, Porta A, Pagani M. Effects of cardiac rehabilitation and exercise training on autonomic regulation in patients with coronary artery disease. *Am Heart J*. 2002;143(6):977-83.
16. Malfatto G, Branzi G, Riva B, Sala L, Leonetti G, Facchini M. Recovery of cardiac autonomic responsiveness with low-intensity physical training in patients with chronic heart failure. *Eur J Heart Fail*. 2002;4(2):159-66.
17. Laing ST, Gluckman TJ, Weinberg KM, Lahiri MK, Ng J, Goldberger JJ. Autonomic effects of exercise-based cardiac rehabilitation. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2011;31(2):87-91.
18. La Rovere MT, Bigger JT Jr, Marcus FI, Mortara A, Schwartz PJ Baroreflex sensitivity and heart-rate variability in prediction of total cardiac mortality after myocardial infarction. ATRAMI (Autonomic Tone and Reflexes After Myocardial Infarction) Investigators. *Lancet*. 1998;351(9101):478-84.
19. Bigger JT Jr, Fleiss JL, Steinman RC, Rolnitzky LM, Kleiger RE, Rottman JN. Frequency domain measures of heart period variability and mortality after myocardial infarction. *Circulation*. 1992;85(1):164-71.
20. Foss ML, Keteyian SJ. *Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte*. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000. p. 464-77.
21. Kurz A. Physiology of thermoregulation. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2008;22(4):627-44.
22. Volpe SL, Poule KA, Bland EG. Estimation of prepractice hydration status of National Collegiate Athletic Association Division I athletes. *J Athl Train* 2009;44(6):624-9.
23. Allen TE, Smith DP, Miller DK. Hemodynamic response to submaximal exercise after dehydration and rehydration in high school wrestlers. *Med Sci Sports*. 1977;9(3):159-63.
24. Saltin B. Circulatory response to submaximal and maximal exercise after thermal dehydration. *J Appl Physiol*. 1964;19:1125-32.
25. Sproles CB, Smith DP, Byrd RJ, Allen E. Circulatory responses to submaximal exercise after dehydration and rehydration. *J Sports Med Phys Fitness*. 1976;16(2):98-105.
26. Sawka MN, Knowlton RG, Critz JB. Thermal and circulatory responses to repeated bouts of prolonged running. *Med Sci Sports*. 1979;11(2):177-80.
27. González-Alonso J, Mora-Rodríguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *J Appl Physiol*. 1997;82(4):1229-36.
28. González-Alonso J, Calbet JA, Nielsen B. Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *J Physiol*. 1998;513(3):895-905.
29. Sawka MN. Body fluid responses and hypohydration during exercise-heat stress. *Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes*. Benchmark, Indianapolis, IN. 1988,p:227-66.
30. Coyle E, Hamilton M. Fluid replacement during exercise: effects on physiological homeostasis and performance. *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*. Fluid Homeostasis During Exercise. Benchmark, Indianapolis, IN. 1990,p:281-308.

31. Meir R, Brooks L, Shield T. Body weight and tympanic temperature change in professional rugby league players during night and day games: a study in the field. *J Strength Cond Res* 2003;17:566-72.
32. Simões MC. Formulação de um repositório hidroeletrólítico para o trabalho físico ostensivo de policiais militares, adaptado as variações climáticas de Florianópolis [tese]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas; 2003. p 26-31.
33. Murray R. Rehydration strategies--balancing substrate, fluid, and electrolyte provision. *Int J Sports Med* 1998 Jun; 19(Supl 2):S133-5.
34. Carter III R, Chevront SN, Wray DW, Kolka MA, Stephenson LA, Sawka MN. The influence of hydration status on heart rate variability after exercise heart stress. *J Therm Biol* 2005;30:495-502.
35. Crandall CG, Zhang R, Levine BD. Effects of whole body heating on dynamic baroreflex regulation of heart rate in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2000;279(5):H2486-92.
36. Moreno IL, Pastre CM, Ferreira C, de Abreu LC, Valenti VE, Vanderlei LC. Effects of an isotonic beverage on autonomic regulation during and after exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2013;10(1):2.
37. McDermott BP, Casa DJ, Lee EC, Yamamoto LM, Beasley KN, Emmanuel H, et al. The influence of rehydration mode after exercise dehydration on cardiovascular function. *J Strength Cond Res.* 2013;27(8):2086-95.
38. Teixeira AL, Ramos PS, Marins JB, Ricardo DR. The role of water intake on cardiac vagal reactivation after upper-body resistance exercise. *Int J Sports Med.* 2015;36(3):204-8.
39. Vianna LC, Oliveira RB, Silva BM, Ricardo DR, Araújo CG. Water intake accelerates post-exercise cardiac vagal reactivation in humans. *Eur J Appl Physiol* 2008;102(3):283-8.
40. Guyton AC, Hall JE. The autonomic nervous system and the adrenal medulla. In: *Textbook of Medical Physiology*. 11th ed. Philadelphia: WB Saunders Co; 2006. p.748-59.
41. Paschoal MA, Volanti VM, Pires CS, Fernandes FC. Variabilidade da frequência cardíaca em diferentes faixas etárias. *Rev Bras Fisioter* 2006 out/dez;10(4):413-9.
42. Júnior RF, Salgado HC. Estudo de variabilidade de parâmetros cardiovasculares como ferramenta para avaliação da modulação simpática cardiovascular. *Rev Bras Hipertens* 2005;12(4):242-4.
43. Task Force of the European Society of Cardiology of the North American Society of pacing electrophysiology. Heart rate variability standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation* 1996;93:1043-65.
44. Acharya UR, Joseph KP, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart rate variability: a review. *Med Bio Eng Comput* 2006; 44(12):1031-51.
45. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med* 2003;33(12):889-919.
46. Pumpirla J, Howorka K, Groves D, Chester M, Nolan J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. *Int J Cardiol* 2002;84:1-14.

47. Vanderlei FM, Moreno IL, Vanderlei LC, Pastre CM, de Abreu LC, Ferreira C. Comparison of the effects of hydration with water or isotonic solution on the recovery of cardiac autonomic modulation. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2015;25(2):145-53. 48.
48. Castro-Sepulveda M, Cerda-Kohler H, Pérez-Luco C, Monsalves M, Andrade DC, Zbinden-Foncea H, et al. Hydration status after exercise affect resting metabolic rate and heart rate variability. *Nutr Hosp.* 2014;31(3):1273-7.
49. Gonzalez-Alonso J, Mora-Rodriguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J. AppZ. Physiol* 1995;79(5):1487-96.
50. Hamilton MT, González-Alonso J, Montain SJ, Coyle EF. Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevent cardiovascular drift. *J Appl Physiol* 1991; 71(3):871-7.
51. Peçanha T, Paula-Ribeiro M, Campana-Rezende E, Bartels R. water intake accelerates parasympathetic reactivation after high-intensity exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2014;24(5):489-96.
52. Brum PC, Forjaz CLM, Tinucci T, Negrão CE. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. *Rev. Paul. Educ. Fís.* 2004;18:21-31.
53. Guyton A, & Hall, J. (2006). *Tratado de Fisiologia Médica* (11ª ed.). Brasil: Elsevier Medicina.