
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE

ISABELA ROQUE MARÇAL

**RESPOSTA HEMODINÂMICA AO EXERCÍCIO FÍSICO EM
PISCINA AQUECIDA EM IDOSOS COM HIPERTENSÃO ARTERIAL SISTÊMICA:
EFEITO DA IMERSÃO E INTENSIDADE DO EXERCÍCIO FÍSICO**

Bauru

2021

ISABELA ROQUE MARÇAL

**RESPOSTA HEMODINÂMICA AO EXERCÍCIO FÍSICO EM
PISCINA AQUECIDA EM IDOSOS COM HIPERTENSÃO ARTERIAL SISTÊMICA:
EFEITO DA IMERSÃO E INTENSIDADE DO EXERCÍCIO FÍSICO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Motricidade - Interunidades, Universidade Estadual Paulista, “Júlio de Mesquita Filho”, como parte do processo para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade.

Orientador: Prof. Dr. Emmanuel Gomes Ciolac.

**Bauru
2021**

Marçal, Isabela Roque.

Resposta hemodinâmica ao exercício físico em
Piscina aquecida em idosos com hipertensão arterial
sistêmica: efeito da imersão e intensidade do
exercício físico/ Isabela Roque Marçal, 2021

115 p.

Orientador: Emmanuel Gomes Ciolac

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2021

1. Exercício Físico. 2. Hipertensão. 3. Idosos. 4.
Piscina Aquecida. 5. Imersão.

I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Ciências. II. Título.



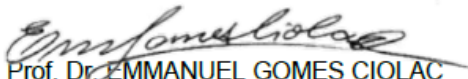
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE ISABELA ROQUE MARÇAL, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 28 dias do mês de maio do ano de 2021, às 14:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE Mestrado de ISABELA ROQUE MARÇAL, intitulada **RESPOSTA HEMODINÂMICA AO EXERCÍCIO FÍSICO EM PISCINA AQUECIDA EM IDOSOS COM HIPERTENSÃO ARTERIAL SISTÊMICA: EFEITO DA IMERSÃO E INTENSIDADE DO EXERCÍCIO FÍSICO**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. EMMANUEL GOMES CIOLAC (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP, Profa. Dra. FÚLVIA DE BARROS MANCHADO GOBATTO (Participação Virtual) do(a) Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte - LAFAE / UNICAMP - Faculdade de Ciências Aplicadas de Limeira - SP, Prof. Dr. ANDERSON SARANZ ZAGO (Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP. Após a exposição pela mestrande e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVADA. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. EMMANUEL GOMES CIOLAC

**LABORATÓRIO DE PESQUISA EM EXERCÍCIO FÍSICO
E DOENÇAS CRÔNICAS (LEDOC)**



Dedico este trabalho à minha amada família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por todo o caminho trilhado até aqui, pela oportunidade de viver e evoluir. Sou grata pelas conquistas pessoais e profissionais e, por estar presente nos momentos mais difíceis, nas formas mais simples. Que eu possa continuar no caminho do bem e, por meio da religião e da ciência, transmitir o bem aos que mais precisam.

À Sidnéia, Maurílio e Rafaela (e rayca), agradeço por uma vida construída de amor e confiança. Obrigada por sempre me apoiarem e acreditarem em mim. Obrigada por me ensinarem os valores morais da família e religião, e por investirem em nossa educação. Obrigada por sempre me permitirem viver meus sonhos. Sejam eles o de uma criança que descobriu o amor pelo esporte, sejam eles o de uma adolescente que saiu de casa para se tornar uma atleta profissional, sejam eles o de uma garota que voltou para casa e decidiu que queria ser aceita em uma universidade pública. Sejam eles de uma mulher que resolveu se dedicar à pós-graduação, e não obstante, realizou seu maior sonho, de estudar fora do país. Agradeço por, mesmo há muitos anos e distâncias, sempre saber o caminho de volta para casa. Obrigada por serem meus pilares nesta jornada da vida. À minha avó, Maria, que cultivou uma vida de amor à família e as netas, dedico este trabalho com toda a certeza de que a senhora está amparada pelos anjos. Às minhas tias, primos e amados avôs, e avó paterna, vocês são parte de mim e nada disso seria possível sem vocês.

Ao Felipe, agradeço por tanto durante estes anos. Agradeço por

ter alguém com que possa conversar desde estatística, basquete à cor do mar adriático. Obrigada por ser meu equilíbrio, de me deixar sonhar e me puxar de volta quando preciso, obrigada por nunca me deixar desistir e por ser esta pessoa tão iluminada. Obrigada por ter me apresentado a essa família incrível, Dona Maria Thereza (presente em nossos corações), Joel, Adriana, Thiago, Gabriel e Raquel.

Ao meu orientador, Emmanuel, agradeço por ter acreditado em mim quando eu acreditava que não seria possível. Obrigada por me ensinar o significado da palavra resiliência - “você deve aprender a lidar com os mais não que sim, principalmente na vida acadêmica” - e nunca me deixar desistir - “tem que tentar, não pode desistir fácil!”. Obrigada por me receber na família LEDOC. Obrigada por, em concordâncias ou discordâncias, compartilhar seu conhecimento e vivências. Agradeço e dedico este trabalho a esta parceria aluno/professor.

Aos meus colegas e amigos do LEDOC, agradeço por toda convivência, ensinamentos e “perrengues chiques”. Agradeço, principalmente, à Bianca e Vanessa, por todas as dificuldades e alegrias compartilhadas. Por todos os “não acredito, rejeitado de novo” aos “eu te ajudo, vamos”. Vocês foram essenciais neste processo e dedico este trabalho também a vocês, sabendo que essa parceria/amizade em vida longa. Muito obrigada, time LEDOC!

Agradeço aos primeiros professores da graduação que acreditaram em mim, Sérgio e Dagmar. Agradeço aos amigos que a UNESP Bauru me presenteou, que de alguma forma deixaram suas

marcas. Agradeço as minhas companheiras de casa, principalmente a Natália, por tantas histórias (e jantas) especiais. Agradeço ao time de basquete, da geração mais antiga à mais atual, por todos os jogos, churrascos, emoções, interunesps e conquistas, tudo que só um esporte maravilhoso com o basquetebol pode nos proporcionar. Agradeço, principalmente, a Luíza, que além de compartilhar o amor pelo esporte e ensinamentos acadêmicos, compartilha uma amizade já de longa data. Agradeço as minhas amigas de anos, Leticia e Isabela, por todas as aventuras, apoio e suporte durante esta trajetória, que as tornaram unespianas de coração.

As minhas melhores amigas de UNESP, república Jacuzzi e da vida, vocês foram e são essenciais em mais esta etapa da minha vida em que podemos compartilhar juntas. Agradeço imensamente por todas nossas histórias durante todos estes anos, por todos os momentos em grupo e individuais, alguns que pensamos não ser possível superar, outros repletos de risadas e/ou histórias malucas recheadas de felicidades. Sou grata por ter todas (11 + 1) de alguma maneira presente comigo em mais este momento especial. Que perdure por muitos mais anos.

Aos meus professores do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, Renato, Renata, Ivan e Dra. Angela, obrigada por todo o aprendizado durante e após meu aprimoramento. Obrigada por despertarem meu desejo a uma vida dedicada ao exercício físico e a cardiologia. Agradeço as minhas colegas de profissão, Lúcia, Carol e Sofia, por todos nossos momentos em que tanto sinto falta no dia-dia. Agradeço, principalmente, a Lúcia, obrigada por ser minha irmã de

alma e se fazer presente nos mais simples aos mais importantes momentos, minha “printi”.

Agradeço ao Grupo de Pesquisa em Fisiologia Cardiovascular do Exercício, KU Leuven, aos membros Nils, Panos, Roselin, Jomme e, especialmente a minha também orientadora Véronique, pelo constante aprendizado. Obrigada por terem me acolhido e, mesmo em tempos difíceis, tornado meu intercâmbio e minhas lembranças da Bélgica tão incríveis. Agradeço todos os meus queridos amigos de todo o mundo, moradores da Residência Camilo Torres. Agradeço também pela orientação da Jennifer, e os membros do Laboratório de Fisiologia do Exercício e Saúde Cardiovascular, Universidade de Ottawa, por terem me escolhido e por todas estas novas experiências.

Agradeço a Fundação Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo suporte acadêmico e financeiro em dois projetos de pesquisas desenvolvidos durante este mestrado (#2018-09695-5 - #2019/19596-7). Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro durante este mestrado. Agradeço aos membros da banca examinadora, pelo tempo dedicado na leitura e sugestões deste trabalho.

Dedico este trabalho e agradeço a todos os gentis idosos participantes desta dissertação de mestrado, que confiaram em mim e no LEDOC para que isto se realizasse, tenho cada um de vocês em meu coração.

“Era como se um novo mundo se abriu para mim, o mundo da ciência, que finalmente me foi permitido conhecer com toda a liberdade” (Curie, 1937, p.158).

RESUMO

O envelhecimento populacional é uma realidade mundial que impacta a sociedade como um todo. A hipertensão arterial sistêmica (HAS), maior fator de risco para doença cardiovascular e comumente observada em idosos, atinge 36 milhões de indivíduos no mundo, com alta taxa de morbidade e mortalidade. O exercício físico é a medida não-farmacológica mais recomendada para a prevenção, controle e manejo da HAS. Entretanto, as principais diretrizes recomendam exercícios realizados em solo e indivíduos idosos podem apresentar limitações físicas e/ou doenças que impeçam esta prática. Desta forma, o exercício realizado em piscina aquecida vem demonstrando superioridade nas respostas hemodinâmicas quando comparado ao solo nesta população. Porém, pouco se sabe sobre as respostas fisiológicas à imersão e a diferentes intensidades de exercício físico em piscina aquecida em idosos com HAS. Os objetivos deste trabalho foram avaliar, por meio de três estudos, as respostas hemodinâmicas, vasculares e autonômicas cardíacas a uma sessão de imersão em piscina aquecida, bem como a uma sessão de exercício intervalado de alta intensidade (HIIE) em piscina aquecida versus exercício contínuo de moderada intensidade (MICE), em idosos com HAS. O estudo 1 comparou, em 35 idosos com HAS (67 ± 5 anos), a resposta da pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC), rigidez arterial e reatividade endotelial a 30 min de repouso imerso em piscina aquecida ($30-32$ °C) ou repouso em solo ($21-23$ °C). O estudo 2 analisou, em 15 idosos com HAS (65 ± 3 anos), a resposta da FC durante uma sessão de HIIE (26 min) e uma sessão de MICE (30 min), ambas em piscina aquecida, prescritos e monitorados pela percepção subjetiva de esforço (PSE) de 6-20. O estudo 3 avaliou, em 20 idosos (67 ± 7 anos) com HAS, a resposta da PA e FC de repouso e ambulatorial, da variabilidade da FC de repouso e de 24h, da rigidez arterial e da reatividade endotelial a uma sessão de HIIE (26 min), MICE (30 min) e controle (30 min). O estudo 1 demonstrou um aumento da PA em resposta à imersão em piscina aquecida, mas não ao repouso em solo, o qual foi mantido por 45 min após a interrupção da imersão. O estudo 2 mostrou que a resposta da FC alternou entre o limiar ventilatório 1 e o ponto de compensação respiratória durante o HIIE e se manteve abaixo do LA durante o MICE, sugerindo que escala de PSE de 6-20 é uma ferramenta útil para prescrever e autorregular o HIIE em piscina aquecida (não MICE) em idosos com HAS. O estudo 3 demonstrou que uma única sessão de HIIE ou MICE em piscina não promoveu hipotensão pós-exercício em idosos com HAS. Demonstrou também que o HIIE promoveu aumento da modulação parassimpática a curto prazo em comparação ao MICE e controle; entretanto, a resposta autonômica cardíaca durante 24h

manteve-se alterada pós ambas as sessões de exercício, quando comparadas à sessão controle. Os presentes resultados podem ter implicações importantes para a prescrição e recomendação de intervenções com exercício em piscina aquecida em idosos com HAS.

Palavras-chave: Envelhecimento. Exercício intervalado de alta-intensidade. Hipotensão pós-exercício. Monitorização ambulatorial da pressão arterial. Sistema nervoso autônomo.

ABSTRACT

Aging is an increasing phenomenon affecting the population worldwide. The aging process is strongly correlated with non-communicable chronic diseases whereas cardiovascular diseases are the most prevalent. Hypertension, systemic disease with a high risk for cardiovascular disease and commonly observed in older individuals, affects 36 million worldwide population strongly associated with comorbidity and mortality levels. Exercise is the main non-pharmacological therapy recommended in the prevention, control, and management of hypertension. However, the overall guidelines recommend land-based exercise and older individuals may have physical limitations and/or diseases restricting their participation. In this sense, water-based exercise has been showing superior benefits on hemodynamic variables compared to land-based. In contrast, little is known about the physiological responses to immersion and different exercise intensities performed in water-based in older individuals with hypertension. We aimed to assess the hemodynamic, vascular, and cardiac autonomic responses to one single session of immersion in heated water-based versus solo-based and one single session of high-intensity interval exercise (HIIE) versus continuous moderate-intensity exercise (MICE) in older individuals with hypertension. Study 1 compared the blood pressure, heart rate, arterial stiffness, and endothelial function in 35 older individuals (67 ± 5 y) treated for hypertension to 30 min of resting in heated water-based versus land-based. Study 2 investigated the heart rate response to HIIE (26min) and MICE (30min) prescribed and self-regulated by 6-20 rating perceived exertion (RPE) scale in 15 older individuals (65 ± 3 y) treated for hypertension. Study 3 assessed the blood pressure and heart rate (HR) at resting and 24h, HR variability in resting and 24h, arterial stiffness, and endothelial function and 24h heart rate variability to one single session of HIIE (26min), MICE (30min) and control (30min-CON) in separated days. Study 1 showed an increased blood pressure response post and sustained after 45min of immersion while no differences were observed in land-based. Study 2 demonstrated that HR altered between anaerobic threshold and respiratory compensation point during HIIE. HR remained lower than anaerobic threshold in MICE, suggesting that the RPE scale at 15-17 is a useful tool for prescribing and self-regulating heated water-based HIIE, but not MICE. Study 3 showed that one single session of HIIE and MICE did not promote post-exercise hypotension in older individuals with hypertension. HIIE was superior to improve parasympathetic modulation indexes in the short-term compared to MICE and CON. However, exercise sessions maintained autonomic nervous system perturbed (high HR variability values) during 24h post exercise compared to CON. These results may have important implications in

water-based interventions performed by older individuals with hypertension.

Keywords: Aging. Autonomic nervous system. High-intensity interval exercise. Post-exercise hypotension. Ambulatory blood pressure monitoring.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ECA: Enzima conversora de angiotensina
- ER: Reatividade endotelial
- FC: Frequência cardíaca
- LA: Limiar anaeróbico
- HAS: Hipertensão arterial sistêmica
- HPE: Hipotensão pós-exercício
- IMC: índice de massa corpórea
- PA: Pressão arterial
- PAS: pressão arterial sistólica
- PAD: pressão arterial diastólica
- PCR: Ponto de compensação respiratória
- PRÉ: Antes da sessão de exercício
- PÓS: Imediatamente após sessão de exercício
- HIIE: Exercício intervalado de alta intensidade
- HOLTER: Monitorização ambulatorial eletrocardiográfica
- MAPA: Monitorização ambulatorial da pressão arterial
- MICE: Exercício contínuo de moderada intensidade
- PSE: Percepção subjetiva de esforço
- REC: Período de recuperação após exercício
- VFC: Variabilidade da frequência cardíaca
- VE/VCO₂: Relação linear entre ventilação minuto e produção de dióxido de carbono
- RA: Receptores de angiotensina II.
- RER: Razão de troca respiratória
- VO₂: Consumo de Oxigênio
- VOP: Velocidade da onda de pulso

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ESTUDO 1- Resposta hemodinâmica à imersão em piscina aquecida em idosos com hipertensão.

Figura 1. Desenho do estudo.....25

Figura 2. Resposta da frequência cardíaca (a), pressão arterial (b) e velocidade da onda de pulso (c).....28

Figura 3. Diferenças frequência cardíaca (a), pressão arterial (b) e velocidade da onda de pulso (c).....28

ESTUDO 2- Prescrevendo e monitorando o exercício intervalado de alta intensidade em piscina aquecida pela percepção subjetiva de esforço em idosos com hipertensão arterial sistêmica.

Figura 1. Resposta da frequência cardíaca durante HIIE e MICE.....43

ESTUDO 3- Exercício intervalado de alta intensidade versus contínuo de moderada intensidade em piscina aquecida nas respostas hemodinâmicas e cardíacas autonômicas em idosos com hipertensão arterial sistêmica.

Figura 1. Desenho do estudo.....57

Figura 2. Monitorização ambulatorial da pressão arterial durante 24h.....64

LISTA DE TABELAS**ESTUDO 1- Resposta hemodinâmica à imersão em piscina aquecida em idosos com hipertensão.****Tabela 1.** Características basais dos participantes.....27**ESTUDO 2- Prescrevendo e monitorando o exercício intervalado de alta intensidade em piscina aquecida pela percepção subjetiva de esforço em idosos com hipertensão arterial sistêmica.****Tabela 1.** Características dos participantes.....39**Tabela 2.** Teste ergoespirométrico máximo.....42**ESTUDO 3- Exercício intervalado de alta intensidade versus contínuo de moderada intensidade em piscina aquecida nas respostas hemodinâmicas e cardíacas autonômicas em idosos com hipertensão arterial sistêmica.****Tabela 1.** Características basais dos participantes.....60**Tabela 2.** Variáveis hemodinâmicas e vasculares.62**Tabela 3.** Variabilidade da frequência cardíaca a curto prazo.....63**Tabela 4.** Variabilidade da frequência cardíaca a longo prazo.....65

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	3
CONTEXTUALIZAÇÃO.....	3
1.1 Introdução	4
1.2 Referências	11
CAPÍTULO 2.....	20
Estudo 1 - Resposta hemodinâmica à imersão em piscina aquecida em idosos com hipertensão	20
2.1 Introdução	23
2.2 Materiais e métodos	24
2.2.2 Participantes e desenho do estudo.....	24
2.2.3 Avaliações	25
2.2.4 Análise estatística.....	25
2.3.1 Resultados	26
2.4.1 Discussão.....	29
2.5.1 Conclusão.....	31
2.6.1 Referências.....	31
CAPÍTULO 3.....	34
Estudo 2 - Prescrevendo e monitorando o exercício intervalado de alta intensidade em piscina aquecida pela percepção subjetiva de esforço em idosos com hipertensão arterial sistêmica.....	34
3.1 Introdução	37
3.2 Materiais e métodos	38
3.2.1 População e desenho do estudo.....	38
3.2.3 Teste ergoespirométrico máximo	39
3.2.4 Sessões experimentais	40
3.2.5 Análise estatística.....	41
3.3 Resultados	41
3.4 Discussão.....	43
3.5 Conclusão.....	46
3.6 Referências.....	46
CAPÍTULO 4.....	50
Estudo 3 - Exercício intervalado de alta intensidade versus contínuo de moderada intensidade em piscina aquecida nas respostas hemodinâmicas e cardíacas autonômicas em idosos com hipertensão arterial sistêmica	50
4.1 Introdução	53
4.2 Materiais e métodos	54
4.2.1 População e desenho do estudo.....	54

4.2.2 Teste Ergoespirométrico Máximo	55
4.2.3 Pressão arterial e frequência cardíaca em repouso	56
4.2.4 Rigidez arterial e reatividade endotelial	56
4.2.5 VFC a curto-prazo	58
4.2.6 MAPA e VFC a longo-prazo.....	58
4.2.7 Sessões experimentais	59
4.2.8 Análise estatística	59
4.3 Resultados	60
4.4 Discussão.....	66
4.5 Conclusão	68
4.6 Referências	69
CAPÍTULO 5.....	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
ANEXOS	77
Anexo 1. Artigo “Resposta hemodinâmica à imersão em piscina aquecida em idosos com hipertensão” publicado na <i>Blood Pressure Monitoring</i> (2020).....	78
Anexo 2. Ficha para anamnese dos voluntários pré-inclusão no estudo.	83
Anexo 3. Termo de consentimento livre e esclarecido.	86
Anexo 4. Piscina aquecida onde foi realizada as intervenções do presente estudo.....	93
Anexo 5. Imagem ilustrativa da medida da rigidez arterial e reatividade endotelial.	94
.....	94
Anexo 6. Imagem ilustrativa dos gráficos de variabilidade da frequência cardíaca	95
Anexo 7. Imagens ilustrativas da monitorização ambulatorial da pressão arterial e monitorização eletrocardiográfica de 24 horas.	96

CAPÍTULO 1

CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1 Introdução

O envelhecimento é uma realidade relativamente nova do século XX que atinge cada vez mais toda a população em escala mundial, sendo considerado o problema demográfico médico e social mais importante do mundo (RUDNICKA et al., 2020). Entre 2015 e 2030, o número de pessoas no mundo com 60 anos ou mais deve crescer 56%, de 901 milhões para 1,4 bilhão (HE; GOODKIND; KOWAL, 2016). Estima-se que, em 2050, a população idosa alcance a faixa de 1,9 bilhões de pessoas em todo o mundo, com um crescimento de 12 a 22% (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017). De fato, o número de pessoas com 80 anos ou mais, os chamados “idosos mais velhos”, está crescendo ainda mais rápido do que o número de pessoas mais velhas em geral. As projeções indicam que em 2050 os idosos mais velhos serão 434 milhões, tendo mais do que triplicado em número desde 2015, quando havia 125 milhões de pessoas com mais de 80 anos (BEARD et al., 2016). Além disso, este crescimento é observado principalmente em países em desenvolvimento. onde o Brasil é o país que está envelhecendo mais rapidamente (OECD, 2021). As projeções atuais demonstram que a população idosa brasileira será de 43,3 milhões em 2031, e que deve chegar a 58,2 milhões até 2060, representando 25,5% da população (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018).

Neste sentido, a Organização Mundial da Saúde (OMS) considera o envelhecimento saudável como um processo de desenvolvimento e manutenção da capacidade funcional que permite o bem-estar na velhice. Como por exemplo, realizar as próprias necessidades básicas, tomar decisões, possuir mobilidade, construir relações e contribuir para a sociedade, e que, podem ser influenciados por interações entre capacidade intrínseca e características ambientais (RUDNICKA et al., 2020; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017). De forma intrínseca, o envelhecimento biológico está associado a uma redução na reparação e potencial regenerativo em tecidos e órgãos (DILORETO; MURPHY, 2015). Essa redução se manifesta como uma diminuição da reserva fisiológica em resposta ao estresse (homeostenose) e uma falha tempo-dependente de mecanismos moleculares complexos que cumulativamente criam distúrbios (KHAN; SINGER; VAUGHAN, 2017). As alterações estruturais e funcionais adjuntas da idade representam o principal fator de risco para doenças, incluindo doenças cancerígenas, neurodegenerativas e principalmente, doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017)

As DCNT são responsáveis por 71% da mortalidade global (WHO, 2018). Estão fortemente associadas ao nível socioeconômico e atingem principalmente os países em desenvolvimento (ABEGUNDE et al., 2007). No Brasil, são responsáveis por 72% de todas as causas de morte, e mais de 45% da população adulta, cerca de 54 milhões de indivíduos, relata

pelo menos uma DCNT (MALTA et al., 2019). As DCNT caracterizam-se por permanecerem durante um longo período de vida e por necessitarem de tratamento médico contínuo, causando grande impacto na vida dos indivíduos acometidos (GIJSEN et al., 2001; THOMAS et al., 2018). Associam-se ao envelhecimento, à outras doenças, ao menor nível socioeconômico, à maior mortalidade, à pior qualidade de vida e ao aumento do uso de serviços de saúde. Estima-se que as DCNT serão responsáveis por 52 milhões de mortes até 2030, produzindo imensos encargos econômicos e de saúde (MOZAFFARIAN et al., 2015).

As principais doenças incluídas no grupo de DCNT são as doenças cardiovasculares, o diabetes mellitus, o câncer e as crônicas respiratórias. As doenças cardiovasculares são as mais prevalentes e possuem uma perspectiva de, em 2030, serem responsáveis por 36% das causas de morte no mundo, o que representará aproximadamente 17,3 milhões de pessoas (WHO, 2018). Considerada um dos maiores fatores de riscos para doenças cardiovasculares, a hipertensão arterial sistêmica (HAS) é a doença sistêmica que mais atinge a população mundial, cerca de 36 milhões de indivíduos, sendo responsável direta ou indiretamente por 45% das mortes nos grupos das doenças cardiovasculares (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2013a). No Brasil, a HAS é o fator de risco mais prevalente entre adultos (40,7%) e idosos (50%) (MALTA et al., 2017; MARQUES et al., 2019). Ainda, estima-se que 90% dos indivíduos com a pressão arterial (PA) dentro dos níveis normais até os 55 anos, desenvolverão HAS ao longo da vida (KEARNEY et al., 2005).

A HAS é de origem multifatorial e caracteriza-se pelo aumento sustentado dos níveis pressóricos da PA sistólica (PAS) e PA diastólica (PAD), estando associada a alterações estruturais, funcionais e distúrbios metabólicos nos indivíduos acometidos (MALACHIAS et al., 2016). Está bem estabelecido que a estrutura e função das artérias se alteram naturalmente durante o processo de envelhecimento devido à mudanças em proteínas de matriz aumentadas (e.g.: colágeno, células do músculo liso vascular) e biodisponibilidade de óxido nítrico, gerando uma redução na complacência das artérias elásticas, aumento da rigidez vascular e disfunção endotelial (FUKUTOMI; KARIO, 2010). Estas alterações provocam uma adaptação ao diâmetro dos vasos a curto e longo-prazo que podem ocorrer precocemente devido a outras doenças associadas (JAMINON et al., 2019). Ainda, o envelhecimento também provoca mudanças estruturais e funcionais nos rins, como diminuição dos glomérulos, atrofia tubular e fibrose da íntima arterial (MARTIN; SHEAFF, 2007). Visto que os rins possuem forte relação com níveis de pressão arterial, por meio do sistema renina-angiotensina-aldosterona, para manter o nível apropriado do volume de fluido corporal (ex. relação na excreção de sódio e água), a disfunção renal associada à idade pode ser um dos determinantes mais importantes da elevação da PA com o envelhecimento (FUKUTOMI; KARIO, 2010). Não obstante, o

envelhecimento promove uma maior ativação do nervo simpático, podendo apresentar um desequilíbrio entre o sistema nervoso autônomo simpático e parassimpático, responsável pelo controle autonômico cardiovascular homeostático (MANCIA; GRASSI, 2014). De fato, a hiperatividade do sistema nervoso simpático contribui amplamente para o desenvolvimento da hipertensão essencial, ocasionando disfunção sistêmica geral, incluindo os mecanismos barorreflexo, cardiopulmonares, quimiorreceptores, entre outros (MALIK, 1996).

Dentre as classificações dos níveis de PAS / PAD de escritório estabelecidas na diretriz da Sociedade Brasileira de Cardiologia (NOBRE F, et al., 2018), valores de PAS / PAD $\leq 120 / 80$ mmHg são considerados normais. Acima disto, valores de PAS / PAD entre 121-139 e/ou 81-89 mmHg são consideradas como pré-hipertensão. O estágio 1 de HAS refere-se a PAS / PAD entre 140-159 e/ou 90-99 mmHg. Já para o estágio 2 de HAS, considera-se entre 160-179 e/ou 100-109 mmHg. Por fim, valores de PAS / PAD ≥ 180 e/ou 110 mmHg são classificados como estágio 3 de HAS. É importante ressaltar que a mais recente diretriz do *American College of Cardiology / American Heart Association* (WHELTON et al., 2017) reduziu os valores pressóricos que classificam a HAS, estabelecendo o estágio 1 de HAS para valores de PAS / PAD entre 130-139 e/ou 80-89 mmHg, enquanto que a diretriz europeia e brasileira mantiveram a antiga classificação. Para valores de monitorização ambulatorial de PA (MAPA), a diretriz brasileira considera valores anormais PAS/PAD $\geq 130 / 80$ mmHg durante as 24h de medição, PAS / PAD $\geq 135 / 85$ mmHg no período de vigília e $\geq 120 / 70$ mmHg no período de sono (NOBRE F, et al., 2018).

Como forma de tratamento da HAS, o uso de fármacos é indicado para indivíduos diagnosticados com HAS nos estágios 1, 2 e 3, bem como para pré-hipertensos com risco cardiovascular elevado (NOBRE et al., 2018). Entretanto, a terapia farmacológica tem alto custo e pode ter efeitos colaterais, o que pode ocasionar no abandono do tratamento (MALACHIAS et al., 2016). Por outro lado, intervenções não farmacológicas como redução de massa corporal, restrição alcoólica, abandono do tabagismo e prática regular de atividade física são indicações de baixo custo, risco mínimo e que promovem efetiva redução de PA (DASGUPTA et al., 2014; DE BACKER, 2009; JADDOU et al., 2011; VAN DER ENDE et al., 2017; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017). Desta forma, diversas estratégias globais estão sendo implementadas para incentivar políticas públicas voltadas à intervenções não farmacológicas (WORLD HEALTH ORGANIZATION; CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2016). Por exemplo, a OMS estabeleceu o Plano de Ação Global com o objetivo de reduzir a mortalidade prematura por DCNT em 25% até 2025. Este tem como meta a implementação das intervenções não farmacológicas para combate aos principais fatores de risco modificáveis, onde o incentivo ao aumento do nível de atividade

física diária, principalmente pela participação em programas de exercícios físico, é uma das metas mais incentivadas (STRINGHINI et al., 2017; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2013b).

A prática regular de exercício físico é uma conduta não farmacológica eficaz para prevenção, controle e tratamento da HAS (CHODZKO-ZAJKO et al., 2009; SUPERVIA et al., 2019). Somente uma sessão de exercício físico promove reduções imediatas na PA e sustentadas por um período de tempo relativamente longo, o que é chamado de hipotensão pós-exercício (MACDONALD, 2002; PESCATELLO; KULIKOWICH, 2001). Neste contexto, uma sessão de exercício aeróbico pode reduzir 80/90 mmHg na população normotensa, 140/90 mmHg em indivíduos pré-hipertensos e 100/70 mmHg na população com HAS (CORNELISSEN; FAGARD, 2004). Além disso, uma revisão sistemática e meta-análise (n=5223) demonstrou que o exercício aeróbico realizado por ≥ 4 semanas reduziu a PAS / PAD em aproximadamente -3,5mmHg/-2,5mmHg em adultos sem doença cardiovascular ou outras doenças (CORNELISSEN; SMART, 2013). Ademais, outra recente revisão sistemática e meta-análise (n=245) investigando o efeito de diferenças intensidades do exercício aeróbico (≥ 4 semanas) demonstrou uma redução de -5,8mmHg a -6,3 mmHg na PAS, enquanto a PAD reduziu entre -3,5mmHg a -3,8mmHg em indivíduos com diagnóstico de pré HAS e em tratamento para HAS (COSTA et al., 2018) É importante ressaltar que tanto os benefícios agudos quanto os crônicos do exercício físico são de suma importância para o manejo da PA na população com HAS (CARPIO-RIVERA et al., 2016; CIOLAC et al., 2009, 2010). Ainda, a prática regular de exercícios físicos apresenta benefícios para inúmeras variáveis afetadas pelo processo de envelhecimento, como melhora da capacidade cardiorrespiratória (CIOLAC et al., 2011), aumento da força e massa muscular (CIOLAC; GREVE, 2011), aumento da capacidade funcional (RODRIGUES DA SILVA et al., 2017), melhora da coordenação motora e equilíbrio (BOSSERS et al., 2015; MARQUES et al., 2017), diminuição no risco de quedas (HSIEH et al., 2019) e, conseqüentemente, melhora da qualidade de vida (AWICK et al., 2017).

As principais diretrizes sobre HAS recomendam a realização de exercício aeróbio contínuo de moderada intensidade (MICE, do inglês *moderate-intensity continuous exercise*), associado à prática de exercícios resistidos, os quais têm seus benefícios bem elucidados na literatura (WHELTON et al., 2017; WILLIAMS et al., 2018). Nos últimos anos, evidências crescentes têm mostrado que o exercício intervalado de alta intensidade (HIIE, do inglês *high-intensity interval exercise*) promove benefícios superiores, quando comparado ao MICE, para inúmeras variáveis associadas à saúde em indivíduos saudáveis ou com doenças cardiovasculares estabelecida (CIOLAC et al., 2009, 2015a; FERNANDES et al., 2020; MARÇAL et al., 2020a; VIANA et al., 2019). Em concordância, uma recente meta-análise

identificou que HIIE foi superior ao MICE para a redução aguda da PA (PERRIER-MELO et al., 2020). Por outro lado, outra meta-análise recente indicou que a PAS e, na maior parte a PAD, não diferiram entre HIIE e MICE após uma única sessão (PRICE et al., 2020). Portanto, a eficácia de uma única sessão de HIIE em comparação com MICE para a hipotensão pós-exercício necessita ser mais bem elucidada.

As sessões de HIIE são caracterizadas por uma sequência de intervalos de exercício de alta intensidade, geralmente com duração de 1 a 4 min e intensidade entre 90-95% da frequência cardíaca (FC) máxima (FC_{MAX}) ou volume de oxigênio ($\dot{V}O_2$) máximo ($\dot{V}O_{2MAX}$) alternados com períodos de recuperação ativa entre 50-60% da FC_{MAX} ou $\dot{V}O_{2MAX}$ (CIOLAC, 2012; GIBALA et al., 2012; WISLØFF et al., 2007; WISLØFF; ELLINGSEN; KEMI, 2009). Ainda, sessões de HIIE são relativamente breves (≤ 30 min) incluindo aquecimento, exercício e volta à calma (TAYLOR et al., 2019). De fato, dentre as principais barreiras (ex. fatores ambientes) à participação regular no exercício físico, a falta de tempo é uma das mais citadas (TROST et al., 2002), o que torna HIIE uma alternativa atraente pelo menor comprometimento de tempo.

Entretanto, apesar dos benefícios supracitados, é importante ressaltar que a prescrição e monitoramento do HIIE geralmente se baseia em um teste ergoespirométrico máximo que requer um equipamento caro e procedimentos de calibração constante (MEYER et al., 2005), o que pode reduzir o acesso a este modalidade de exercício. Neste sentido, a percepção subjetiva de esforço (PSE) de 6-20 (BORG, 1982) tem sido amplamente investigada para a prescrição e regulação das sessões de exercícios, e tem demonstrado ser uma ferramenta acessível, eficaz e fortemente correlacionada com marcadores de intensidade (ex. variáveis ventilatórias do teste ergoespirométrico) para prescrição e autorregulação do exercício físico em indivíduos saudáveis (CIOLAC et al., 2015a; MARÇAL et al., 2020a), com alto risco cardiovascular (VIANA et al., 2019), e com doença cardiovascular estabelecida (CARVALHO; BOCCHI; GUIMARÃES, 2009; CIOLAC et al., 2015b).

Ademais, ressalta-se também que as principais diretrizes e os estudos supracitados enfatizam somente exercícios realizados em solo (ex.: caminhada, bicicleta ergométrica, esteira, exercícios resistidos, entre outros) (BOUTCHER; BOUTCHER, 2017; PRICE et al., 2020; WHELTON et al., 2017; WILLIAMS et al., 2018). Acrescenta-se também que, apesar dos benefícios do exercício físico para a prevenção, controle e manejo da HAS, bem como melhora de inúmeras variáveis envolvidas na fisiopatologia da HAS, alguns grupos populacionais podem não ser plenamente beneficiados por programas de exercício em solo. Por exemplo, indivíduos com obesidade, doenças osteoarticulares, problemas musculoesqueléticos, dificuldade de adaptação ao exercício na intensidade adequada e/ou questões psicossociais (ex medo, vergonha) podem ter dificuldade para participar e aderir à prática regular de exercício

físico em solo (ARCA et al., 2014; AVERS, 2020; CASTRO et al., 2016).

Neste sentido, o exercício físico realizado em piscina vem demonstrando ser uma alternativa segura e eficaz para estas populações devido, principalmente, à flutuação promovida pelo meio aquático, que reduz a sobrecarga articular e facilita a execução do exercício (CIDER et al., 2003; LAZAR et al., 2013; SCHMID et al., 2007). Além disso, o exercício em água demonstrou um efeito anti-hipertensivo maior quando comparado ao exercício em solo, provavelmente devido às adaptações fisiológicas que o meio aquático promove no sistema cardiovascular, hormonal e renal (CIDER et al., 2003; LAZAR et al., 2013). De fato, a própria imersão em água possui características distintas como temperatura, resistência, pressão hidrostática, flutuabilidade e viscosidade (CIDER et al., 2003; HALL; BISSON; O'HARE, 1990). Ainda, a imersão em piscina aquecida com temperaturas entre 30 e 36°C resultou em maior hipotensão pós-exercício, melhor resposta de variáveis do sistema cardiovascular e da flexibilidade em indivíduos idosos (BERGAMIN et al., 2015).

Especificamente, a imersão em piscina aquecida promove adaptações fisiológicas causadas pela pressão hidrostática, incluindo aumento do volume sistólico, débito cardíaco, redução da FC e resistência vascular periférica, inibição do sistema renina-angiotensina-aldosterona, aumento da diurese e modulação parassimpática (GABRIELSEN et al., 2000; MOUROT et al., 2008; PENDERGAST et al., 2015; PENDERGAST; LUNDGREN, 2009; ŠRÁMEK et al., 2000). Todavia, os estudos prévios demonstraram os efeitos da imersão em indivíduos saudáveis (NAGASAWA et al., 2001) e em indivíduos com doenças cardiovasculares estabelecidas (GABRIELSEN; JOHANSEN; NORSK, 1993). Contudo, de acordo com o nosso conhecimento, não há estudos investigando respostas hemodinâmicas, vasculares e cardíacas autonômicas (variáveis envolvidas na fisiopatologia da HAS) à imersão em piscina aquecida em indivíduos idosos com HAS.

Em relação ao exercício físico em piscina aquecida, uma sessão de MICE em piscina aquecida demonstrou ser superior a uma sessão de MICE em solo para promover hipotensão pós-exercício durante as 24h após o exercício em indivíduos com HAS (BOCALINI et al., 2017; NGOMANE et al., 2019), bem como 12 semanas de MICE em piscina promoveu maiores reduções na PA de repouso a ambulatorial (BOCALINI et al., 2010; GUIMARÃES et al., 2014). Em concordância com os estudos anteriores demonstrando maiores benefícios do HIIIE quando comparado ao MICE sobre as variáveis de saúde relacionadas à HAS, pode-se especular que a realização de HIIIE em piscina aquecida seja ainda superior ao MICE. Entretanto, de acordo com o nosso conhecimento, somente um estudo analisou HIIIE versus MICE na PA e rigidez arterial em piscina aquecida em idosos hipertensos, o qual demonstrou maior hipotensão pós-exercício após sessão de HIIIE quando comparado à sessão de MICE (SOSNER et al.,

2016). Porém, o estudo foi realizado em bicicleta ergométrica e não está claro se estas respostas benéficas são similares ao HIIE realizado sem o uso de equipamentos. Além disso, a resposta de importantes variáveis envolvidas na fisiopatologia da HAS e no mecanismo da hipotensão pós-exercício (ex. controle autonômico cardíaco, reatividade endotelial, entre outros) não foram investigadas. Por fim, estudos prévios que analisaram o controle da intensidade do exercício em piscina aquecida por meio da PSE incluíram realizados apenas indivíduos jovens saudáveis (GARZON; COMTOIS, 2020) ou de meia-idade com doenças cardiovasculares estabelecidas (CARVALHO; BOCCHI; GUIMARÃES, 2009; CIOLAC et al., 2015b), sendo necessário investigar a resposta da frequência cardíaca de idosos com HAS, durante a realização de HIIE ou MICE em piscina aquecida prescritos e autorregulados pela PSE, a fim de saber se a PSE pode ser uma ferramenta efetiva para a prescrição e controle de HIIE e MICE em piscina aquecida nesta população.

Em síntese, o exercício físico é essencial para prevenção, controle e manejo da HAS em diferentes populações. As principais diretrizes recomendam a prática de exercício físico, mas com foco em MICE e pouco se sabe das respostas de HIIE nesta população. Ainda, como a população idosa pode não ser apta ao exercício realizado em solo, especialmente em maiores intensidades, a piscina aquecida demonstrou ser uma alternativa segura e eficaz para a realização do exercício físico. Contudo, de acordo com nosso conhecimento, nenhum estudo prévio avaliou, em idosos com HAS, as respostas à imersão em piscina aquecida, bem como o efeito de diferentes intensidades (HIIE e MICE) sobre as variáveis hemodinâmicas (PA e FC), vasculares (rigidez arterial e reatividade endotelial) e autonômica cardíaca (variabilidade da FC [VFC]). Desta forma, este estudo visa preencher uma lacuna na literatura, levando à melhor compreensão dos efeitos da imersão e do exercício físico em piscina aquecida em idosos com HAS.

Sendo assim, os objetivos gerais da presente dissertação de mestrado foram avaliar, por meio de três estudos, a resposta hemodinâmica, vascular e autonômica cardíaca, de idosos com HAS, a uma sessão de imersão em piscina aquecida, bem como a uma sessão de HIIE em piscina aquecida versus MICE em piscina aquecida. Os objetivos específicos foram avaliar: (1) a resposta da PA, FC e rigidez arterial à imersão em piscina versus repouso em solo; (2) a resposta da FC durante sessão de HIIE ou MICE em piscina aquecida prescritos e monitorados pela PSE e, conseqüentemente, analisar a efetividade da PSE para prescrever e autorregular HIIE e MICE em piscina aquecida em idosos com HAS; (3) a resposta da PA de repouso e ambulatorial em resposta a uma sessão de HIIE em piscina aquecida versus MICE em piscina aquecida; (4) a resposta da rigidez arterial e reatividade endotelial à uma sessão de HIIE piscina aquecida versus MICE em piscina aquecida; e (5) a resposta da VFC em repouso e ambulatorial à uma

sessão de HIIE piscina aquecida versus MICE piscina aquecida em idosos com HAS.

Para responder os objetivos mencionados acima, três estudos foram desenvolvidos no Laboratório de Pesquisas em Exercício Físico em Doenças Crônicas (LEDOC) da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Todos os participantes incluídos fórum recrutados por meio de mídias sociais (*email, facebook, instagram*), panfletos colocados no transporte público de Bauru, propaganda na rádio UNESP e divulgação entre os participantes. Após contato com as ferramentas de divulgação, os futuros participantes se voluntariavam por meio de contato telefônico, onde foi feita uma breve anamnese para identificar a presença de fatores que impossibilitariam a participação no estudo (**Anexo 2**). Após este contato inicial, os participantes vinham ao LEDOC da UNESP, onde leram uma descrição detalhada dos objetivos da pesquisa e procedimentos a que seriam submetidos, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (**Anexo 3**) e deram início às avaliações e intervenções. As intervenções em piscina aquecida foram realizadas no Departamento de Educação Física da UNESP (Bauru, SP) (**Anexo 4**). O objetivo específico 1 da presente dissertação foi investigado pelo Estudo 1, apresentado de forma detalhada no Capítulo 2, na forma de artigo científico, o qual foi publicado na revista *Blood Pressure Monitoring*. O objetivo específico 2 foi investigado pelo Estudo 2, apresentado detalhadamente no Capítulo 3 da presente dissertação, na forma de artigo científico. Por fim, os objetivos específicos restantes foram investigados no Estudo 3, apresentado detalhadamente, também na forma de artigo científico, no Capítulo 4 da presente dissertação. Os equipamentos e ferramentas utilizadas durante a mensuração da PA e VFC ambulatorial, bem como da rigidez arterial e reatividade endotelial, são apresentados nos anexos da presente dissertação (**Anexos 5, 6, 7**). Os três estudos da presente dissertação fazem parte de um projeto de pesquisa único, devidamente aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Ciências da UNESP (Protocolo: CAAE 966882818.3.0000.5398) e registrado no Clinicaltrials.gov (NCT04126785).

1.2 Referências

ABEGUNDE, D. O. et al. The burden and costs of chronic diseases in low-income and middle-income countries. *Lancet*, v. 370, n. 9603, p. 1929–1938, 2007.

ABREU, R. M. DE et al. Can high-intensity interval training change cardiac autonomic control? A systematic review. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, v. 23, n. 4, p. 279–289, 2019.

ARCA, E. A. et al. Aquatic exercise is as effective as dry land training to blood pressure

reduction in postmenopausal hypertensive women. *Physiotherapy Research International*, v. 19, n. 2, p. 93–98, 2014.

AVERS, D. *Exercise and Physical Activity for Older Adults*. 4. ed. [s.l.] Elsevier Inc., 2020.

AWICK, E. et al. Effects of a Randomized Exercise Trial on Physical Activity, Psychological Distress and Quality of Life in Older Adults. *Gen Hosp Psychiatry*, v. 49, p. 44–50, 2017.

BEARD, J. R. et al. The World report on ageing and health: A policy framework for healthy ageing. *The Lancet*, v. 387, n. 10033, p. 2145–2154, 2016.

BERGAMIN, M. et al. Metabolic and cardiovascular responses during aquatic exercise in Water at different temperatures in older adults *Research Quarterly for Exercise and Sport* Taylor & Francis, , 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/02701367.2014.981629>>

BOCALINI, D. S. et al. Repercussions of training and detraining by water-based exercise on functional fitness and quality of life: A short-term follow-up in healthy older women. *Clinics*, v. 65, n. 12, p. 1305–1309, 2010.

BOCALINI, D. S. et al. Post-exercise hypotension and heart rate variability response after water- and land- ergometry exercise in hypertensive patients. p. 1–14, 2017.

BORG, G. A. V. *Psychophysical Bases of Perception Exertion* *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1982.

BOSSERS, W. J. R. et al. A 9-Week Aerobic and Strength Training Program Improves Cognitive and Motor Function in Patients with Dementia: A Randomized, Controlled Trial. *American Journal of Geriatric Psychiatry*, v. 23, n. 11, p. 1106–1116, 2015.

BOUTCHER, Y. N.; BOUTCHER, S. H. Exercise intensity and hypertension: What's new? *Journal of Human Hypertension*, v. 31, n. 3, p. 157–164, 2017.

CARPIO-RIVERA, E. et al. Acute effects of exercise on blood pressure: A meta-analytic investigation. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 106, n. 5, p. 422–433, 2016.

CARVALHO, V. O.; BOCCHI, E. A.; GUIMARÃES, G. V. The Borg Scale as an important tool of self-monitoring and self-regulation of exercise prescription in heart failure patients during hydrotherapy - A randomized blinded controlled trial. *Circulation Journal*, v. 73, n. 10, p. 1871–1876, 2009.

CASTRO, R. E. et al. Postexercise hypotension after heart transplant: Water-versus land-based exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 48, n. 5, p. 804–810, 2016.

CHODZKO-ZAJKO, W. J. et al. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 41, n. 7, p. 1510–1530, 2009.

CIDER, Å. et al. Hydrotherapy - A new approach to improve function in the older patient with chronic heart failure. *European Journal of Heart Failure*, v. 5, n. 4, p. 527–535, 2003.

CIOLAC, E. G. et al. Acute effects of continuous and interval aerobic exercise on 24-h ambulatory blood pressure in long-term treated hypertensive patients. *International Journal of Cardiology*, v. 133, n. 3, p. 381–387, 2009.

CIOLAC, E. G. et al. Effects of high-intensity aerobic interval training vs. moderate exercise on hemodynamic, metabolic and neuro-humoral abnormalities of young normotensive women at high familial risk for hypertension. *Hypertension Research*, v. 33, n. 8, p. 836–843, 2010.

CIOLAC, E. G. et al. Heart rate response to exercise and cardiorespiratory fitness of young women at high familial risk for hypertension: Effects of interval vs continuous training. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, v. 18, n. 6, p. 824–830, 2011.

CIOLAC, E. G. High-intensity interval training and hypertension: maximizing the benefits of exercise? *Am J Cardiovasc Dis*, v. 2, n. 2, p. 102–110, 2012.

CIOLAC, E. G. et al. Rating of perceived exertion as a tool for prescribing and self regulating interval training: A pilot study. *Biology of Sport*, v. 32, n. 2, p. 103–108, 2015a.

CIOLAC, E. G. et al. Prescribing and regulating exercise with RPE after heart transplant: A pilot study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 47, n. 7, p. 1321–1327, 2015b.

CIOLAC, E. G.; GREVE, J. M. D. A. Muscle strength and exercise intensity adaptation to resistance training in older women with knee osteoarthritis and total knee arthroplasty. *Clinics*, v. 66, n. 12, p. 2079–2084, 2011.

CORNELISSEN, A.; FAGARD, R. H. Exercise intensity and postexercise hypotension. *Journal of Hypertension*, v. 22, p. 1859–1861, 2004.

CORNELISSEN, V. A.; SMART, N. A. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Heart Association*, v. 2, n. 1, p. 1–9, 2013.

COSTA, E. C. et al. Effects of High-Intensity Interval Training Versus Moderate- Intensity Continuous Training On Blood Pressure in Adults with Pre- to Established Hypertension : A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. *Sports Medicine*, v. 48, n. 9, p. 2127–2142, 2018.

COSTA, E. C. et al. Acute Effect of High-Intensity Interval Versus Moderate-Intensity Continuous Exercise on Blood Pressure and Arterial Compliance in Middle-Aged and Older Hypertensive Women With Increased Arterial Stiffness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, n. 33, p. 1–10, 2020.

DASGUPTA, K. et al. The 2014 Canadian hypertension education program recommendations for blood pressure measurement, diagnosis, assessment of risk, prevention, and treatment of hypertension. *Canadian Journal of Cardiology*, v. 30, n. 5, p. 485–501, 2014.

DE BACKER, G. New European guidelines for cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, v. 47, n. 2, p. 138–142, 2009.

DILORETO, R.; MURPHY, C. T. The cell biology of aging. *Molecular Biology of the Cell*, v. 26, n. 25, p. 4524–4531, 2015.

FERNANDES, B. et al. High-intensity interval versus moderate-intensity continuous training in individuals with Parkinson’s disease: Hemodynamic and functional adaptation. *Journal of Physical Activity and Health*, v. 17, n. 1, p. 85–91, 2020.

FUKUTOMI, M.; KARIO, K. Aging and hypertension. *Expert Review of Cardiovascular Therapy*, v. 8, n. 11, p. 1531–1539, 2010.

GABRIELSEN, A. et al. Arterial pulse pressure and vasopressin release during graded water immersion in humans. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, v. 278, n. 6 47-6, p. 1583–1588, 2000.

GABRIELSEN, A.; JOHANSEN, L. B.; NORSK, P. Central cardiovascular pressures during graded water immersion in humans. *Journal of Applied Physiology*, v. 75, n. 2, p. 581–585, 1993.

GARZON, M.; COMTOIS, A. S. Discussion of “concurrent and construct validation of a scale for rating perceived exertion in aquatic cycling for young men”. *Journal of Sports Science and Medicine*, v. 19, n. 1, p. 231–232, 2020.

GIBALA, M. J. et al. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *Journal of Physiology*, v. 590, n. 5, p. 1077–1084, 2012.

GIJSEN, R. et al. Causes and consequences of comorbidity: A review. *Journal of Clinical Epidemiology*, v. 54, n. 7, p. 661–674, 2001.

GUIMARÃES, G. V. et al. Heated water-based exercise training reduces 24-hour ambulatory blood pressure levels in resistant hypertensive patients: A randomized controlled trial (HEX trial). *International Journal of Cardiology*, v. 172, p. 434–441, 2014.

HALL, J.; BISSON, D.; O'HARE, P. The Physiology of Immersion. *Physiotherapy (United Kingdom)*, v. 76, n. 9, p. 517–521, 1990.

HE, W.; GOODKIND, D.; KOWAL, P. An Aging World: 2015 International Population Reports. *Aging*, n. March, p. 165, 2016.

HSIEH, T. J. et al. Individualized home-based exercise and nutrition interventions improve frailty in older adults: A randomized controlled trial. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, v. 16, n. 1, p. 1–15, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. COORDENAÇÃO DE POPULAÇÃO E INDICADORES SOCIAIS. Projeções da população: Brasil e unidades da Federação, revisão 2018. [s.l: s.n.]. v. 40

JADDOU, H. Y. et al. Hypertension prevalence, awareness, treatment and control, and associated factors: Results from a national survey, Jordan. *International Journal of Hypertension*, v. 2011, 2011.

JAMINON, A. et al. The Role of Vascular Smooth Muscle Cells in Arterial Remodeling: Focus on Calcification-Related Processes. *International journal of molecular sciences*, v. 20, n. 22, 2019.

KEARNEY, P. M. et al. Global burden of hypertension: Analysis of worldwide data. *Lancet*, v. 365, n. 9455, p. 217–223, 2005.

KHAN, S. S.; SINGER, B. D.; VAUGHAN, D. E. Molecular and physiological manifestations and measurement of aging in humans. *Aging Cell*, v. 16, n. 4, p. 624–633, 2017.

LAZAR, J. M. et al. Swimming and the heart. *International Journal of Cardiology*, v. 168, n. 1, p. 19–26, 2013.

- MACDONALD, J. Potential causes , mechanisms , and implications of post exercise hypotension. *Journal of Human Hypertension*, v. 16, p. 225–236, 2002.
- MALIK, M. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*, v. 93, n. 5, p. 1043–1065, 1996.
- MALTA, D. C. et al. Prevalence of and factors associated with self-reported high blood pressure in Brazilian adults. *Revista de Saude Publica*, v. 51, p. 1S-10S, 2017.
- MALTA, D. C. et al. Probabilidade de morte prematura por doenças crônicas não transmissíveis, Brasil e regiões, projeções para 2025. *Revista brasileira de epidemiologia = Brazilian journal of epidemiology*, v. 22, p. e190030, 2019.
- MANCIA, G. et al. 2007 Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). [s.l: s.n.]. v. 25
- MANCIA, G.; GRASSI, G. The autonomic nervous system and hypertension. *Circulation Research*, v. 114, n. 11, p. 1804–1814, 2014.
- MARÇAL, I. R. et al. Prescribing High-intensity Interval Exercise by Rating of Perceived Exertion in Young Individuals. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. In Press, 2020a.
- MARÇAL, I. R. et al. Hemodynamic Response to Heated Water Immersion in Older Individuals with Hypertension. *Blood Pressure Monitoring*, v. In Press, 2020b.
- MARQUES, A. P. et al. Prevalence of arterial hypertension in Brazilian adults and its associated factors and activity limitations: a cross-sectional study. *Sao Paulo medical journal = Revista paulista de medicina*, v. 137, n. 4, p. 312–321, 2019.
- MARQUES, E. et al. Are resistance and aerobic exercise training equally effective at improving knee muscle strength and balance in older women? *Elisa. Arch Gerontol Geriatr*, v. 68, p. 106–112, 2017.
- MARTIN, J.; SHEAFF, M. Renal ageing. *Journal of Pathology*, v. 211, p. 198–205, 2007.
- MEYER, T. et al. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters - Theory and application. *International Journal of Sports Medicine, Supplement*, v. 26, n. 1, 2005.

MOUROT, L. et al. Cardiovascular autonomic control during short-term thermoneutral and cool head-out immersion. *Aviation Space and Environmental Medicine*, v. 79, n. 1, p. 14–20, 2008.

MOUROT, L.; BOUHADDI, M.; TORDI, N. Short- and long-term effects of a single bout of exercise on heart rate variability : comparison between constant and interval training exercises. *European Journal Applied Physiology*, v. 92, p. 508–517, 2004.

MOZAFFARIAN, D. et al. *Heart Disease and Stroke Statistics—2016 Update*. [s.l: s.n.]. v. 133

NAGASAWA, Y. et al. Effects of hot bath immersion on autonomic activity and hemodynamics: Comparison of the elderly patient and the healthy young. *Japanese Circulation Journal*, v. 65, n. 7, p. 587–592, 2001.

NGOMANE, A. et al. Hypotensive Effect of Heated Water-based Exercise in Older Individuals with Hypertension. *Int J Sports Med* 2019;, v. 40, p. 283–291, 2019.

NOBRE, F. et al. 6ª Diretrizes de Monitorização Ambulatorial da Pressão arterial e 4ª Diretrizes de Monitorização Residencial da Pressão Arterial. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 110, n. 5, p. 1–22, 2018.

OECD. *Elderly Population (indicator)*. 2021.

PENDERGAST, D. R. et al. Human physiology in an aquatic environment. *Comprehensive Physiology*, v. 5, n. 4, p. 1705–1750, 2015.

PENDERGAST, D. R.; LUNDGREN, C. E. G. The underwater environment: Cardiopulmonary, thermal, and energetic demands. *Journal of Applied Physiology*, v. 106, n. 1, p. 276–283, 2009.

PERRIER-MELO, R. J. et al. Efeito Agudo do Exercício Intervalado versus Contínuo sobre a Pressão Arterial : Revisão Sistemática e Metanálise. *Arq Bras Cardiol*, n. April, p. 1–10, 2020.

PESCATELLO, L. S.; KULIKOWICH, J. M. The effects of dynamic exercise on ambulatory blood pressure. *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE*, n. 35, p. 1855–1861, 2001.

PRICE, K. J. et al. Acute cardiovascular responses to interval exercise: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, v. 38, n. 9, p. 970–984, 2020.

RODRIGUES DA SILVA, J. M. et al. Educational program promoting regular physical exercise improves functional capacity and daily living physical activity in subjects with knee osteoarthritis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, v. 18, n. 1, p. 1–8, 2017.

RUDNICKA, E. et al. The World Health Organization (WHO) approach to healthy ageing. *Maturitas journal*, v. 139, p. 6–11, 2020.

SCHMID, J. P. et al. Influence of water immersion, water gymnastics and swimming on cardiac output in patients with heart failure. *Heart*, v. 93, n. 6, p. 722–727, 2007.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Sociedade Brasileira de Hipertensão. Sociedade Brasileira de Nefrologia. VII Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Arquivo Brasileiro de Cardiologia*, v. 107, n. 3, p. 1–83, 2016.

SOSNER, P. et al. Ambulatory blood pressure reduction following high-intensity interval exercise performed in water or dryland condition. *Journal of the American Society of Hypertension*, v. 10, n. 5, p. 420–428, 2016.

ŠRÁMEK, P. et al. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. *European Journal of Applied Physiology*, v. 81, n. 5, p. 436–442, 2000.

STRINGHINI, S. et al. Socioeconomic status and the 25 × 25 risk factors as determinants of premature mortality: a multicohort study and meta-analysis of 1.7 million men and women. *The Lancet*, v. 389, n. 10075, p. 1229–1237, 2017.

SUPERVIA, M. et al. Nature of Cardiac Rehabilitation Around the Globe. *EClinicalMedicine*, v. 13, p. 46–56, 2019.

TAYLOR, J. L. et al. Guidelines for the delivery and monitoring of high intensity interval training in clinical populations. *Progress in Cardiovascular Diseases*, v. 62, n. 2, p. 140–146, 2019.

THOMAS, H. et al. Global Atlas of Cardiovascular Disease 2000-2016: The Path to Prevention and Control. *Global Heart*, v. 13, n. 3, p. 143–163, 2018.

TROST, S. et al. Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE*, p. 1996–2001, 2002.

VAN DER ENDE, M. Y. et al. The LifeLines Cohort Study: Prevalence and treatment of cardiovascular disease and risk factors. *International Journal of Cardiology*, v. 228, p. 495–500,

2017.

VIANA, A. A. et al. Prescribing high-intensity interval exercise by rpe in individuals with type 2 diabetes: Metabolic and hemodynamic responses. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, v. 44, n. 4, p. 348–356, 2019.

WAY, K. L. et al. The effect of high Intensity interval training versus moderate intensity continuous training on arterial stiffness and 24 h blood pressure responses: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 22, n. 4, p. 385–391, 2019.

WHELTON, P. K. et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: : Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association. *Hypertension*, v. 71, n. 6, p. 1269–1324, 2017.

WHO. Noncommunicable diseases country profiles 2018 World Health Organization. Geneva: [s.n.].

WILLIAMS, B. et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH). [s.l: s.n.]. v. 39

WISLØFF, U. et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: A randomized study. *Circulation*, v. 115, n. 24, p. 3086–3094, 2007.

WISLØFF, U.; ELLINGSEN, Ø.; KEMI, O. J. High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v. 37, n. 3, p. 139–146, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION; CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Working together to beat cardiovascular disease. p. 8, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. A Global brief oh hypertension. p. 9, 2013a.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases. Geneva, 2013b.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global strategy and action plan on ageing and health. [s.l: s.n.].

CAPÍTULO 2

Estudo 1 - Resposta hemodinâmica à imersão em piscina aquecida em idosos com hipertensão

*Hemodynamic response to heated water immersion in older individuals with
hypertension*

Autores: Isabela Roque Marçal, Awassi Yophiwa Ngomane, Fernanda Bianchi Souza
e Emmanuel Gomes Ciolac

Publicado na *Blood Pressure Monitoring* (fator de impacto 1.092); 2020. doi:
10.1097/MBP.0000000000000504. Epub ahead of print.

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a PA, frequência cardíaca, rigidez arterial e respostas da reatividade endotelial à imersão em piscina aquecida em idosos com hipertensão. Trinta e cinco indivíduos sedentários (67 ± 5 anos) em tratamento para hipertensão foram aleatoriamente designados para grupo piscina aquecida [$n = 20$; 30 min de repouso sentado em piscina aquecida ($30\text{--}32$ °C)] ou grupo em solo [$n = 15$; 30 min de repouso sentado em sala silenciosa com temperatura controlada ($21\text{--}23$ °C)]. A PA, frequência cardíaca, rigidez arterial e reatividade endotelial foram avaliadas antes, imediatamente após (pós) e 45 minutos após (recuperação) de cada sessão. A frequência cardíaca foi reduzida ($P < 0,05$) durante a sessão terrestre e a redução foi mantida no pós (~ 7 bpm) e na recuperação (~ 9 bpm), mas nenhuma alteração da frequência cardíaca ocorreu durante e após a sessão aquosa. A PA sistólica / diastólica aumentou ($P = < 0,001$) no momento pós ($\sim 29/10$ mmHg) e na recuperação ($\sim 10/7$ mmHg) no grupo piscina aquecida, mas não no grupo solo. Nenhuma mudança significativa na velocidade da onda de pulso e reatividade endotelial ocorreu em ambos os grupos. Esses resultados sugerem que a resposta hemodinâmica à imersão em água aquecida deve ser levada em consideração ao avaliar o efeito do exercício piscina aquecida na hipertensão pós-exercício em indivíduos idosos com hipertensão.

PALAVRAS-CHAVE: Envelhecimento; Hipertensão; Imersão; Pressão arterial.

Abstract

The aim of this study was to evaluate blood pressure (BP), heart rate, arterial stiffness, and endothelial reactivity responses to heated water immersion in older individuals with hypertension. Thirty-five sedentary individuals (67 ± 5 years) under treatment for hypertension were randomly assigned to water-based [$n = 20$; 30 min of seated resting in a heated swimming pool (30–32 °C)] or land-based group [$n = 15$; 30 min of seated resting in a quiet room with controlled temperature (21–23 °C)]. BP, heart rate, arterial stiffness and endothelial reactivity were measured before, immediately after (post) and 45 min after (recovery) each session. Heart rate reduced ($P < 0.05$) during the land-based session, and the reduction was maintained at post (~7 bpm) and recovery (~9 bpm), but no heart rate changes occurred during and after the water-based session. Systolic/diastolic BP increased ($P = <0.001$) at post (~29/10 mmHg) and recovery (~10/7 mmHg) in the water-based group, but not in the land-based group. No significant changes in pulse wave velocity and endothelial reactivity occurred in both groups. These results suggest that the hemodynamic response to heated water immersion should be taken into account when assessing the effect of heated water-based exercise on postexercise hypotension in older individuals with hypertension.

KEY WORDS: Aging; Blood pressure; Immersion; Hypertension.

2.1 Introdução

O envelhecimento populacional é um fenômeno crescente em todo o mundo, de forma que, em 2050 espera-se que a população idosa represente 16,7% da população mundial (HE; GOODKIND; KOWAL, 2016). O envelhecimento é um poderoso fator de risco para o desenvolvimento da hipertensão arterial sistêmica (HAS) (WHELTON et al., 2017), considerado o fator de risco modificável mais importante para a morbimortalidade cardiovascular (THOMAS et al., 2018). Com o envelhecimento da população, um aumento adicional de 15-20% na HAS é esperado globalmente (WHELTON et al., 2017). Neste sentido, intervenções com o objetivo de promover reduções agudas e crônicas da pressão arterial (PA) são atualmente recomendadas nas principais diretrizes de manejo da HAS (WHELTON et al., 2017). No entanto, essas recomendações enfatizam as intervenções de exercícios em solo (UNGER et al., 2020; WHELTON et al., 2017, 2018) e os efeitos da imersão isolada em indivíduos idosos com HAS ainda não foram esclarecidos.

A imersão possui características distintas como temperatura, resistência, pressão hidrostática, fluutuabilidade e viscosidade (PENDERGAST et al., 2015; ŠRÁMEK et al., 2000). Especificamente, a imersão em piscina aquecida promove respostas agudas benéficas hemodinâmicas, vasculares e autonômicas devido às adaptações fisiológicas causadas pela pressão hidrostática (BECKER et al., 2009; CIDER et al., 2003; MOUROT et al., 2008), incluindo aumento do débito cardíaco e do volume sistólico (BECKER et al., 2009; MOUROT et al., 2008), redução da resistência vascular (PENDERGAST et al., 2015; ŠRÁMEK et al., 2000), e supressão do sistema nervoso simpático e sistema renina-angiotensina (MOUROT et al., 2008; PENDERGAST et al., 2015; PENDERGAST; LUNDGREN, 2009).

Estudos prévios demonstraram que o exercício em piscina aquecida pode ter respostas anti-hipertensivas superiores ao exercício realizado em solo em idosos com hipertensão (GUIMÃRAES et al., 2018; NGOMANE et al., 2019). Porém, estes não permitem afirmar se essas respostas anti-hipertensivas estão relacionadas ao exercício ou à imersão em piscina aquecida, e pouco se sabe sobre os mecanismos hemodinâmicos e vasculares da imersão em piscina aquecida isoladamente nesta população. Assim, nosso objetivo foi avaliar a PA, a frequência cardíaca (FC), a rigidez arterial, por meio da velocidade da onda de pulso carotídeo-femoral (VOP), e a reatividade endotelial (ER) a uma única sessão de repouso em piscina aquecida versus em solo em idosos com hipertensão.

2.2 Materiais e métodos

2.2.2 Participantes e desenho do estudo

O presente estudo é um estudo simples-cego e randomizado que avaliou 35 idosos (67 ± 5 anos) em tratamento medicamentoso para HAS. Para serem incluídos no estudo, os indivíduos deveriam: 1) ser fisicamente inativo (não estar envolvido em programas de exercício físico nos últimos 3 meses que antecederam à triagem de inclusão no estudo - informação adquirida através do relato do voluntário; 2) possuir diagnóstico clínico confirmado de HAS há mais de 6 meses (estágio 1 ou 2); 3) estar em tratamento clínico/farmacológico estabilizado há pelo menos 2 meses; e 4) não ser fumante (evitar efeitos agudos do fumo nas medidas fisiológicas), gestante e/ou lactante. Não foram incluídos indivíduos com doença cardiovascular descompensada e aqueles impossibilitados de realizar um programa de exercícios devido à incapacidade física ou de entender e responder aos comandos durante as sessões. Por fim, os critérios de exclusão incluíam alteração ou interrupção no uso de medicamentos (com ou sem prescrição médica) ao longo do estudo, bem como o não atendimento a 100% das intervenções programadas, conforme previamente descrito (NGOMANE et al., 2019). O comitê de ética local aprovou todos os procedimentos e o consentimento informado por escrito foi fornecido por todos os participantes. Este estudo é uma sub-análise do ensaio clínico NCT04126785: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04126785>.

Os participantes foram aleatoriamente designados a um grupo em piscina aquecida ou em solo. O grupo piscina aquecida realizou uma sessão de repouso sentado (30 min) em uma cadeira imersa até o nível do processo xifoide em uma piscina aquecida (30-32 °C). O grupo em solo realizou uma sessão de repouso sentado (30 min) em uma cadeira em ambiente *scalm* e silencioso com temperatura controlada (21–23 °C), conforme a **Figura 1**.

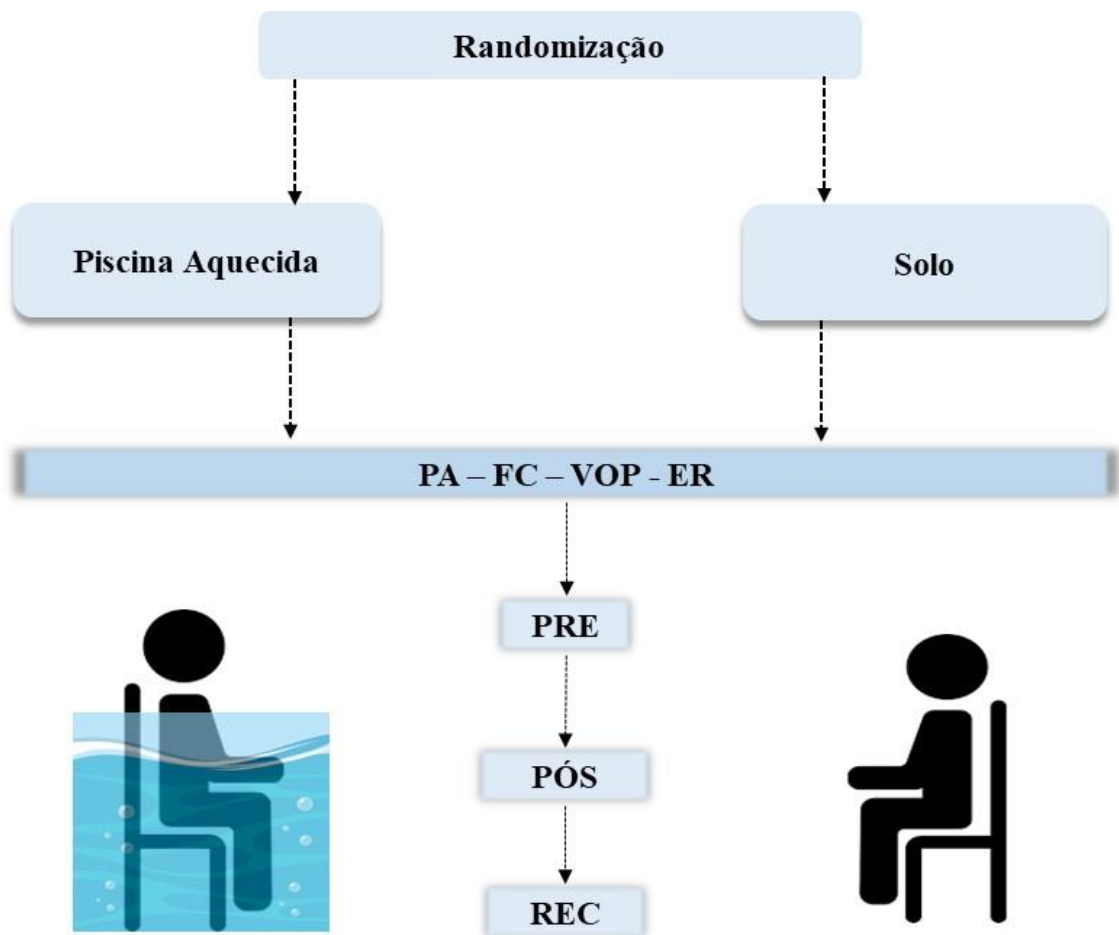


Figura 1. Desenho do estudo. PA: pressão arterial; ER: reatividade endotelial; FC: frequência cardíaca; VOP: velocidade da onda de pulso. Todas as medidas foram realizadas antes (pré), imediatamente após (pós) e 45 minutos após (recuperação) cada sessão.

2.2.3 Avaliações

A PA (Omron HEM 7200, Omron Healthcare Inc., Dalian, China), FC (sistema de monitoramento Polar RS800CX HR, Polar Electro Inc., Kempele, Finlândia), VOP e ER (Vicorder, Endocheck, SMT Medical GmbH & amp; Co., Wuerzburg, Alemanha) foram realizadas nos momentos pré (após 10 minutos de repouso sentado), pós (imediatamente após) e recuperação (45 minutos após) de cada intervenção. A FC também foi medida a cada 2 min durante as intervenções, conforme descrito anteriormente (NGOMANE et al., 2019). Os participantes foram orientados a manter a calma e não conversar durante a sessão.

2.2.4 Análise estatística

A análise estatística foi realizada pelo SPSS 17.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA). A normalidade e homocedasticidade das variáveis foram determinadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. A análise de variância (ANOVA) de dois

caminhos com medidas repetidas foi usada para indicar diferenças intra e inter intervenções nos dados. O teste post hoc de Bonferroni identificou diferenças significativas indicadas pela ANOVA. As mudanças delta (Δ pré-pós e Δ pré-rec) foram calculadas e comparadas entre os grupos usando o teste t independente. O nível de significância foi estabelecido em $P < 0,05$.

2.3.1 Resultados

As características dos participantes e as variáveis hemodinâmicas basais foram semelhantes entre os grupos, exceto para a PA diastólica que foi maior no grupo em solo comparado ao grupo piscina aquecida (**Tabela 1 e Figura 2**).

A ANOVA de dois-caminhos com medida repetidas indicou diferenças significativas intra-e-inter-intervenção entre os grupos na FC ($F_{18,576}=1.668$, $P=0.041$, $\eta^2=0.05$, power=0.947), PA sistólica ($F_{2,66}=5.554$, $P=<0.025$, $\eta^2=0.144$, power=0.628) e PA diastólica ($F_{2,66}=3.729$, $P=0.029$, $\eta^2=0.102$, power=0.664). Entretanto, nenhuma diferença significativa foi indicada na VOP e ER. A análise post hoc mostrou que a FC foi menor ($P < 0.05$) durante, no pós e na recuperação comparado ao momento pré no grupo em solo. Porém, não foram encontradas diferenças significativas na FC durante e após a intervenção no grupo em piscina aquecida (**Figura 2**). Com esses resultados, a FC foi maior ($P < 0.01$) durante (7.25 ± 3.30 bpm) e na recuperação (~ 10 bpm) no grupo piscina aquecida do que no solo (**Figura 2**). A análise post hoc também mostrou que a PA sistólica e PA diastólica foram maiores ($P < 0.001$) no pós ($\sim 29/10$ mmHg) e na recuperação ($\sim 12/7$ mmHg) versus o pré no grupo em piscina aquecida, mas nenhuma mudança significativa foi encontrada no grupo performado em solo (**Figuras 2 e 3**).

Tabela 1. Características basais dos participantes.

Variáveis	Geral (n=35)	Grupo Água (n=20)	Grupo Solo (n=15)
Homem/Mulher (n)	15/20	9/11	6/9
Idade	67±5	67±7	66±4
IMC (kg/m ²)	30.6±10	31.7±15.4	29.5±5
Circunferência quadril (cm)	102±12	104±13	101±11
PA sistólica (mmHg)	128±13	125±18	131±9
PA diastólica (mmHg)	77±8	74±8	81±9
FC (bpm)	73±10	76±9	71±11
Tempo de hipertensão (anos)	13±8	12±5	14±11
<i>Tratamento</i>			
Inibidores da ECA	18%	10%	26%
Antagonistas do RA II	54%	55%	53%
Beta-bloqueadores	36%	20%	53%
Bloqueadores Canal CA+	15%	5%	26%
Diuréticos	45%	45%	46%
Antidiabético oral	40%	40%	40%

Os dados estão apresentados em média ± DP. CA+: Cálcio; ECA: enzima conversora de angiotensina; IMC: índice de massa corpórea; FC: frequência cardíaca; RA II: receptores de angiotensina II.

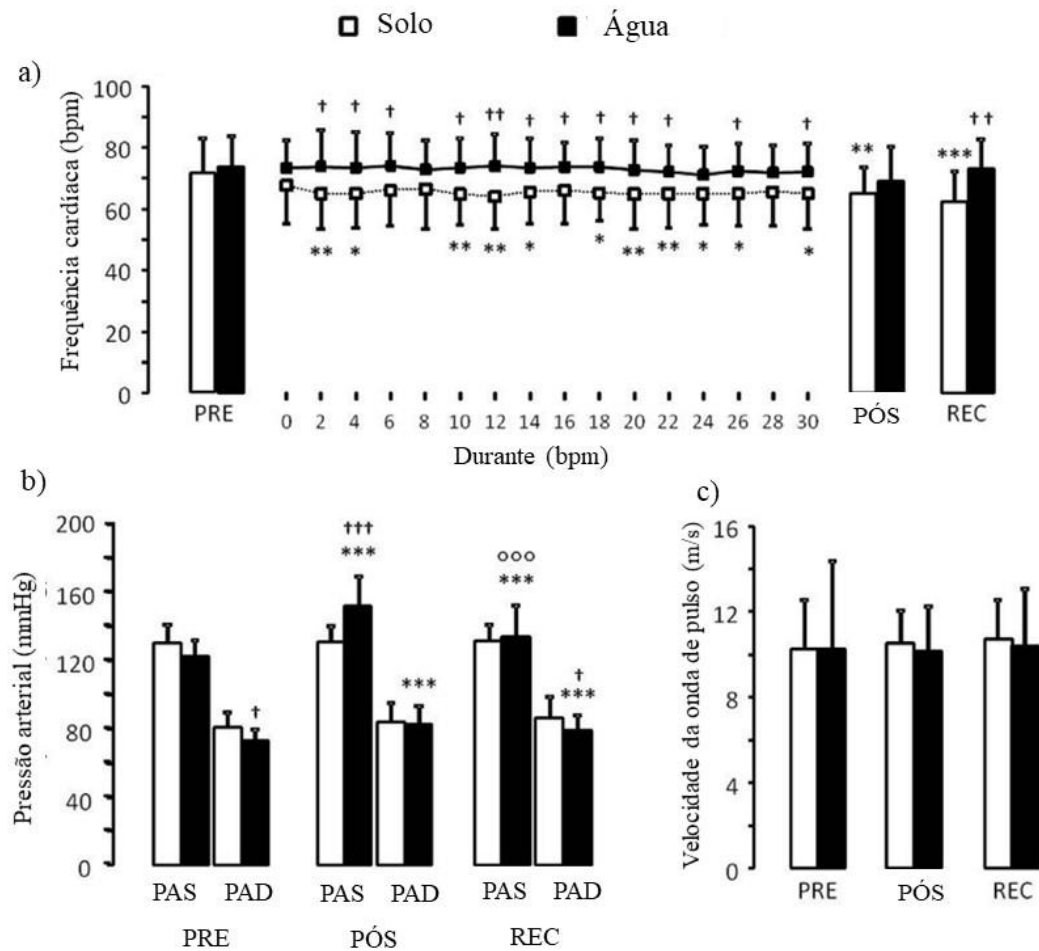


Figura 2. Resposta da frequência cardíaca (a), pressão arterial (b) e velocidade da onda de pulso (c). Os dados são expressos como média \pm DP. Asterisco denota diferença significativa do PRE no mesmo grupo (* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ e *** $P < 0,001$). O círculo denota diferença significativa do PÓS no mesmo grupo (°°° $P < 0,001$). O marcador denota diferença significativa do grupo solo no mesmo período († $P < 0,05$ e †† $P < 0,01$).

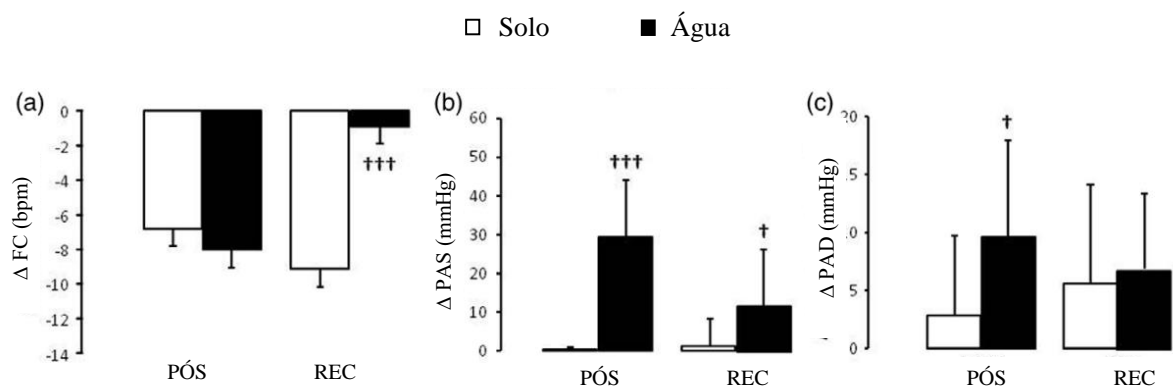


Figura 3. Diferenças (Δ) de PRE intervenção: a) frequência cardíaca (FC); b) pressão arterial sistólica (PAS); c) pressão arterial diastólica (PAD). O marcador denota diferença significativa do grupo em solo no mesmo período († $P < 0,05$ e ††† $P < 0,001$).

2.4.1 Discussão

Os principais achados do presente estudo foram (1) a FC reduziu durante e após a intervenção em solo, mas não ocorreram mudanças significativas na FC durante e após a intervenção no grupo em piscina aquecida; (2) a PA sistólica e diastólica aumentaram após a sessão em piscina aquecida, mas nenhuma diferença significativa na PA ocorreu após a intervenção em solo e (3) a PA aumentou após a sessão em piscina aquecida e a FC diminuiu após a sessão em solo, o que foi mantido por pelo menos 45 minutos após a interrupção das intervenções. De acordo com o nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que investiga as respostas hemodinâmicas e vasculares à imersão em piscina aquecida em idosos com hipertensão.

A imersão em água produz respostas fisiológicas importantes que podem trazer benefícios para a saúde. De fato, isto inclui mudanças especialmente no sistema hemodinâmico, vascular e autonômico. Porém, a temperatura e o nível de imersão podem influenciar essas respostas (GABRIELSEN; JOHANSEN; NORSK, 1993; GUIMÃRAES et al., 2018). Embora a água fria provavelmente represente uma resposta fisiológica estressante (BECKER et al., 2009; MEYER; BÜCKING, 2004), a imersão em piscina aquecida parece melhorar a hemodinâmica em indivíduos saudáveis (NAGASAWA et al., 2001) e indivíduos com doença cardiovascular (CIDER et al., 2003; GABRIELSEN; JOHANSEN; NORSK, 1993). Vários estudos demonstraram esses benefícios (GUIMÃRAES et al., 2018; PENDERGAST et al., 2015; PENDERGAST; LUNDGREN, 2009) mostrando que a imersão em piscina aquecida diminui principalmente a resistência periférica total (WILLIAMS et al., 2018), a FC (em 15%) e a PA sistólica/diastólica (em 11% ou 12%, respectivamente) (ŠRÁMEK et al., 2000). Surpreendentemente, nossos resultados não demonstraram alterações na FC e um aumento na PA sistólica/diastólica após 30 min de repouso em piscina aquecida. Ainda, o aumento da PA foi sustentado por pelo menos 45 minutos após a interrupção da imersão em piscina aquecida.

A preocupação anterior envolvendo a imersão em indivíduos com doença cardiovascular dizia respeito à pressão hidrostática que resulta em uma alteração da volemia para o tórax e coração, aumentando imediatamente em torno de 700 ml na volemia central (GABRIELSEN; JOHANSEN; NORSK, 1993). Porém, estudos com insuficiência cardíaca e infarto do miocárdio demonstraram que a imersão em piscina aquecida pode ser bem tolerada, pois aumenta o volume sistólico e a fração de ejeção nesses pacientes (CIDER et al., 2003; GABRIELSEN; JOHANSEN; NORSK, 1993).

No caso da HAS, estudos demonstraram que o exercício aeróbio em piscina aquecida promoveu reduções agudas (após uma única sessão) (BOCALINI et al., 2017; NGOMANE et

al., 2019) e crônicas (após um período de treinamento) (GUIMÃRAES et al., 2018) na PA, que parecem ser superiores aos aqueles do exercício em solo (BOCALINI et al., 2017; GUIMÃRAES et al., 2018; NGOMANE et al., 2019). Sugeriu-se que esse efeito superior pode ser devido ao fato de a imersão em piscina aquecida também diminuir a resistência periférica total e a ativação neuro-humoral, o que pode potencializar a redução da PA (MEYER; BÜCKING, 2004). No entanto, estudos anteriores investigando as respostas à imersão demonstraram reduções nas funções hemodinâmica, vascular (GABRIELSEN; JOHANSEN; NORSK, 1993) e autonômica (MOUROT et al., 2008) em jovens do sexo masculino. Entretanto, o presente estudo mostrou um aumento sustentado na PA sistólica/diastólica, e nenhuma mudança na FC, VOP e ER em idosos com hipertensão.

Além disto, as respostas hemodinâmicas e vasculares estão intimamente envolvidas com a biorregulação do sistema nervoso autônomo, enquanto o tônus simpático diminui significativamente durante a imersão em piscina aquecida (MOUROT et al., 2008; NAGASAWA et al., 2001; ŠRÁMEK et al., 2000). Por outro lado, a ausência de mudança na FC e o aumento na PA sistólica/diastólica sugerem que não ocorreu redução do tônus simpático durante a imersão em piscina aquecida no presente estudo, o que pode ser explicado pela dificuldade do sistema nervoso autônomo em responder suficiente rápido para aquecer o estresse e manter a homeostase durante a imersão em indivíduos idosos (NAGASAWA et al., 2001). No entanto, não avaliamos a variabilidade da FC e a interação do tônus simpático e parassimpático em nosso estudo, o que é uma limitação.

O presente estudo apresenta outras limitações que também devem ser consideradas. A resposta hemodinâmica e vascular foi avaliada até apenas 45 minutos após as intervenções, e não se sabe se essas respostas persistem por um período mais longo. O estudo foi realizado em uma pequena amostra e estudos futuros envolvendo grandes amostras são necessários. Além disso, não controlamos a ingestão de sódio na dieta, um fator conhecido que pode afetar a PA e as respostas vasculares (THOMAS et al., 2018). De fato, embora não tenha havido diferença significativa entre os grupos nos medicamentos usados, alguns deles podem afetar a resposta cardiovascular. Por exemplo, quatro indivíduos do grupo em piscina aquecida e oito indivíduos do grupo solo estavam em uso de betabloqueadores, e não é possível determinar se isso poderia influenciar os presentes resultados.

2.5.1 Conclusão

Embora as intervenções de exercícios em piscina aquecida tenham mostrado respostas positivas em indivíduos idosos com HAS, nosso estudo demonstrou um aumento nas respostas da PA apenas à imersão em piscina aquecida, que foi mantida por até 45 minutos após a interrupção da imersão, e em contraste a nenhuma mudança na PA após a sessão em solo. Assim, os presentes resultados sugerem que estudos futuros que avaliem o efeito agudo do exercício em piscina aquecida sobre a PA em idosos com HAS devem utilizar uma sessão de controle em piscina aquecida a fim de diferenciar o efeito do exercício e da imersão na hipotensão pós-exercício. Ainda, dado que os aumentos na PA sistólica/diastólica após a imersão em piscina aquecida foram relativamente grandes (~ 29/10 mmHg), estudos futuros avaliando a resposta da PA à imersão em indivíduos idosos com HAS mal controlada ou não controlada são bem-vindos para avaliar a segurança da imersão nesta população.

2.6.1 Referências

BECKER, B. E. et al. Biophysiologic Effects of Warm Water Immersion. *International Journal of Aquatic Research and Education*, v. 3, n. 1, p. 24–37, 2009.

BOCALINI, D. S. et al. Post-exercise hypotension and heart rate variability response after water- and land- ergometry exercise in hypertensive patients. p. 1–14, 2017.

CIDER, Å. et al. Hydrotherapy - A new approach to improve function in the older patient with chronic heart failure. *European Journal of Heart Failure*, v. 5, n. 4, p. 527–535, 2003.

GABRIELSEN, A.; JOHANSEN, L. B.; NORSK, P. Central cardiovascular pressures during graded water immersion in humans. *Journal of Applied Physiology*, v. 75, n. 2, p. 581–585, 1993.

GUIMÁRAES, G. V. et al. Hypotensive Effect of Heated Water-Based Exercise Persists After 12-Week Cessation of Training in Patients With Resistant Hypertension. *Canadian Journal of Cardiology*, v. 34, n. 12, p. 1641–1647, 2018.

HE, W.; GOODKIND, D.; KOWAL, P. An Aging World: 2015 International Population Reports. Aging, n. March, p. 165, 2016.

MEYER, K.; BÜCKING, J. Exercise in heart failure: Should aqua therapy swimming be allowed? Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 36, n. 12, p. 2017–2023, 2004.

MOUROT, L. et al. Cardiovascular autonomic control during short-term thermoneutral and cool head-out immersion. Aviation Space and Environmental Medicine, v. 79, n. 1, p. 14–20, 2008.

NAGASAWA, Y. et al. Effects of hot bath immersion on autonomic activity and hemodynamics: Comparison of the elderly patient and the healthy young. Japanese Circulation Journal, v. 65, n. 7, p. 587–592, 2001.

NGOMANE, A. et al. Hypotensive Effect of Heated Water-based Exercise in Older Individuals with Hypertension. Int J Sports Med 2019;, v. 40, p. 283–291, 2019.

PENDERGAST, D. R. et al. Human physiology in an aquatic environment. Comprehensive Physiology, v. 5, n. 4, p. 1705–1750, 2015.

PENDERGAST, D. R.; LUNDGREN, C. E. G. The underwater environment: Cardiopulmonary, thermal, and energetic demands. Journal of Applied Physiology, v. 106, n. 1, p. 276–283, 2009.

ŠRÁMEK, P. et al. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. European Journal of Applied Physiology, v. 81, n. 5, p. 436–442, 2000.

THOMAS, H. et al. Global Atlas of Cardiovascular Disease 2000-2016: The Path to Prevention and Control. Global Heart, v. 13, n. 3, p. 143–163, 2018.

UNGER, T. et al. Clinical Practice Guidelines 2020 International Society of Hypertension Global Hypertension Practice Guidelines International Society of Hypertension. p. 1–24, 2020.

WHELTON, P. K. et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management

of High Blood Pressure in Adults: : Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association. *Hypertension*, v. 71, n. 6, p. 1269–1324, 2017.

WHELTON, P. K. et al. ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force. *Circulation*, v. 138, n. 17, p. e426–e83, 2018.

WILLIAMS, B. et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH). [s.l: s.n.]. v. 39

CAPÍTULO 3

Estudo 2 - Prescrevendo e monitorando o exercício intervalado de alta intensidade em piscina aquecida pela percepção subjetiva de esforço em idosos com hipertensão arterial sistêmica

Prescribing and self-monitoring heated water-based high-intensity interval exercise by rating of perceived exertion in older individuals with hypertension

Autores: Isabela Roque Marçal, Bianca Fernandes, Vanessa Teixeira do Amaral, Renato Lopes Pelaquim e Emmanuel Gomes Ciolac

Artigo submetido para a *International Journal of Sports Medicine* (fator de impacto 2.567)

Resumo

O objetivo deste estudo foi analisar a utilidade da escala de 6-20 de percepção de esforço (PSE) para a prescrição e monitoramento do exercício intervalado de alta intensidade em piscina aquecida (HIIE) e exercício contínuo de moderada intensidade (MICE) em idosos com hipertensão arterial sistêmica. Quinze indivíduos idosos (65 ± 3 anos) em tratamento medicamentoso para hipertensão arterial sistêmica foram submetidos a um teste ergoespiométrico máximo para determinar sua frequência cardíaca (FC) no limiar anaeróbio (LA), ponto de compensação respiratória (PCR) e esforço máximo. Os participantes foram randomizados para realizar HIIE (4 min de aquecimento seguido por 21 min alternando 1 min no nível 15-17 com 2 min no nível 9-11 da PSE) e MICE (4 min de aquecimento seguido por 26 min no nível 11-13 da PSE) em dias diferentes. Houve diferença significativa na FC absoluta entre as sessões ($P < 0,05$). Os intervalos de alta intensidade de HIIE atingiram a zona entre o LA e PCR. Os intervalos de baixa intensidade de HIIE e MICE permaneceram abaixo da zona de treinamento aeróbico do teste ergoespiométrico máximo. A escala da PSE entre 15-17 é uma ferramenta útil para prescrever e monitorar HIIE em piscina aquecida, no entanto, MICE em 11-13 de PSE demonstrou menor resposta de FC do que a FC em LA e PCR. Estes resultados podem ter implicações importantes na prescrição e monitoramento de exercícios em piscina aquecida em idosos com hipertensão arterial sistêmica.

Palavras-chave: Exercício intervalado de alta intensidade; Hipertensão arterial sistêmica; Percepção subjetiva de esforço; Piscina aquecida.

Abstract

We aimed to analyze the usefulness of 6-20 rating of perceived exertion (RPE) scale for prescribing and self-regulating heated water-based high-intensity interval exercise (HIIE) and moderate-intensity continuous exercise (MICE) in older individuals with hypertension. Fifteen older individuals (65 ± 3 yr) treated for hypertension underwent a symptom-limited maximal graded exercise test (GXT) to determine their heart rate (HR) at anaerobic threshold (AT), respiratory compensation point (RCP), and maximal effort. Participants were randomized to perform HIIE (4 min of warm-up followed by 21 min alternating 1 min at 15-17 level with 2 min at 9-11 level of RPE) and MICE (4 min of warm-up followed by 26 min at 11-13 level of RPE) in different days. There was a significant difference in absolute HR between sessions ($P < 0.05$). High-intensity intervals of HIIE achieved the zone between the AT and RCP. Low-intensity intervals of HIIE and MICE remained below the GXT's exercise training zone. RPE scale at 15-17 is a useful tool for prescribing and self-regulating heated water-based HIIE, however, MICE at 11-13 of RPE demonstrated lower HR response than AT and RCP HR. These results may have important implications in prescribing and self-regulating water-based exercise in older individuals with hypertension.

Keywords: High-intensity interval exercise; Hypertension; Rating of perceived exertion; Older individuals; Water-based.

3.1 Introdução

O envelhecimento é um fenômeno mundial observado principalmente em países desenvolvidos, de forma que, em 2050, as estimativas indicam que indivíduos com 65 anos ou mais representem 16,7% da população global, cerca de 1,6 bilhão (HE; GOODKIND; KOWAL, 2016). A elevação da pressão arterial (PA) associada à idade é resultado do processo de envelhecimento nos órgãos (FUKUTOMI; KARIO, 2010). A hipertensão arterial sistêmica (HAS), caracterizada como o aumento sustentado da PA, é o fator de risco modificável mais importante para morbidade e mortalidade cardiovascular, afetando 36 milhões da população mundial (WHELTON et al., 2017). As principais diretrizes de HAS consideram exercício físico como a terapia não farmacológica mais importante na prevenção, controle e tratamento da HAS (WHELTON et al., 2017; WILLIAMS et al., 2018). Recentemente, o exercício intervalado de alta intensidade (HIIE) vêm ganhando notoriedade em populações clínicas devido aos efeitos superiores quando comparado ao exercício contínuo de intensidade moderada (MICE). De fato, quando realizado em piscina o HIIE demonstrou efeitos benéficos superiores ao MICE para melhorar a função hemodinâmica, vascular e autonômica cardíaca em indivíduos com HAS (SOSNER et al., 2016, 2019). No entanto, a prescrição e monitoramento do HIIE geralmente se baseiam em um teste ergoespirométrico máximo que requer um equipamento caro e procedimentos de calibração constante (MEYER et al., 2005), o que pode reduzir o acesso ao HIIE.

A escala de percepção de esforço (PSE) está fortemente associada a vários marcadores de intensidade de exercício (ou seja, limiares ventilatórios) e tem sido usada para prescrever, monitorar e regular as sessões de exercício (BORG, 1982; ESTON; WILLIAMS, 1988; HILL et al., 1987). Estudos anteriores demonstraram a eficácia de 6–20 PSE para HIIE e MICE prescritos e realizados em solo em diferentes populações (CIOLAC et al., 2015a; MARÇAL et al., 2020a; VIANA et al., 2019). Além disso, a PSE também foi eficaz para prescrever e autorregular MICE em piscina em populações cardíacas (CARVALHO; BOCCHI; GUIMARÃES, 2009; CIOLAC et al., 2015b). No entanto, até o momento, a utilidade da PSE para prescrever e autorregular HIIE em piscina aquecida em idosos com HAS ainda não foi esclarecida. Portanto, nosso objetivo foi analisar a utilidade da escala PSE (BORG, 1982) para a prescrição e autorregulação de HIIE e MICE em piscina aquecida em idosos com HAS. Nossa hipótese é que a FC de exercício do participante seria alterada entre o limiar anaeróbio (LA) e a FC do ponto de compensação respiratória (PCR) durante o HIIE e mantida entre o LA e o PCR (zona de treinamento de exercício aeróbio) durante MICE, o que apoiaria a utilidade do PSE escala para prescrição e autorregulação de exercícios em piscina aquecida nesta população.

3.2 Materiais e métodos

3.2.1 População e desenho do estudo

Quinze idosos sedentários ou insuficientemente ativos em tratamento farmacológico para HAS se ofereceram para participar deste estudo (**Tabela 1**). Os critérios de inclusão foram: 1) idade ≥ 60 anos; 2) diagnóstico de HAS (estágio 1 ou 2) há pelo menos 6 meses; 3) estar em tratamento anti-hipertensivo e sem alteração posológica há pelo menos 3 meses antes da inclusão; 4) pressão arterial (PA) sistólica / diastólica de consultório menor que 140/90 mmHg (WILLIAMS et al., 2018); 5) ter estilo de vida sedentário ou insuficientemente ativo (de acordo com o Questionário Internacional de Atividade Física previamente validado na população brasileira) (PARDINI et al., 2001); e 6) não estar envolvido em atividades físicas regulares ou exercícios nos últimos 3 meses. Não foram incluídos indivíduos com doenças cardiovasculares, respiratórias ou metabólicas não controladas, distúrbios musculoesqueléticos, tabagismo/etilismo, deficiência física e mental. Os participantes foram excluídos se mudassem o tratamento medicamentoso durante o estudo.

O estudo foi um estudo único centro, simples-cego e cruzado randomizado com duas intervenções. Todos os voluntários incluídos foram submetidos a uma primeira visita para histórico médico, avaliação antropométrica e teste ergoespirométrico máximo. Nas duas visitas seguintes (2-7 dias após), os participantes foram aleatoriamente designados (1: 1) para HIIE e MICE e piscina aquecida prescritos e autorregulados pela PSE com pelo menos 2 a 7 dias de intervalo entre as sessões. Os participantes leram uma descrição detalhada do protocolo e forneceram consentimento informado por escrito. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista (Protocolo: CAAE 966882818.3.0000.5398) e foi registrado no Clinicaltrials.gov (NCT04126785).

Tabela 1. Características dos participantes.

Variáveis	
<i>N (homens,mulheres)</i>	15 (7/8)
Idade (anos)	65±3
IMC (kg/m ²)	32±14
PAS (mmHg)	123±15
PAD (mmHg)	73±7
FC (bpm)	75±10
Tempo de hipertensão (anos)	11±4
<i>Tratamento</i>	
Inibidores da ECA	6%
Antagonistas do RA II	73%
Beta-bloqueadores	26%
Bloqueadores Canal CA+	6%
Diuréticos	46%
Antidiabético oral	40%

Os dados estão apresentados em média ± DP. CA+: Cálcio; ECA: enzima conversora de angiotensina; IMC: índice de massa corpórea; FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; RA II: receptores de angiotensina II.

3.2.3 Teste ergoespirométrico máximo

Os participantes realizaram um teste ergoespirométrico máximo limitado por sintomas em uma esteira (ATL™, Inbramed Inc., Porto Alegre, RS, Brasil) em temperatura ambiente controlada (20-23°C) no mesmo horário do dia (8h00). Os participantes foram solicitados a fazer uma refeição leve (café da manhã) até 2 horas antes do início das intervenções e a se abster de atividades físicas extenuantes e cafeína e bebidas alcoólicas por 24 horas antes de cada intervenção (NGOMANE et al., 2019). Um protocolo de Balke adaptado (CIOLAC et al., 2010) foi usado para avaliar os parâmetros cardiovasculares e ventilatórios. A FC foi avaliada por meio de um eletrocardiograma de 12 derivações (Ergo13™, HeartWare Inc., Belo Horizonte, MG, Brasil). A PA foi avaliada antes (PA_{REPOUSO}) usando um monitor automático de pressão arterial (Omron HEM 7200™, Omron Healthcare Inc., Dalian, China) em triplicata com os pacientes em posição sentada (2 min de intervalo entre as medições (LENFANT et al., 2003).

A PA foi avaliada uma vez durante o pico do teste (PA_{PICO}) e duas vezes durante a recuperação ($PA_{\text{RECUPERAÇÃO}}$) usando um método auscultatório (esfigmomanômetro de mercúrio, Heidji, São Paulo, Brasil) com o participante em pé (CIOLAC et al., 2015a). Parâmetros ventilatórios como ventilação ($\dot{V}E$), consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), produção de dióxido de carbono ($\dot{V}CO_2$), LA e PCR foram medidos respiração a respiração por um sistema computadorizado (Quark™; Cosmed, Roma, Itália). A FC foi então dividida em absoluta e relativa. A FC absoluta foi medida no LA (FC_{LA}), PCR (FC_{PCR}) e pico de esforço (FC_{PICO}) durante o teste ergoespirométrico máximo.

Os valores de FC relativa foram calculados como a porcentagem da FC de pico em relação à FC máxima prevista para a idade (% da FC_{MAX} prevista para a idade (%)) por % da FC_{MAX} prevista para a idade (%): $(FC_{\text{pico}} / FC_{\text{prevista}}) \times 100$. Ainda assim, para comparar a FC durante as sessões de exercício, o percentual da FC média durante a sessão de exercício em relação a FC_{LA} (% da FC_{LA}), determinado pelo teste ergoespirométrico máximo, foi calculado como % do $FC_{\text{LA}} = FC_{\text{sessão}} / FC_{\text{LA}} \times 100$, semelhante ao FC_{PCR} (% de FC_{PCR}) e FC_{MAX} (% de FC_{MAX}), conforme descrito anteriormente (CARVALHO; BOCCHI; GUIMARÃES, 2009).

O teste ergoespirométrico máximo foi considerado máximo pelos critérios da razão de troca respiratória (RER) $\geq 1,05$ e sintomas de esforço máximo (ou seja: $RPE \geq 18$ pontos). Os valores de RER foram registrados como a média das amostras obtidas durante cada estágio do protocolo. O maior nível de $\dot{V}O_2$ foi considerado o valor máximo ($\dot{V}O_{2\text{MAX}}$) (CIOLAC et al., 2015a). LA foi determinado pelo método \dot{V} -slope, e PCR foi determinado como o ponto no qual um rápido aumento em $\dot{V}E / \dot{V}CO_2$ e uma queda na pressão parcial de CO_2 foram observados (WASSERMAN, K. et al., 2004). Dois revisores (I.R.M. e R.P.L.) avaliaram independentemente os parâmetros teste ergoespirométrico máximo (LA e PCR). Em caso de discordância de classificação, a concordância foi resolvida por um terceiro revisor (E.G.C) (CIOLAC et al., 2015a).

3.2.4 Sessões experimentais

As sessões de exercícios foram realizadas no mesmo horário do dia (8h00). Os participantes tiveram um intervalo entre 2 a 7 dias para comparecer às sessões de exercícios após o teste ergoespirométrico máximo e o intervalo entre as sessões de exercícios foi de pelo menos 2 a no máximo 7 dias. As sessões de exercício foram controladas pela escala 6-20 PSE (BORG, 1982), que foi correlacionada com teste ergoespirométrico máximo (LA, PCR e FC de reserva [FC_{RESERVA}]) (CIOLAC et al., 2015a; VIANA et al., 2019). A sessão de HIIE consistiu em 4 min de caminhada (aquecimento) ao nível 9 da PSE, seguidos por 21 min de HIIE

($HIIE_{TOTAL}$) alternando 1 min de trote / corrida ao nível 15-17 ($HIIE_{HIGH}$) com 2 min de caminhada em nível 9 -11 da PSE ($HIIE_{LOW}$). MICE consistiu em 4 min de caminhada (aquecimento) ao nível 9 da PSE, seguido por 26 min de MICE (caminhada em nível 11-13 da PSE). Todas as sessões foram realizadas em piscina aquecida (30-32°C), com os participantes submersos até o nível do peito (processo xifóide). Um pesquisador cego para os parâmetros teste ergoespirométrico máximo instruiu os participantes durante o MICE com as seguintes frases motivacionais "lembre-se de manter seu esforço entre bastante leve e um pouco difícil", "se você pode andar mais rápido, aumente a velocidade", "se for cansativo, você pode reduzir a velocidade", e "se você estiver entre bastante leve e um pouco cansativo, mantenha a velocidade" conforme descrito anteriormente (CIOLAC et al., 2015b). As instruções verbais durante $HIIE_{HIGH}$ foram "mantenha seu esforço entre forte e muito forte", "vá mais rápido do que você pode para atingir a meta" e "vamos, vamos", enquanto para $HIIE_{LOW}$ foram "diminua sua velocidade", "mantenha seu esforço entre leve e razoavelmente leve", "vá devagar" e "recupere seu esforço / respiração". Durante as intervenções, a FC foi registrada usando um monitor de FC (sistema de monitor de FC Polar RS800CX™, Polar Electro Inc, Kempele, Finlândia) a cada 1 min em $HIIE$ e a cada 2 min em MICE (VIANA et al., 2019).

3.2.5 Análise estatística

Os dados estão apresentados como média \pm desvio padrão (DP) ou erro padrão (SE). Os testes de Shapiro-Wilk e Levene foram utilizados para testar a normalidade e homocedasticidade dos dados, respectivamente. ANOVA de dois caminhos com medidas repetidas (intervenção vs tempo) foi usada para indicar diferenças intra e inter intervenções na FC absoluta e na FC relativa durante o exercício. A análise *post hoc* de Bonferroni foi usada para identificar diferenças significativas indicadas por ANOVA de dois caminhos. O nível estatisticamente significativo foi estabelecido em $P < 0,05$.

3.3 Resultados

As variáveis do teste ergoespirométrico máximo estão apresentadas na **Tabela 2**. LA e RCP ocorreram entre $60 \pm 22\%$ e $74 \pm 26\%$ do $\dot{V}O_{2MAX}$ respectivamente. Todos os participantes apresentaram RER acima de 1,05 (1,05 a 1,50) e $PSE \geq 18$ pontos na última etapa do teste ergoespirométrico máximo, sugerindo que realizaram esforços máximos [18]. No entanto, os participantes apresentaram níveis de HR_{MAX} mais baixos (23 ± 12 bpm) do que o HR_{MAX} prevista para a idade.

Tabela 2. Teste ergoespirométrico máximo.

Variável	
FC _{REPOUSO} (bpm)	73 ± 13
FC _{L1} (bpm)	104 ± 15
FC _{L2} (bpm)	119 ± 16
HR _{MAX} (bpm)	131 ± 21
% FC _{MAX} predita pela idade (%)	84 ± 13
PA _{REPOUSO} (sistólica/diastólica) (mmHg)	126 ± 16 / 77 ± 7
PA _{PICO} (sistólica/diastólica) (mmHg)	175 ± 23 / 90 ± 10
PA _{REC} (sistólica/diastólica) (mmHg)	158 ± 20 / 89 ± 9
$\dot{V}O_{2L1}$ (mL · kg ⁻¹ · min ⁻¹)	13.4 ± 2.2
$\dot{V}O_{2L2}$ (mL · kg ⁻¹ · min ⁻¹)	16.3 ± 3.0
$\dot{V}O_{2MAX}$ (mL · kg ⁻¹ · min ⁻¹)	17.2 ± 2.9
RER	1.24 ± 0.16
Duração do exercício (min)	13.0 ± 0.1

Data are expressed in mean ± SD. AT: anaerobic threshold; BP: blood pressure; HR: heart rate; RER: respiratory exchange ratio; RCP: respiratory compensation point; $\dot{V}O_2$: oxygen uptake.

As sessões de exercícios foram bem toleradas por todos os participantes e nenhum evento adverso ocorreu durante o estudo. Houve diferença significativa na FC absoluta durante as sessões HIIE e MICE (HIIE_{TOTAL} = 100 ± 16 bpm; MICE = 89 ± 16 bpm; $P < 0,05$), e a FC absoluta foi significativamente maior ($P = < 0,001$) durante a alta (HIIE_{HIGH} = 112 ± 19 bpm) e níveis mais baixos (HIIE_{LOW} = 96 ± 20 bpm) de HIIE (**Figura 1**). A FC medida a cada 1 min do HIIE mostrou que HIIE_{LOW} permaneceu - 11 ± 15 bpm e - 34 ± 14 bpm abaixo do FC_{LA} e FC_{PCR}, respectivamente, enquanto HIIE_{HIGH} permaneceu 4 ± 17 bpm do FC_{LA} e - 22 ± 13 bpm do FC_{PCR}. O MICE demonstrou FC menor que a FC_{LA} - 17 ± 14 bpm e a FC_{PCR} - 54 ± 13 bpm.

Além disso, HIIE_{HIGH} mostrou um aumento contínuo da FC durante as sessões de exercício em 5 min (105 ± 19 bpm), 8 min (110 ± 18 bpm), 11 min (113 ± 33), 14 min (113 ± 21), 17 (114 ± 21 bpm), 20 min (113 ± 19) e 23 min (118 ± 20).

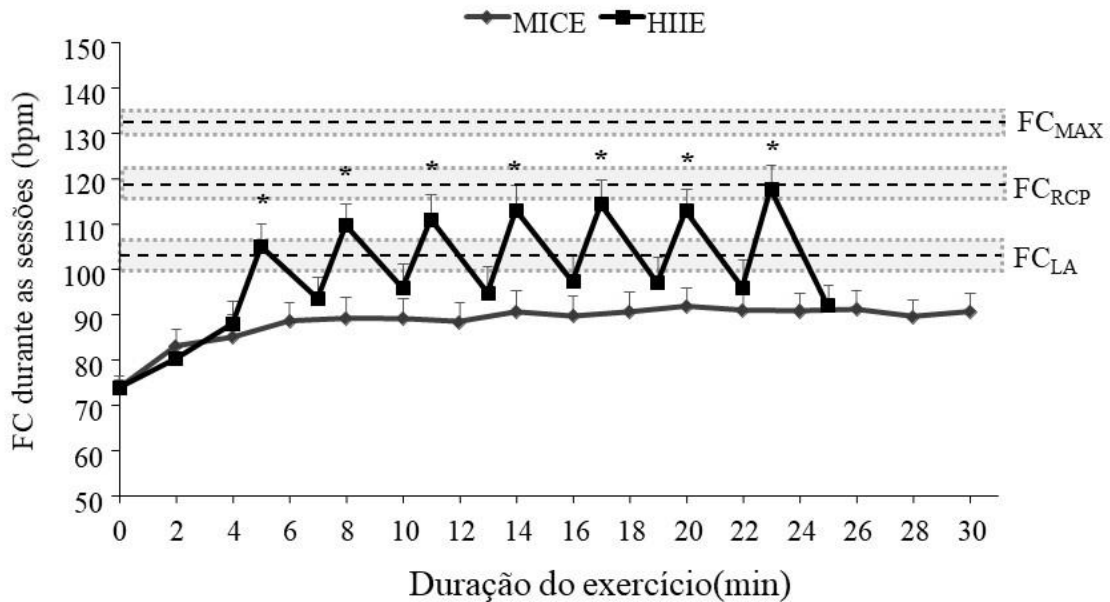


Figura 1. Valores absolutos da frequência cardíaca durante HIIE e MICE. * denota diferença significativa de HIIE_{LOW} e MICE ($P < 0,05$).

3.4 Discussão

A prescrição de exercícios é comumente baseada em teste ergoespirométrico, que requer equipamentos caros dependentes de procedimentos de calibração (MEYER et al., 2005) e geralmente não está disponível para serem realizados em ambientes aquáticos (GRAEF; KRUEL, 2006). Além disso, o controle das sessões de exercícios por meio de ferramentas de FC (smartwatch) pode não ser acessível à população em geral e a palpação digital das artérias superficiais demonstrou uma baixa qualidade de medição (EKKEKAKIS et al., 2004). Portanto, a PSE tem sido amplamente investigada para a prescrição e regulação das sessões de exercícios desde a última década (CIOLAC et al., 2015a, 2015b; HILL et al., 1987; MARÇAL et al., 2020a; VIANA et al., 2019). Entretanto, de acordo com o nosso conhecimento e até onde foi possível localizar na literatura, nenhum dos estudos anteriores investigou a PSE para orientar HIIE e MICE em piscina aquecida em idosos com HAS. O principal achado do presente estudo foi que a PSE pode ser uma ferramenta simples, barata e útil para prescrever e autorregular HIIE em piscina aquecida em indivíduos idosos com HAS. Porém, a FC foi menor do que o

esperado durante o MICE, podendo ser necessário analisar o melhor uso da PSE em piscina aquecida nesta população.

Os exercícios em piscina demonstraram promover uma resposta bradicárdica da FC entre ~ 7 a 25 bpm em comparação com os exercícios em solo na população em geral, dependendo da posição do corpo, profundidade de imersão e temperatura da água (GRAEF; KRUEL, 2006). Quando mulheres jovens realizaram testes ergoespirométricos máximos em piscina, relações significativas foram observadas nos níveis 12-13 e 14-17 da PSE, que corresponderam a 46-63% (moderado) e 64-90% (vigoroso) de $\dot{V}O_{2MAX}$ (ALBERTON et al., 2016). De fato, por causa dessas diferenças nas respostas da FC, foi previamente recomendado subtrair a FC de 1 minuto na piscina de uma FC baseada em solo de 1 minuto para atender à redução na FC causada pela imersão na água (AVERS, 2020). Na população cardiovascular, o MICE prescrito e autorregulado pela PSE levou a FC do paciente entre o LA e PCR, todavia, o grupo de piscina aquecida apresentou uma menor FC comparado ao solo (CARVALHO; BOCCHI; GUIMARÃES, 2009; CIOLAC et al., 2015b). Por outro lado, estudos anteriores argumentam que a pressão hidrostática e a temperatura da água durante o exercício podem resultar em aumento da resposta cardiovascular em indivíduos com hipertensão e insuficiência cardíaca (CARVALHO; BOCCHI; GUIMARÃES, 2009; MARÇAL et al., 2020b), o que pode ser potencialmente perigoso para a população cardíaca. Assim, as respostas de imersão em idosos com hipertensão são menos claras e há necessidade de futuros ensaios randomizados que esclareçam isso.

Estudos prévios investigando a eficácia da PSE foram em indivíduos com idade variando de ~ 27 a 52 anos (CARVALHO; BOCCHI; GUIMARÃES, 2009; CIOLAC et al., 2015a, 2015b; VIANA et al., 2019), o que não está de acordo com a população idosa apresentada no presente estudo (65 ± 3 anos). Ainda, como os indivíduos do nosso estudo eram sedentários e, em sua maioria, nunca haviam realizado nenhum exercício na piscina antes, eles podiam sentir falta de confiança e medo da água, afetando seu desempenho ao exercício e a resposta da FC. Além disso, a PSE envolve os sistemas central (e.g.: cardiovascular, pulmonar) e periférico (e.g.: músculo-esquelético) durante o exercício (GROSLAMBERT; MAHON, 2006). É bem documentado que a sarcopenia relacionada à idade e a perda de força muscular reduzem a tolerância ao exercício em indivíduos idosos (CIOLAC, 2013). Portanto, pode-se hipotetizar que idosos sedentários podem apresentar uma menor resposta da FC durante o MICE em piscina aquecida devido à diferente percepção de esforço nas respostas centrais e periféricas. Assim, estudos futuros analisando indivíduos ativos e menos ativos são necessários para compreender os mecanismos da PSE durante o exercício piscina.

Exercício em piscina aquecida mostrou benefícios superiores comparado ao exercício

em solo nas variáveis hemodinâmicas e vasculares em indivíduos idosos com HAS (BOCALINI et al., 2017; GUIMARÃES et al., 2014; NGOMANE et al., 2019), com melhorias superiores no HIIE do que MICE na PA ambulatorial e rigidez arterial (SOSNER et al., 2016, 2019). Em concordância, nossos resultados mostraram que a PSE foi eficaz no HIIE prescrito e autorregulado, o que pode ser explicado pelo esforço máximo realizado endossado pelas respostas de FC mais baixas devido à condição hídrica. Neste sentido, o HIIE em piscina aquecida deve ser considerado um aliado no tratamento e controle da hipertensão, principalmente em idosos. No entanto, o uso da PSE em piscina aquecida deve ser mais bem investigado. Por exemplo, Colado et al. 2019 desenvolveu a Escala de Ciclismo Aquático como uma ferramenta apropriada para monitorar a intensidade do esforço durante o ciclismo aquático em homens saudáveis (GARZON; COMTOIS, 2020). Considerando nossos achados que mostram a resposta da FC mais baixa ao MICE, estudos futuros devem se concentrar na análise do melhor uso da PSE (ou seja: adaptação de 13-15 do RPE ao MICE em exercícios aquáticos) ou novas alternativas para realizar exercícios em piscina aquecida com base nesta população.

A principal limitação deste estudo é o desenho, visto que uma única sessão de exercícios não permite afirmar que os resultados encontrados persistiriam após um longo período de treinamento físico. No entanto, para avaliar qualquer intervenção de exercício é necessário primeiro avaliar a resposta aguda, caso contrário, estudos envolvendo treinamento de exercício podem não ser justificados sem uma resposta aguda eficiente e segura. Outra possível limitação é que os participantes faziam diferentes tratamentos medicamentosos para hipertensão e não é possível determinar se isso poderia influenciar a resposta cardiovascular. Porém, o teste ergoespirométrico máximo e as sessões de exercícios foram realizados no mesmo horário do dia e com os participantes em uso de seus medicamentos, o que minimiza a influência dos medicamentos na resposta da FC entre as intervenções. Finalmente, as instruções verbais fornecidas durante as sessões de exercícios podem influenciar a intensidade do exercício dos pacientes, e não está claro se a mesma resposta da FC ocorreria sem essas instruções.

O exercício em piscina aquecida pode ser uma alternativa importante para facilitar o desempenho do exercício, permitindo o uso de altas intensidades em comparação ao exercício em solo em indivíduos com distúrbios musculoesqueléticos. Assim como o efeito terapêutico nas articulações doloridas devido a temperatura mais elevada (AVERS, 2020). Essas vantagens podem aumentar a adesão e a participação dos idosos nas sessões de exercícios. Em concordância, nossos resultados mostraram que a PSE pode ser uma ferramenta simples, barata e útil para prescrever e autorregular HIIE em piscina aquecida em indivíduos idosos com HAS. Entretanto, a FC durante o MICE prescrita e autorregulada pela PSE não atingiu a zona de treinamento aeróbio. Em contraste com estudos anteriores que mostram que a PSE é uma

ferramenta eficiente para prescrever exercícios em piscina aquecida em intensidade moderada em população com doença cardiovascular (CARVALHO; BOCCHI; GUIMARÃES, 2009; CIOLAC et al., 2015b), em população jovem normotensa (ALBERTON et al., 2016; CIOLAC et al., 2015a; MARÇAL et al., 2020a), ou com o uso de equipamentos (GARZON; COMTOIS, 2020). Desta forma, os autores sugerem que estudos futuros devem adequar a PSE para MICE em piscina aquecida (ou seja: 13-15) ou explorar novas alternativas acessíveis e de baixo custo além da PSE para prescrever e autorregular MICE considerando a idade, os níveis de atividade física, e doenças específicas.

3.5 Conclusão

A escala de PSE entre 15-17 é uma ferramenta útil para prescrever e autorregular HIIIE à em piscina aquecida em idosos com HAS. No entanto, MICE nos níveis 11-13 demonstrou menor resposta de FC do que LA E PCR. Estudos futuros investigando ajustes na PSE ou usando novas alternativas para exercícios aeróbicos em piscina aquecida prescritos e autorregulados pela PSE em idosos com HAS são necessários.

3.6 Referências

ALBERTON, C. L. et al. Rating of perceived exertion in maximal incremental tests during head-out water-based aerobic exercises. *Journal of Sports Sciences*, v. 34, n. 18, p. 1691–1698, 2016.

AVERS, D. *Exercise and Physical Activity for Older Adults*. 4. ed. [s.l.] Elsevier Inc., 2020.

BOCALINI, D. S. et al. Post-exercise hypotension and heart rate variability response after water- and land- ergometry exercise in hypertensive patients. p. 1–14, 2017.

BORG, G. A. V. *Psychophysical Bases of Perception Exertion*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1982.

CARVALHO, V. O.; BOCCHI, E. A.; GUIMARÃES, G. V. The Borg Scale as an important tool of self-monitoring and self-regulation of exercise prescription in heart failure patients during hydrotherapy - A randomized blinded controlled trial. *Circulation Journal*, v. 73, n. 10, p. 1871–1876, 2009.

CIOLAC, E. G. et al. Effects of high-intensity aerobic interval training vs. moderate exercise on hemodynamic, metabolic and neuro-humoral abnormalities of young normotensive women at high familial risk for hypertension. *Hypertension Research*, v. 33, n. 8, p. 836–843, 2010.

CIOLAC, E. G. Exercise training as a preventive tool for age-related disorders : a brief review. v. 2013, n. 05, p. 710–717, 2013.

CIOLAC, E. G. et al. Rating of perceived exertion as a tool for prescribing and self regulating interval training: A pilot study. *Biology of Sport*, v. 32, n. 2, p. 103–108, 2015a.

CIOLAC, E. G. et al. Prescribing and regulating exercise with RPE after heart transplant: A pilot study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 47, n. 7, p. 1321–1327, 2015b.

EKKEKAKIS, P. et al. Practical markers of the transition from aerobic to anaerobic metabolism during exercise : rationale and a case for affect-based exercise prescription. v. 38, p. 149–159, 2004.

ESTON, R. G.; WILLIAMS, J. G. Reability of rating of perceived effort regulation of exercise intensity. v. 22, n. 4, p. 153–155, 1988.

FUKUTOMI, M.; KARIO, K. Aging and hypertension. *Expert Review of Cardiovascular Therapy*, v. 8, n. 11, p. 1531–1539, 2010.

GARZON, M.; COMTOIS, A. S. Discussion of “concurrent and construct validation of a scale for rating perceived exertion in aquatic cycling for young men”. *Journal of Sports Science and Medicine*, v. 19, n. 1, p. 231–232, 2020.

GRAEF, F. I.; KRUEL, L. F. M. Heart rate and perceived exertion at aquatic environment: Differences in relation to land environment and applications for exercise prescription - A review. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 12, n. 4, p. 221–228, 2006.

GROSLAMBERT, A.; MAHON, A. D. Influence of Age and Cognitive Development. *Sports Med*, v. 36, n. 11, p. 911–928, 2006.

GUIMARÃES, G. V. et al. Heated water-based exercise training reduces 24-hour ambulatory blood pressure levels in resistant hypertensive patients: A randomized controlled trial (HEX

trial). *International Journal of Cardiology*, v. 172, p. 434–441, 2014.

HE, W.; GOODKIND, D.; KOWAL, P. *An Aging World: 2015 International Population Reports*. Aging, n. March, p. 165, 2016.

HILL, D. W. et al. Effect of training on the rating of perceived exertion at the ventilatory threshold. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, v. 56, n. 2, p. 206–211, 1987.

LENFANT, C. et al. Seventh report of the Joint National Committee on the prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure (JNC 7): Resetting the hypertension sails. *Hypertension*, v. 41, n. 6, p. 1178–1179, 2003.

MARÇAL, I. R. et al. Prescribing High-intensity Interval Exercise by Rating of Perceived Exertion in Young Individuals. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. In Press, 2020a.

MARÇAL, I. R. et al. Hemodynamic Response to Heated Water Immersion in Older Individuals with Hypertension. *Blood Pressure Monitoring*, v. In Press, 2020b.

MEYER, T. et al. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters - Theory and application. *International Journal of Sports Medicine, Supplement*, v. 26, n. 1, 2005.

NGOMANE, A. et al. Hypotensive Effect of Heated Water-based Exercise in Older Individuals with Hypertension. *Int J Sports Med* 2019;, v. 40, p. 283–291, 2019.

PARDINI, R. et al. Validation of the international questionnaire of physical activity level (IPAQ - version 6): Pilot study in young Brazilian adults. *Rev Bras Cien Mov*, v. 9, p. 45–51, 2001.

SOSNER, P. et al. Ambulatory blood pressure reduction following high-intensity interval exercise performed in water or dryland condition. *Journal of the American Society of Hypertension*, v. 10, n. 5, p. 420–428, 2016.

SOSNER, P. et al. Ambulatory blood pressure reduction following 2 weeks of high-intensity

interval training on an immersed ergocycle. *Archives of Cardiovascular Diseases*, 2019.

VIANA, A. A. et al. Prescribing high-intensity interval exercise by rpe in individuals with type 2 diabetes: Metabolic and hemodynamic responses. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, v. 44, n. 4, p. 348–356, 2019.

WASSERMAN, K. et al. *Principles of Exercise Testing and Interpretation*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004.

WHELTON, P. K. et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: : Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association. *Hypertension*, v. 71, n. 6, p. 1269–1324, 2017.

WILLIAMS, B. et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH). [s.l: s.n.]. v. 39

CAPÍTULO 4

Estudo 3 - Exercício intervalado de alta intensidade versus contínuo de moderada intensidade em piscina aquecida nas respostas hemodinâmicas e cardíacas autonômicas em idosos com hipertensão arterial sistêmica

Heated water-based high-intensity interval vs moderate-intensity continuous exercise on hemodynamic and cardiac autonomic responses in older individuals with hypertension

Autores: Isabela Roque Marçal, Vanessa Teixeira do Amaral, Bianca Fernandes, Raphael Martins de Abreu, Cristian Alvarez, Guilherme Veiga Guimarães, Véronique A Cornelissen, Emmanuel Gomes Ciolac

Artigo submetido na *European Journal of Applied Physiology* (fator de impacto 2.580)

Resumo

A hipotensão pós-exercício (HPE) é um mecanismo importante no tratamento da hipertensão, mas não está claro se uma única sessão de exercício intervalado de alta intensidade (HIIE) maximiza a HPE mais do que o exercício contínuo de intensidade moderada (MICE) em indivíduos idosos com hipertensão arterial sistêmica (HAS). Nosso objetivo foi avaliar as respostas hemodinâmicas, autonômicas cardíacas e vasculares ao HIIE em piscina aquecida versus MICE em piscina aquecida em idosos com HAS. Vinte idosos (67 ± 7 anos) em tratamento farmacológico para HAS foram randomizados para realizar, em dias distintos, uma única sessão de HIIE, MICE e controle (CON) todos em piscina aquecida ($30-32^{\circ}\text{C}$). A pressão arterial (PA), a rigidez arterial, a reatividade endotelial e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) foram medidas antes (PRÉ), imediatamente após (PÓS) e após 45 minutos (REC) das sessões. A PA e a FC ambulatoriais (VFC de longo prazo) foram realizadas por 24 horas após cada intervenção. Os resultados mostraram que a PA sistólica aumentou no PÓS ($P < 0,05$) em CON (29 ± 3 mmHg), MICE (19 ± 3 mmHg) e HIIE (9 ± 4 mmHg), enquanto apenas HIIE retornou a níveis de PRE semelhantes em REC. O HIIE promoveu uma resposta maior nos marcadores de modulação parassimpática no REC em comparação ao MICE (índice de alta frequência [HFIn, nu]: $0,14 \pm 0,06$, $P = 0,02$) e CON (intervalos médios R-R: $0,02 \pm 0,01$, $P = 0,05$). Entretanto, durante a noite HIIE demonstrou uma modulação parassimpática mais baixa do que CON (HFIn, nu: $-0,06 \pm 0,03$, $P = 0,05$). Além disso, a VFC manteve-se perturbada 24 horas após HIIE e MICE em comparação com CON. Esses resultados podem ter implicações importantes em intervenções em piscina aquecida realizadas por idosos com HAS.

Abstract

Post-exercise hypotension (PEH) is an important tool in the management of hypertension, but it is not known if a single session of high-intensity interval exercise (HIIE) maximizes PEH more than moderate-intensity continuous exercise (MICE) in older individuals with hypertension. We aimed to assess hemodynamic, cardiac autonomic, and vascular responses to heated water-based HIIE versus MICE in older individuals with hypertension. Twenty older individuals (67 ± 7 y) under pharmacological treatment for hypertension were randomly to perform, in different days, a single session of HIIE, MICE, and control (CON) in a heated pool ($30\text{-}32^\circ\text{C}$). Blood pressure (BP), arterial stiffness, endothelial reactivity, and heart rate variability (HRV) were measured before (PRE), immediately after (POST), and after 45 min (REC). Ambulatory BP and HR (long-term HRV) were performed for 24-h after each intervention. The results showed that systolic BP increased at POST ($P \leq 0.05$) in CON (29 ± 3 mmHg), MICE (19 ± 3 mmHg), and HIIE (9 ± 4 mmHg), whereas only HIIE returned to similar PRE levels at REC. HIIE promoted a higher response on markers of parasympathetic modulation at REC compared to MICE (high-frequency index [$\text{HF}_{\text{ln,nu}}$]: 0.14 ± 0.06 , $P = 0.02$) and CON (mean intervals R-R: 0.02 ± 0.01 , $P = 0.05$). By contrast, during night-time HIIE demonstrated a lower parasympathetic modulation than CON ($\text{HF}_{\text{ln,nu}}$: -0.06 ± 0.03 , $P = 0.05$). In addition, HRV maintained perturbed 24-h post HIIE and MICE compared to CON. These results may have important implications in water-based interventions performed by older individuals with hypertension.

4.1 Introdução

A HAS é uma doença crônica multifatorial caracterizada por elevações sustentadas da pressão arterial (PA) e altamente prevalente entre indivíduos mais velhos (Williams et al. 2018). É o fator de risco modificável mais importante para morbidade e mortalidade cardiovascular, afetando 36 milhões da população global (Whelton et al. 2017). Em todas as diretrizes de HAS, a prática regular de exercícios é considerada fundamental no manejo não farmacológico da HAS (Williams et al. 2018). Mesmo uma única sessão de exercício já pode promover reduções imediatas na PA, diminuindo a PA do paciente por um período sustentado de tempo dentro de faixas mais normais. Este fenômeno, denominado hipotensão pós-exercício (HPE) (MacDonald 2002), varia de acordo com as características do exercício aplicado (Cornelissen e Fagard 2004).

Uma única sessão de exercício intervalado de alta intensidade (HIIE) mostrou HPE superior do que uma sessão de exercício contínuo de intensidade moderada (MICE) em indivíduos com hipertensão (Ciolac et al. 2009; Sosner et al. 2016). Em concordância, uma meta-análise recente mostrou que sessões únicas de HIIE foram mais eficazes na indução de HPE em 45 a 60 minutos após uma sessão de HIIE em comparação com MICE em adultos saudáveis (12 estudos; n = 196; idade: 20-75 anos) (Perrier-melo et al. 2020). Por outro lado, a meta-análise de Price et al 2020 não encontrou diferenças na PAS até 60 minutos após uma única sessão de HIIE versus MICE (22 estudos; n = 399; idade: 23-74) (Price et al. 2020). Portanto, a eficácia de uma única sessão de HIIE em comparação com MICE em PEH é menos clara.

A piscina aquecida promove adaptações fisiológicas imediatas devido à pressão hidrostática, fluutuabilidade e viscosidade (Pendergast et al. 2015). Essas respostas podem diferir de acordo com a temperatura da água e o nível de imersão do indivíduo (Gabrielsen et al. 1993). A piscina aquecida também melhorou as variáveis hemodinâmicas em indivíduos com doenças cardiovasculares (Cider et al. 2003; Guimarães et al. 2014), tais como, aumento do débito cardíaco e do volume sistólico (Becker et al. 2009), redução da resistência vascular (Šrámek et al. 2000), supressão do sistema nervoso simpático e do sistema renina-angiotensina foram observados (Pendergast et al. 2015). Além disso, o exercício na água pode ser uma alternativa mais viável em indivíduos idosos devido à menor carga musculoesquelética, ideal para indivíduos com lesões ortopédicas (Avers 2020), lombalgia ou pacientes obesos (Wasser et al. 2016). De fato, a piscina aquecida pode ser uma alternativa eficaz para facilitar a execução adequada do exercício (Ngomane et al. 2019) e, conseqüentemente, também pode aumentar a complacência do indivíduo (Igarashi e Nogami 2018). Além disso, estudos demonstraram

MICE em piscina aquecida promoveu uma maior resposta anti-hipertensiva aguda (Bocalini et al. 2017; Ngomane et al. 2019) e cônica (Guimarães et al. 2014) quando comparados a uma sessão em solo em idosos com HAS. No entanto, as respostas de HPE ao HIIE realizadas em piscina aquecida necessitam ser mais bem elucidadas na literatura.

Estudos tem demonstrado um efeito superior do HIIE, tanto após uma sessão aguda quanto na intervenção de treinamento regular na PA em comparação com MICE. Embora o HIIE possa não ser viável para um grande grupo de pacientes devido à tolerância limitada para atividades terrestres (ex. sustentação de peso (Nelson et al. 2007) ou doenças com limitações de movimento (ex. 80% dos indivíduos mais velhos apresentam joelho osteoartrite (Sharma et al. 2006)). O HIIE em piscina aquecida pode, portanto, ser uma solução melhor. O objetivo deste estudo foi avaliar a resposta hemodinâmica, autonômica cardíaca e vascular do HIIE versus MICE realizado em piscina aquecida em idosos em tratamento para HAS. Nossa hipótese primária era que o HIIE seria superior ao MICE para melhorar agudamente a PA, bem como os mecanismos relacionados com a HPE (hipótese secundária), ou seja, a frequência cardíaca (FC), variabilidade da frequência cardíaca (VFC), rigidez arterial e reatividade endotelial.

4.2 Materiais e métodos

4.2.1 População e desenho do estudo

Foram recrutamos homens e mulheres idosos, tratados farmacologicamente para HAS. Os critérios de inclusão foram: 1) ≥ 60 anos; 2) diagnosticado com hipertensão (estágio 1 ou 2) 6 meses antes da inscrição; 3) nenhuma mudança no tratamento anti-hipertensivo nos últimos 3 meses; 4) pressão arterial (PA) de consultório menor que 140/90 mmHg (Williams et al. 2018); e 5) não estar envolvido em nenhum programa de exercícios estruturado ou ser fisicamente inativo (fazendo ≤ 150 minutos de atividade física por semana) avaliado por meio do Questionário Internacional de Atividade Física (Pardini et al. 2001). Indivíduos com doenças cardiovasculares, respiratórias ou metabólicas não controladas, distúrbios musculoesqueléticos, fumantes / abuso de álcool, deficiência física e mental. Os participantes foram excluídos se não aderiram 100% à intervenção de exercício ou quando houve uma mudança no tratamento medicamentoso durante o estudo.

Trinta e nove voluntários atenderam ao chamado de participação por meio das redes sociais e folders expostos no transporte público de Bauru, Brasil. Após explicações detalhadas sobre o protocolo do estudo e os critérios de inclusão, 29 indivíduos se apresentaram como voluntários para uma primeira consulta de triagem. O tamanho da amostra foi calculado com

base em estudo anterior, enquanto a estimativa do efeito do tamanho sugeriu que uma amostra geral de 15 indivíduos seria necessária para fornecer um poder de 90% para detectar uma redução de 5 ± 4 mmHg na PA sistólica ambulatorial de 24 h após a água. exercício baseado, com 2 lados α de $<0,05$ (Ngomane et al. 2019). O estudo utilizou um desenho cruzado de três braços randomizado simples-cego usando envelopes lacrados. Durante a visita de triagem, os participantes preencheram um questionário de histórico médico, foram submetidos a medidas antropométricas e realizaram um teste de esforço máximo graduado. Durante as três visitas seguintes, os participantes realizaram uma sessão de HIIE, MICE e CON em ordem aleatória (1: 1: 1).

Os participantes foram informados sobre o conteúdo da sessão de exercícios apenas no momento da entrada na piscina. Cada sessão começou às 08h00. Os participantes foram convidados a tomar um café da manhã leve 2 horas antes da sessão e a se abster de atividades físicas extenuantes, cafeína e bebidas alcoólicas por 24 horas antes de cada intervenção (Ngomane et al. 2019). Pressão arterial, FC, rigidez arterial, reatividade endotelial e VFC foram medidos antes (PRE) de entrar na piscina, imediatamente (PÓS) fora da piscina e 45 minutos (REC) após sair da piscina. Após a última medição do REC, os participantes tiveram um tempo de higiene pessoal (por exemplo: banho), após o qual os participantes foram equipados com um dispositivo de monitoramento ambulatorial da PA e eletrocardiográfico ambulatorial de 24 horas. (Figura 1). Antes da inscrição, os participantes leram uma descrição detalhada do protocolo e forneceram consentimento informado por escrito para participar e para publicação. O estudo foi relatado de acordo com as diretrizes da Declaração CONSORT (Schulz et al. 2010). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista (Protocolo: CAAE 966882818.3.0000.5398) e foi registrado no Clinicaltrials.gov (NCT04126785).

4.2.2 Teste Ergoespirométrico Máximo

Os participantes realizaram um teste ergométrico graduado máximo limitado por sintomas (ATL TM, Inbramed Inc., Porto Alegre, RS, Brasil) usando um protocolo Balke adaptado. A frequência e o ritmo cardíacos foram avaliados continuamente por meio de um eletrocardiograma de 12 derivações (Ergo13 TM, HeartWare Inc., Belo Horizonte, MG, Brasil). Esforço máximo foi assumido quando os participantes alcançaram um pico de relação de troca respiratória (RER) $\geq 1,05$, relataram sintomas de esforço máximo (por exemplo: incapaz de continuar na mesma intensidade) e relataram um RPE ≥ 18 pontos (Ciolac et al. 2015). A pressão arterial (Omron HEM 7200 TM, Omron Healthcare Inc., Dalian, China) foi avaliada antes,

durante e após o teste, conforme descrito anteriormente (Ciolac et al. 2011).

4.2.3 Pressão arterial e frequência cardíaca em repouso

A pressão arterial e a FC foram medidas na fase PRE (após 10 min de repouso), PÓS e REC de cada intervenção, usando um monitor automático de pressão arterial (Omron HEM 7200™, Omron Healthcare Inc., Dalian, China) (Ngomane et al. 2019; Viana et al. 2019). Todas as medidas de PA foram realizadas em triplicata com os pacientes sentados (intervalo de dois minutos entre as medidas) (Lenfant et al. 2003). A média das três medidas da PA e das três medidas da FC foi calculada e utilizada na análise dos dados.

4.2.4 Rigidez arterial e reatividade endotelial

Após as medições da PA em repouso, a rigidez arterial foi avaliada de forma não invasiva por meio da velocidade da onda de pulso carótido-femoral (VOP), após 5 minutos de repouso na posição supina e, em seguida, POST e REC na artéria carótida comum e na artéria femoral comum (Vicorder™, SMT Medical GmbH & Co., Wuerzburg, Alemanha). A distância entre os locais de registro (d) foi medida em linha reta com um medidor flexível, e PWV foi calculado automaticamente como $PWV = d / t$, onde t é o tempo de trânsito do pulso conforme descrito anteriormente (Viana et al. 2019). A reatividade endotelial (Endocheck™, Vicorder™, SMT Medical GmbH & Co., Wuerzburg, Alemanha) foi medida de forma não invasiva como vasodilatação mediada por fluxo (FMD) para hiperemia reativa, que foi provocada por deslocamento de volume de pulso, obtido por insuflação de um manguito (manguito de oclusão) posicionado distalmente ao redor do antebraço (logo acima do pulso) e um segundo manguito (manguito de teste) posicionado distalmente ao redor do braço (logo acima do cotovelo). As formas de onda de pulso foram registradas primeiro na linha de base por 10 s. O manguito de oclusão foi então inflado a 200 mm Hg por 5 min, e as formas de onda do volume de pulso foram registradas por 3 min após a liberação do manguito de oclusão. O deslocamento do volume de pulso foi calculado usando a equação $\sqrt{PV2 / PV1}$, onde PV1 representa a forma de onda do volume de pulso na linha de base e PV2 representa a forma de onda do volume de pulso durante a hiperemia (Arrebola-moreno et al. 2012; Viana et al. 2019).

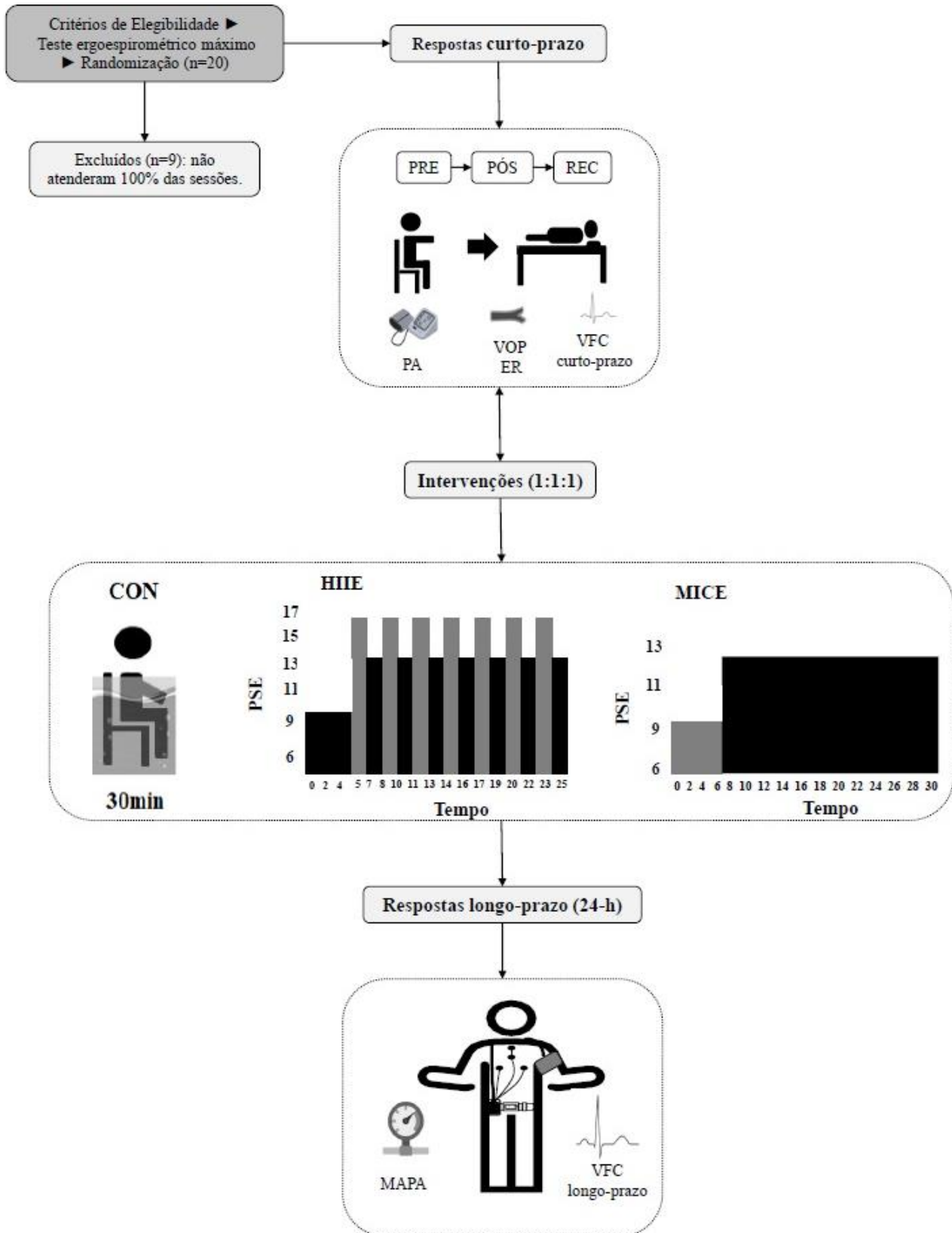


Figura 1. Desenho do estudo.

4.2.5 VFC a curto-prazo

Os sinais de FC foram adquiridos batimento a batimento por meio de sistema de telemetria digital (sistema de monitor Polar TM RS800CX HR, Polar Electro Inc, Kempele, Finlândia), conforme mencionado anteriormente (Ngomane et al. 2019). A distância temporal entre dois intervalos consecutivos R-R (iRR), os métodos de tempo e frequência sobre sequências iRR de 256 valores consecutivos foram analisados e então convertidos em logaritmos naturais (ln). O cálculo da média (μ iRR) e da variância (σ iRR) foram tomados como um marcador do domínio do tempo e expressos em ln, ms e ln, ms², respectivamente (Porta et al. 2007). Índices no domínio da frequência foram calculados por meio de um modelo autorregressivo para decompor a série iRR em bandas de frequência, de acordo com suas oscilações (Malik 1996). A banda de alta frequência (HF: 0,15 a 0,4 Hz) expressa em valores absolutos (HFln, ms²) corresponde à modulação parassimpática direcionada ao coração, enquanto a banda de baixa frequência (LF: 0,04 a 0,15 Hz) expressa em valores absolutos (LFln, ms²) compreende a modulação conjunta das vias parassimpática e simpática do coração, com predominância das simpáticas (Malik 1996). Além disso, os índices foram expressos em unidades normalizadas (nu) de acordo com o espectro de potência total, LFln, nu é sugerido como um indicador de simpático, enquanto HFln, nu corresponde mais à modulação parassimpática (Burr 2007).

4.2.6 MAPA e VFC a longo-prazo

As medições de PA e FC de 24h começaram entre 11h00 e 12h00 usando um monitor CardioMapa TM (Cardios Sistemas Comercial e Industrial Ltda, São Paulo, Brasil). O dispositivo foi programado para medir a pressão arterial a cada 15 minutos durante o dia e a cada 20 minutos durante os períodos noturnos (com base no tempo relatado pelos participantes para entrar e sair da cama) enquanto a FC era medida continuamente. Os participantes foram instruídos a realizar suas atividades diárias habituais e a relaxar e esticar o braço durante a medição (Ciolac et al. 2009; Ngomane et al. 2019; Viana et al. 2019). Medidas individuais de PA foram revisadas para valores ausentes e errôneos por um examinador experiente (IRM). As leituras eram eliminadas se os dados estivessem ausentes, a PAS fosse menor que a PAD, a PAS fosse > 240 mmHg ou <50 mmHg ou a PAD fosse > 140 mmHg ou <40 mmHg. Os dados do sistema etiquetados foram eliminados se a SBP desviou \pm 50 mmHg, ou DBP desviou \pm 20 mm Hg dos valores circundantes (Ciolac et al. 2009). As medidas médias de PA de 24 horas,

diurnas, noturnas e de hora em hora foram comparadas entre as intervenções. Os sinais de FC adquiridos durante 24 horas foram analisados como VFC de longo prazo (diurno e noturno). Os índices de domínio de tempo e frequência foram calculados aplicando os mesmos métodos de VFC de curto prazo. (Porta et al. 2007). No dia das medições de 24 horas, os participantes foram solicitados a documentar suas atividades em um diário de bordo (Ngomane et al. 2019).

4.2.7 Sessões experimentais

Todas as sessões foram realizadas individualmente em piscina aquecida (30-32°C) com os participantes submersos até o nível do peito (apêndice xifóide) sob supervisão de um profissional de exercícios. A intensidade das sessões de exercícios foi controlada por meio da escala de Borg. (Borg 1982; Ciolac et al. 2015). Um monitor de FC (Polar RS800CX™ HR monitor system, Polar Electro Inc, Kempele, Finland) foi usado para avaliar a FC a cada 1 min em HIIE e a cada 2 min em MICE e CON (Viana et al. 2019). Uma sessão de HIIE consistiu em 4 min de caminhada (aquecimento) em um RPE de 9, seguido por 21 min de HIIE alternando 1 min de corrida / corrida em um RPE de 15-17 com 2 min de caminhada em um RPE de 11 - 13. MICE consistiu em 4 min de caminhada (aquecimento) em um EPR de 9, seguido por 26 min de MICE (caminhada em 11-13 nível de EPR). CON consistia em 30 min de sentar em uma cadeira submersa e descansar (presa a uma plataforma fixa). Os protocolos de exercícios foram baseados em um estudo anterior que não encontrou diferença significativa no gasto energético estimado entre o HIIE e o MICE (Viana et al. 2019).

4.2.8 Análise estatística

Os testes de Shapiro-Wilk e Levene foram aplicados para testar a normalidade e homocedasticidade dos dados. Os dados normalmente distribuídos são apresentados como média \pm desvio padrão (DP) ou erro padrão (SE). As variáveis de VFC foram transformadas usando o logaritmo natural (ln). ANOVA de dois fatores com medidas repetidas (intervenção e tempo) foi usada para avaliar as diferenças inter e intraintervenções. A ANOVA de uma via com medidas repetidas foi usada para avaliar as diferenças interintervensões na FC durante as sessões e na PA ambulatorial de 24 horas. A análise post hoc de Bonferroni foi usada para identificar diferenças significativas estabelecidas por ANOVA de um ou dois fatores. O software estatístico SPSS 17.0™ (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) foi usado para realizar as análises estatísticas. O nível de significância estatística foi considerado quando P foi $<0,05$.

4.3 Resultados

As características basais dos participantes são apresentadas na **Tabela 1**. Nove participantes foram excluídos da análise por não completarem todas as três intervenções. As sessões de exercícios foram bem toleradas pelos 20 participantes restantes. Conforme mostrado na **Tabela 2**, a ANOVA de dois caminhos demonstrou diferenças significativas intra- e-inter intervenção para PAS ($F_{4,76} = 7,03$, $P < 0,001$, $\eta^2 = 0,270$, potência = 0,987) e PAD ($F_{4,76} = 2,36$, $P = 0,05$, $\eta^2 = 0,111$, potência = 0,656). A análise post hoc identificou que a PAS foi maior imediatamente após a intervenção em comparação ao PRE ($P \leq 0,05$) em todas as sessões, com maiores aumentos em CON (29 ± 3 mmHg) e MICE (19 ± 3 mmHg) comparado ao HIII (9 ± 4 mmHg). Embora a PAS tenha reduzido no REC em todas as intervenções, somente voltou aos níveis semelhantes ao PRE em HIII. Da mesma forma, a PAD aumentou no POST mais em CON (9 ± 1 mmHg, $P < 0,001$) e MICE (5 ± 1 mmHg, $P < 0,001$) do que HIII (2 ± 1 , $P = 0,14$), não retornando aos valores PRE em REC em nenhuma sessão. No entanto, a PAD foi significativamente menor entre intervenções no HIII do que no CON no PÓS (6 ± 2 mmHg, $P < 0,001$). A rigidez arterial e a reatividade endotelial não apresentaram diferenças em nenhuma das intervenções (**Tabela 2**).

Tabela 1. Características basais dos participantes.

Idade	67±7	67±7	68±7
IMC (kg/m ²)	31±5	32±4	31±5
Circunferência quadril (cm)	104±13	108±10	103±14
PAS (mmHg)	125±18	126±18	126±18
PAD (mmHg)	74±8	74±9	74±9
FC (bpm)	76±9	76±9	75±9
Tempo de hipertensão (anos)	12±5	12±5	11±5
Tratamento			
Inibidores de ECA	10%	18%	0%
Antagonistas dos RA II	55%	36%	77%
Beta-bloqueadores	36%	27%	11%
Bloqueadores canal de CA+	15%	0%	11%
Diuréticos	45%	45%	44%
Antidiabético oral	40%	54%	33%

Os dados estão apresentados em média \pm DP. CA+: Cálcio; ECA: enzima conversora de angiotensina; IMC: índice de massa corpórea; FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; RA II: receptores de angiotensina II.

ANOVA de um caminho demonstrou diferenças significativas ($P \leq 0,05$) na FC entre as intervenções HIIIE, MICE e CON. A FC média durante CON e MICE foi 73 ± 2 bpm e 88 ± 3 bpm, respectivamente. A FC média durante HIIIE (100 ± 3 bpm) foi significativamente maior do que durante MICE (12 ± 3 bpm, $P < 0,001$) e CON (27 ± 3 bpm, $P < 0,001$), e alternou entre 113 ± 4 bpm e 97 ± 3 bpm durante os intervalos de alta e baixa intensidade, respectivamente. A FC não foi diferente entre as sessões no PRE. A ANOVA de dois caminhos apontou diferença significativa na FC de repouso ($F_{2,50} = 10,08$, $P < 0,001$, $\eta^2 = 0,347$, potência = 0,994) entre as sessões. A análise post hoc identificou que a FC no PÓS foi significativamente menor em CON do que em HIIIE (-16 ± 3 bpm, $P < 0,001$) e MICE (-7 ± 3 bpm, $P < 0,001$). Embora a FC no HIIIE tenha diminuído no REC em comparação ao PÓS (-7 ± 1 bpm), esta manteve-se maior quando comparado ao CON (6 ± 1 bpm, $P = 0,03$) e MICE (4 ± 1 bpm, $P < 0,001$).

Os dados da VFC no PRÉ, PÓS e REC de cada intervenção estão apresentados na **Figura 2**. Houve diferença significativa intra-e-inter intervenção nas variáveis μ iRR ($F_{2,34} = 4,963$, $P = 0,01$, $\eta^2 = 0,237$, poder = 0,794), σ iRR ($F_{4,64} = 5,154$, $P < 0,001$, potência = 0,965), HF_{In,ms^2} ($F_{4,64} = 3,422$, $P = 0,01$, $\eta^2 = 0,176$, potência = 0,828) e $HF_{In,nu}$ ($F_{4,64} = 2,442$, $P = 0,05$, $\eta^2 = 0,132$, potência = 0,668). A análise post hoc no domínio do tempo identificou redução dos valores de μ iRR no PÓS em HIIIE ($-0,07 \pm 0,01$, $P < 0,001$) e MICE ($-0,03 \pm 0,01$, $P < 0,001$) comparado ao CON. Ainda, houve diminuição de μ iRR no PÓS em HIIIE comparado ao MICE ($-0,03 \pm 0,01$, $P < 0,001$). Entretanto, no REC os valores de μ iRR foram maiores no HIIIE do que em CON ($0,02 \pm 0,01$, $P = 0,05$). A análise post hoc do domínio da frequência identificou que os níveis de HF_{In,ms^2} no REC eram maiores no HIIIE do que no CON ($0,31 \pm 0,14$, $P = 0,04$). Os níveis de HF_{In,ms^2} e $HF_{In,nu}$ em REC foram maiores em HIIIE do que em MICE ($0,29 \pm 0,13$ e $0,14 \pm 0,06$, $P \leq 0,05$, respectivamente).

Não houve diferença significativa na MAPA, onde as médias de PA de vigília e sono foram semelhantes após as três sessões (**Figura 3**). Todavia, a ANOVA de dois caminhos indicou diferenças significativamente inter- (vigília vs. sono) e intra-intervenção (HIIIE vs. MICE vs. CON) na μ iRR ($F_{2,32} = 40,924$, $P < 0,001$, $\eta^2 = 0,719$, potência = 1,0) e $HF_{In,nu}$ ($F_{1,32} = 4,512$, $P = 0,03$, $\eta^2 = 0,220$, potência = 0,587). A análise post hoc identificou que a μ iRR de sono foi menor em HIIIE e MICE do que CON ($-0,07 \pm 0,01$ e $-0,07 \pm 0,02$, $P < 0,001$, respectivamente), e que a $HF_{In,nu}$ no sono demonstrou uma tendência a ser menor em HIIIE do que CON ($-0,06 \pm 0,03$, $P = 0,07$). As diferenças significativas ($P \leq 0,05$) entre ao o período de vigília e sono da VFC ocorreram apenas na intervenção CON (**Tabela 3**).

Tabela 2. Variáveis hemodinâmicas e vasculares.

	CON	MICE	HIE
PAS (mmHg)			
Pre	122±9	124±18	125±14
Pós	152±17 [†]	143±22 ^{*†}	135±19 ^{*††}
Rec	134±18 ^{†§}	131±17 ^{†§}	126±17 ^{†§}
PAD (mmHg)			
Pre	72±7	73±11	73±9
Pós	82±11	78±12	76±11 [*]
Rec	79±8 [†]	78±10 [†]	77±10 [†]
FC (bpm)			
Pre	73±9	73±8	74±7
Pós	69±10	76±13 [*]	85±11 ^{*††}
Rec	72±10 ^{†§}	75±13 [*]	79±12 ^{*††§}
Velocidade da onda de pulso (m/s)			
Pre	10.2±4.1	9.9±2.3	10.1±3.0
Pós	10.9±4.1	9.9±3.0	10.3±2.4
Rec	10.3±2.7	10.0±2.0	10.0±2.2
Reatividade endotelial ($\sqrt{PV2/PV1}$)			
Pre	1.5±0.2	1.3±0.3	1.4±0.4
Pós	1.4±0.2	1.4±0.4	1.4±0.2
Rec	1.6±0.6	1.4±0.4	1.3±0.4

Os dados estão expressos em média e DP. * denota diferença significativa de CON no mesmo período ($P \leq 0.05$). † denota diferença significativa de MICE no mesmo período ($P \leq 0.05$). ‡ denota diferença significativa do PRE no mesmo período ($P \leq 0.05$). § denota diferença significativa de PÓS na mesma sessão ($P \leq 0.05$).

Tabela 3. Variabilidade da frequência cardíaca de curto prazo.

	CON	MICE	HIIE
μ_{IRR} (ln, ms)			
Pre	2.96 ± 0.06	2.95 ± 0.09	2.94 ± 0.07
Pós	2.97 ± 0.07 [‡]	2.93 ± 0.06 ^{*‡}	2.90 ± 0.06 ^{*‡}
Rec	2.97 ± 0.07	2.94 ± 0.06	2.94 ± 0.07 ^{*‡}
σ_{IRR} (ln, ms²)			
Pre	2.82 ± 0.44	2.25 ± 0.63	2.75 ± 0.52
Pós	2.91 ± 0.34 [‡]	2.74 ± 0.77 [‡]	2.67 ± 0.65
Rec	2.99 ± 0.53 [‡]	2.86 ± 0.61 [‡]	2.97 ± 0.51
LF (ln, ms²)			
Pre	2.01 ± 0.53	1.89 ± 0.44	1.79 ± 0.64
Pós	1.90 ± 0.52	1.87 ± 0.70	1.88 ± 0.63 [*]
Rec	1.95 ± 0.60	1.93 ± 0.66	1.99 ± 0.53 ^{‡§}
LF (ln, nu)			
Pre	1.54 ± 0.29	1.51 ± 0.32	1.51 ± 0.27
Pós	1.47 ± 0.33	1.60 ± 0.33	1.51 ± 0.34
Rec	1.54 ± 0.26	1.55 ± 0.28	1.51 ± 0.22
HF (ln, ms²)			
Pre	1.93 ± 0.47	2.02 ± 0.58	1.95 ± 0.55
Pós	2.08 ± 0.63	1.83 ± 0.79	1.76 ± 0.63
Rec	2.04 ± 0.57	1.92 ± 0.50	2.28 ± 0.57 [‡]
HF (ln, nu)			
Pre	1.63 ± 0.19	1.65 ± 0.18	1.65 ± 0.19
Pós	1.61 ± 0.27	1.48 ± 0.31 [‡]	1.46 ± 0.33 [‡]
Rec	1.61 ± 0.23	1.54 ± 0.22	1.69 ± 0.15 ^{‡§}
LF/HF (ln, ratio)			
Pre	1.09 ± 0.36	0.99 ± 0.23	0.95 ± 0.33
Pós	1.06 ± 0.64	0.65 ± 2.04	1.16 ± 0.46
Rec	0.99 ± 0.23	1.00 ± 0.29	1.06 ± 0.61

μ_{IRR} : intervalos R-R médios; σ_{IRR} : intervalos R-R de variância. B: Índices de domínio de frequência: LF: banda de baixa frequência; HF: banda de alta frequência; ln: logarítmico natural; ms: milissegundos; nu: unidades normalizadas. Os dados são expressos em média e desvio padrão. * denota diferença significativa de CON no mesmo período ($P \leq 0,05$). † denota diferença significativa de MICE ($p \leq 0,05$). ‡ denota diferença significativa do PRE na mesma sessão ($P \leq 0,05$). § denota diferença significativa do POST na mesma sessão ($P \leq 0,05$).

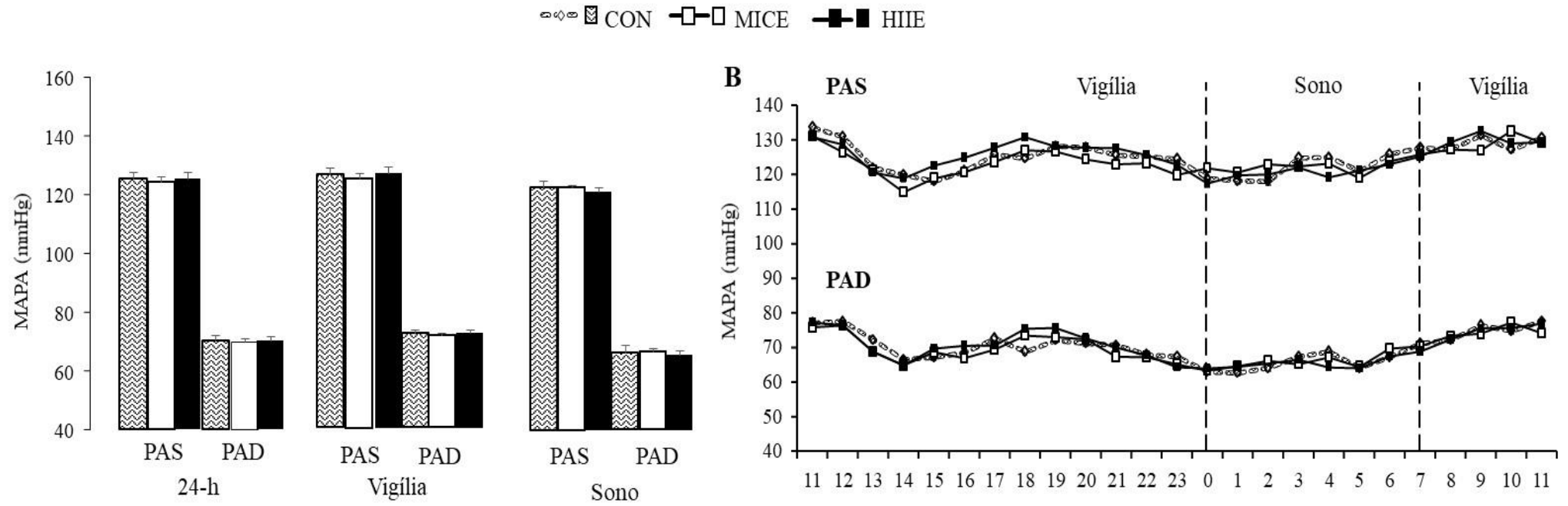


Figura 3. Monitorização da pressão arterial de 24h (MAPA).

Tabela 4. Resposta da variabilidade de frequência cardíaca durante as 24 horas após intervenção.

	μ_{iRR}	σ_{iRR}	LF	LF	HF	HF	LF/HF
	(ln, ms)	(ln, ms ²)	(ln, ms ²)	(ln, nu)	(ln, ms ²)	(ln, nu)	(ln, ratio)
VFC de vigília							
CON	2.89±0.06	3.64±0.50	2.63±0.68	1.35±0.23	2.96±0.69	1.58±0.11	0.89±0.17
MICE	2.89±0.04	3.70±0.41	2.73±0.54	1.41±0.16	3.07±0.57	1.57±0.07	0.89±0.10
HIIE	2.89±0.05	3.62±0.43	2.66±0.58	1.39±0.19	2.94±0.63	1.58±0.06	0.91±0.13
VFC de sono							
CON	2.96±0.06 [†]	3.39±0.45 [†]	2.35±0.69 [†]	1.42±0.27 [†]	2.56±0.64 [†]	1.65±0.15	0.92±0.17
MICE	2.89±0.05 [*]	3.63±0.49	2.66±0.66	1.35±0.33	2.95±0.69 [*]	1.57±0.12	0.91±0.16
HIIE	2.89±0.05 [*]	3.48±0.46	2.48±0.66	1.36±0.31 [*]	2.73±0.68	1.57±0.09 [†]	0.92±0.16

Os dados estão expressos em média e DP. μ_{iRR} : média dos intervalos R-R; σ_{iRR} : variância dos intervalos R-R; LF: banda de baixa frequência; HF: banda de alta frequência; LF/HF: razão da banda de baixa e alta frequência; VFC: variabilidade da frequência cardíaca. * denota diferença significativa de CON no mesmo período ($P \leq 0.05$). [†] denota diferença significativa entre período de vigília e sono para a mesma sessão ($P \leq 0.05$).

4.4 Discussão

O objetivo principal deste estudo foi avaliar a HPE e os mecanismos relacionados a uma única sessão de HIIE versus MICE em piscina aquecida em idosos com HAS. Os resultados deste estudo sugerem que uma única sessão de HIIE e MICE não foi eficaz para evocar HPE. Apesar disso, o HIIE foi eficaz em promover uma modulação parassimpática maior do que MICE e CON em curto prazo. No entanto, HIIE e MICE em piscina aquecida demonstraram uma menor VFC em comparação com CON em piscina aquecida durante o período de sono de acordo com a análise ambulatorial da FC. Não houve diferença significativa na VOP, reatividade endotelial e PA ambulatorial para qualquer intervenção.

Até o momento, estudos que investiguem as respostas agudas de HIIE e MICE realizados em solo demonstram resultados heterogêneos: ou seja: resposta de HPE superior após HIIE ou respostas de HPE semelhantes (Costa et al. 2018; Way et al. 2019), enquanto uma resposta de HPE superior tem sido observada analisando ambas as modalidades de exercícios em piscina aquecida versus solo. Ao comparar uma única sessão de MICE em piscina aquecida vs solo, Bocalini et al (2017) encontraram uma resposta de HPE superior no grupo de MICE à em piscina aquecida a partir de 30 min após a sessão em indivíduos idosos não tratados para HAS e de 60 a 90 min em indivíduos idosos tratados para HAS (Bocalini et al. 2017). Em concordância, Ngomane et al (2019) mostrou uma redução significativa da PAS após 45 min de uma única sessão de MICE em piscina aquecida seguida por uma HPE sustentada demonstrando uma menor PA ambulatorial em comparação com MICE solo em indivíduos idosos tratados para HAS (Ngomane et al. 2019). Por outro lado, Sosner et al. 2016 demonstrou maior HPE na PA ambulatorial para HIIE em piscina aquecida vs HIIE em solo e MICE em ambas as condições em indivíduos idosos 55% tratados para HAS. Portanto, investigamos se esses resultados seriam semelhantes ao comparar HIIE e MICE, ambos realizados em em piscina aquecida. De fato, nenhuma resposta HPE superior foi observada em nenhuma das modalidades de exercício, não confirmando nossa hipótese. Curiosamente, apenas o repouso em água aquecida (CON) promoveu uma resposta de PA elevada no POS e REC, o que foi previamente discutido por nosso grupo (Marçal et al. 2020), mostrando que 30min de repouso em imersão em piscina aquecida aumentou a PAS / PAD (29/10 mmHg), mantendo-o mais alto (11/7 mmHg) em 45 min em comparação com os níveis basais, enquanto nenhuma alteração da PA ocorreu após o repouso em solo (Marçal et al. 2020).

Outra explicação para nenhuma resposta de HPE observada pode ser as pequenas mudanças na FC durante as sessões de exercícios (ver resultados). No entanto, as sessões foram

controladas pela Escala de Borg enquanto todos os participantes atingiram os níveis da escala necessários. Isso pode ser explicado pela resposta bradicárdica da FC (~ 7 a 25 bpm) promovida pela água aquecida em comparação com o solo na população em geral (Graef e Kruehl 2006). Além disso, indivíduos idosos podem demonstrar uma resposta de FC mais baixa durante o exercício aquático, devido às diferentes percepções de esforço nas respostas centrais (ex. sistema cardiovascular) e periféricas (ex. sarcopenia relacionada à idade) e mais estudos são necessários para entender a imersão respostas na população com hipertensão.

Um estudo anterior demonstrou que as adaptações vasculares parecem depender da modalidade de exercício em indivíduos com pré-hipertensão ou hipertensão (Pedralli et al. 2020). De fato, três estudos anteriores comparando HIIE a MICE mostraram uma melhora maior na função vascular em indivíduos saudáveis (Rossow et al. 2009; Tordi et al. 2010; Seeger et al. 2014). Em concordância, Sosner et al (2016) sugeriram que o HIIE aquecido à base de água foi superior ao MICE à base de água aquecida (ambos realizados em cicloergômetro) para melhorar a VOP ambulatorial em indivíduos hipertensos mais velhos (Sosner et al. 2016). No entanto, não foram observadas alterações na resposta vascular em nosso estudo e isso pode ser explicado pela falta de um grupo baseado em terra, uso de equipamento ou ponto de tempo (ou seja: sem VOP 24h). De acordo com nossos achados, Costa et al. 2020, investigando HIIE vs MICE terrestre em mulheres de meia-idade e mais velhas com hipertensão não mostrou diferença significativa na rigidez arterial, o que precisa ser esclarecido em estudos futuros.

Além disso, Mourot et al (2004) descobriu que as medidas de VFC de curto prazo foram igualmente reduzidas durante a recuperação em HIIE e MICE em solo. No entanto, nossos achados mostraram que HIIE promoveu maior modulação parassimpática 45 minutos após a sessão em comparação com MICE e CON. Ao comparar a VFC após 90 min de MICE em piscina aquecida, Bocalini et al (2017) encontraram um aumento significativo na HF e a redução na razão LF e LF / HF superior a MICE em solo mais evidenciado em idosos com HAS não tratada, seguido por indivíduos normotensos e pacientes com HAS tratados. Na verdade, a VFC de curto prazo parece ser dependente do tipo de exercício, enquanto a VFC de longo prazo parece ser determinada pelo trabalho físico realizado. Além disso, nossos resultados mostram que durante a noite tanto HIIE quanto MICE tiveram um $\mu\text{IRR}_{\text{In,ms}}$ do que CON, consistente com achados anteriores sugerindo uma taquicardia persistente por 24h e 48h após uma única sessão de HIIE e MICE em solo (Mourot et al. 2004). Em uma revisão sistemática recente, Abreu et al. 2019 observou uma predominância da modulação vagal em repouso após pelo menos 2 semanas de HIIE em solo. De fato, estudos anteriores investigando a VFC pós HIIE

foram realizados em solo e nenhum estudo anterior investigou a VFC para HIIIE em piscina aquecida.

A principal limitação do nosso estudo é o seu desenho, visto que uma única sessão de exercícios não permite afirmar que os resultados encontrados persistiriam após um longo período de treinamento físico. No entanto, para avaliar qualquer intervenção de exercício é necessário avaliar a resposta aguda. Caso contrário, estudos de treinamento de exercício podem não ser justificados sem uma resposta aguda eficiente e segura. Outra limitação é que embora tenha sido um estudo cruzado, randomizado e os participantes estivessem em tratamento medicamentoso para hipertensão sem nenhuma alteração durante o estudo, não se sabe se o uso de diferentes medicamentos, bem como sua quantidade e qualidade podem ter influenciado a magnitude da HPE e os mecanismos envolvidos na PA.

Está bem estabelecido que a HAS, principalmente em indivíduos idosos, tem um impacto negativo importante na morbidade e mortalidade (Williams et al. 2018). Uma pequena redução da PA (~ 2 mmHg na PAS) diminuiu em ~ 10% da mortalidade por acidente vascular cerebral e ~ 7% de doença cardíaca isquêmica e outras causas vasculares de morte (Whelton et al. 2017). Embora nenhuma resposta hemodinâmica e vascular tenha sido observada no presente estudo, o HIIIE melhorou significativamente a resposta autonômica cardíaca de curto prazo, que também é um forte e independente preditor de incidência de doença cardiovascular e mortalidade (Malik 1996). No entanto, como a falta de tempo também é uma das barreiras mais citadas para a participação em exercícios regulares (Ciolac et al. 2009), o HIIIE realizado em piscina aquecida demonstrou segurança (ex. qualquer evento adverso) e alternativa viável em indivíduos idosos com HAS, o que pode ajudar a aumentar a adesão do participante e a adesão ao exercício. Além disso, descobrimos que a imersão em idosos com hipertensão demonstrou um aumento contínuo nas variáveis hemodinâmicas. Assim, estudos futuros com amostra maior são essenciais para investigar as respostas da água aquecida a variáveis cardiovasculares em idosos hipertensos.

4.5 Conclusão

Em conclusão, uma única sessão de imersão em piscina aquecida não promoveu resposta de HPE em idosos com HAS. Na verdade, aumentou continuamente as respostas hemodinâmicas, mas com uma resposta menos pronunciada em HIIIE do que MICE e CON. HIIIE foi superior para melhorar a modulação parassimpática em curto prazo em comparação com MICE e CON. Por outro lado, as sessões de exercícios mantiveram a resposta autonômica cardíaca perturbada durante 24 horas quando comparadas com CON em longo prazo. Esses

resultados podem ter implicações importantes no manejo de idosos com hipertensão em base aquosa aquecida.

4.6 Referências

ABREU, R. M. DE et al. Can high-intensity interval training change cardiac autonomic control? A systematic review. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, v. 23, n. 4, p. 279–289, 2019.

ARREBOLA-MORENO, A. L.; LACLAUSTRA, M.; CARLOS, J. Noninvasive Assessment of Endothelial Function in Clinical Practice. v. 65, n. 1, p. 80–90, 2012.

AVERS, D. *Exercise and Physical Activity for Older Adults*. 4. ed. [s.l.] Elsevier Inc., 2020.

BECKER, B. E. et al. Biophysiological Effects of Warm Water Immersion. *International Journal of Aquatic Research and Education*, v. 3, n. 1, p. 24–37, 2009.

BOCALINI, D. S. et al. Post-exercise hypotension and heart rate variability response after water- and land- ergometry exercise in hypertensive patients. p. 1–14, 2017.

BORG, G. A. V. *Psychophysical Bases of Perception Exertion* *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1982.

BURR, R. L. Interpretation of normalized spectral heart rate variability indices in sleep research: A critical review. *Sleep*, v. 30, n. 7, p. 913–919, 2007.

CIDER, Å. et al. Hydrotherapy - A new approach to improve function in the older patient with chronic heart failure. *European Journal of Heart Failure*, v. 5, n. 4, p. 527–535, 2003.

CIOLAC, E. G. et al. Acute effects of continuous and interval aerobic exercise on 24-h ambulatory blood pressure in long-term treated hypertensive patients. *International Journal of Cardiology*, v. 133, n. 3, p. 381–387, 2009.

CIOLAC, E. G. et al. Heart rate response to exercise and cardiorespiratory fitness of young

women at high familial risk for hypertension: Effects of interval vs continuous training. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, v. 18, n. 6, p. 824–830, 2011.

CIOLAC, E. G. et al. Rating of perceived exertion as a tool for prescribing and self regulating interval training: A pilot study. *Biology of Sport*, v. 32, n. 2, p. 103–108, 2015.

CORNELISSEN, A.; FAGARD, R. H. Exercise intensity and postexercise hypotension. *Journal of Hypertension*, v. 22, p. 1859–1861, 2004.

COSTA, E. C. et al. Effects of High-Intensity Interval Training Versus Moderate- Intensity Continuous Training On Blood Pressure in Adults with Pre- to Established Hypertension : A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. *Sports Medicine*, v. 48, n. 9, p. 2127–2142, 2018.

COSTA, E. C. et al. Acute Effect of High-Intensity Interval Versus Moderate-Intensity Continuous Exercise on Blood Pressure and Arterial Compliance in Middle-Aged and Older Hypertensive Women With Increased Arterial Stiffness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, n. 33, p. 1–10, 2020.

GABRIELSEN, A.; JOHANSEN, L. B.; NORSK, P. Central cardiovascular pressures during graded water immersion in humans. *Journal of Applied Physiology*, v. 75, n. 2, p. 581–585, 1993.

GRAEF, F. I.; KRUEL, L. F. M. Heart rate and perceived exertion at aquatic environment: Differences in relation to land environment and applications for exercise prescription - A review. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 12, n. 4, p. 221–228, 2006.

GUIMARAES, G. V. et al. Heated water-based exercise training reduces 24-hour ambulatory blood pressure levels in resistant hypertensive patients: A randomized controlled trial (HEX

trial). *International Journal of Cardiology*, v. 172, n. 2, p. 434–441, 2014.

IGARASHI, Y.; NOGAMI, Y. The effect of regular aquatic exercise on blood pressure: A meta-analysis of randomized controlled trials. *European Journal of Preventive Cardiology*, v. 25, n. 2, p. 190–199, 2018.

LENFANT, C. et al. Seventh report of the Joint National Committee on the prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure (JNC 7): Resetting the hypertension sails. *Hypertension*, v. 41, n. 6, p. 1178–1179, 2003.

MACDONALD, J. Potential causes , mechanisms , and implications of post exercise hypotension. *Journal of Human Hypertension*, v. 16, p. 225–236, 2002.

MALIK, M. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*, v. 93, n. 5, p. 1043–1065, 1996.

MARÇAL, I. R. et al. Hemodynamic Response to Heated Water Immersion in Older Individuals with Hypertension. *Blood Pressure Monitoring*, v. In Press, 2020.

MOUROT, L.; BOUHADDI, M.; TORDI, N. Short- and long-term effects of a single bout of exercise on heart rate variability : comparison between constant and interval training exercises. *European Journal Applied Physiology*, v. 92, p. 508–517, 2004.

NELSON, M. E. et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc.*, v. 39, n. 8, p. 1435–1445, 2007.

NGOMANE, A. et al. Hypotensive Effect of Heated Water-based Exercise in Older Individuals with Hypertension. *Int J Sports Med* 2019;, v. 40, p. 283–291, 2019.

PARDINI, R. et al. Validation of the international question- naire of physical activity level (IPAQ - version 6): Pilot study in young Brazilian adults. *Rev Bras Cien Mov*, v. 9, p. 45–51,

2001.

PEDRALLI, M. L. et al. Different exercise training modalities produce similar endothelial function improvements in individuals with prehypertension or hypertension : a randomized clinical trial Exercise , endothelium and blood pressure. *ScientificReports*, v. 10, n. 7628, p. 1–9, 2020.

PENDERGAST, D. R. et al. Human physiology in an aquatic environment. *Comprehensive Physiology*, v. 5, n. 4, p. 1705–1750, 2015.

PERRIER-MELO, R. J. et al. Efeito Agudo do Exercício Intervalado versus Contínuo sobre a Pressão Arterial : Revisão Sistemática e Metanálise. *Arq Bras Cardiol*, n. April, p. 1–10, 2020.

PORTA, A. et al. An integrated approach based on uniform quantization for the evaluation of complexity of short-term heart period variability: Application to 24 h Holter recordings in healthy and heart failure humans. *Chaos*, v. 17, n. 1, 2007.

PRICE, K. J. et al. Acute cardiovascular responses to interval exercise: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, v. 38, n. 9, p. 970–984, 2020.

ROSSOW, L. et al. Postexercise Hypotension in an Endurance-Trained Population of Men and Women Following High- Intensity Interval and Steady-State Cycling. *American Journal of Hypertension*, v. 23, n. 4, p. 358–367, 2009.

SCHULZ, K. F.; ALTMAN, D. G.; MOHER, D. CONSORT 2010 Statement: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ (Online)*, v. 340, n. 7748, p. 698–702, 2010.

SEEGER, J. P. H. et al. Interval exercise , but not endurance exercise , prevents endothelial ischemia-reperfusion injury in healthy subjects. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, v. 308, p. 351–357, 2014.

SHARMA, L.; KAPOOR, D.; ISSA, S. Epidemiology of osteoarthritis : an update. *Current Opinion in Rheumatology*, v. 18, n. 2, p. 147–156, 2006.

SOSNER, P. et al. Ambulatory blood pressure reduction following high-intensity interval exercise performed in water or dryland condition. *Journal of the American Society of Hypertension*, v. 10, n. 5, p. 420–428, 2016.

ŠRÁMEK, P. et al. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. *European Journal of Applied Physiology*, v. 81, n. 5, p. 436–442, 2000.

TORDI, N. et al. Intermittent versus constant aerobic exercise : effects on arterial stiffness. *European Journal of Applied Physiology*, v. 108, p. 801–809, 2010.

VIANA, A. A. et al. Prescribing high-intensity interval exercise by rpe in individuals with type 2 diabetes: Metabolic and hemodynamic responses. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, v. 44, n. 4, p. 348–356, 2019.

WASSER, J. G. et al. Exercise Benefits for Chronic Low Back Pain in Overweight and Obese Individuals. *PMRJ*, v. 16, p. 30227–1, 2016.

WAY, K. L. et al. The effect of high Intensity interval training versus moderate intensity continuous training on arterial stiffness and 24 h blood pressure responses: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 22, n. 4, p. 385–391, 2019.

WHELTON, P. K. et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention , Detection , Evaluation , and Management of High Blood Pressure in Adults: : Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association. *Hypertension*, v. 71, n. 6, p. 1269–1324, 2017.

WILLIAMS, B. et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados nos três estudos desenvolvidos na presente dissertação contribuíram para um melhor entendimento das respostas da imersão e do exercício físico em piscina aquecida em indivíduos idosos com HAS. Em resumo, o estudo 1 demonstrou um aumento na resposta da PA a uma sessão de repouso imerso em piscina aquecida, que foi mantido por até 45 minutos após a interrupção da imersão, enquanto que não houve nenhuma mudança na PA após o mesmo período de repouso em solo. O estudo 2 sugere que a escala de PSE de 6 a 20, utilizando os mesmos níveis de esforço recomendados pelos estudos que avaliaram a resposta da FC em solo (15 a 17 para o esforço de alta intensidade e 9 a 11 para a recuperação ativa), pode ser uma ferramenta útil para prescrever e autorregular o HIIE em piscina aquecida em idosos com HAS. Entretanto, a prescrição de MICE em piscina aquecida pela PSE deve ser adaptada ao ambiente aquático por meio de futuros estudos, pois a resposta da FC utilizando o mesmo esforço recomendado pelos estudos realizados em solo (entre 11 a 13), foi muito baixa, podendo não gerar as respostas e adaptações esperadas para a melhora da aptidão física e promoção da saúde. No estudo 3, uma única sessão de exercício físico em piscina aquecida, independente da intensidade, não promoveu hipotensão pós-exercício em idosos com HAS. Uma sessão de HIIE demonstrou superioridade para melhorar a modulação parassimpática a curto prazo (medida em repouso) em comparação a uma sessão de MICE e CON. Contudo, ambas as sessões de exercícios mantiveram a resposta autonômica cardíaca mais ativada durante 24 h (medida ambulatorial) quando comparadas a resposta à sessão controle. Os presentes resultados podem ter implicações importantes para a prescrição e recomendação de intervenções com exercício em piscina aquecida em idosos com HAS.

As aplicações práticas desta dissertação enfatizam a importância de profissionais de saúde presentes em sessões de exercício que envolvam piscina aquecida na população idosa com HAS. Quando possível, o teste ergoespítmico, realizado previamente ao início das sessões de exercício físico, é de suma importância para avaliação de capacidade cardiorrespiratória, sintomas físicos e psicossociais. Para a prescrição e monitoramento de uma sessão de HIIE em piscina aquecida em idosos com HAS, a escala de PSE demonstrou ser uma ferramenta eficaz que pode ser usada. Entretanto, para sessões de MICE não foi possível confirmar sua eficácia, pois não foi atingido a FC mínima da zona de treinamento aeróbico, identificada previamente pelo teste ergoespirometria. Ainda, a constante aferição da PA (ex.: ao menos antes e após a sessão) é necessária para compreender a individualidade e respostas fisiológicas à imersão e à sessão de exercício físico em piscina aquecida em idosos com HAS. Uma sessão de HIIE e MICE não foram suficientes para observar melhora na PA em idosos com HAS. Porém, mudanças à curto e longo prazo nas variáveis autonômicas foram observadas

e podem nortear estudos futuros sobre como os mecanismos de adaptação crônicos do sistema nervoso autônomo podem iniciar após apenas uma sessão de exercício físico.

Em conclusão, e de acordo com a revisão de literatura apresentada, está bem estabelecido os benefícios do exercício físico para prevenção, manejo e controle da HAS. O exercício em piscina vem demonstrando ser uma alternativa segura e eficaz para idosos. Entretanto, nossos resultados ressaltam que futuros estudos investigando as respostas agudas hemodinâmicas, vasculares e autonômicas cardíaca ao exercício físico em imersão, e em diferentes intensidades, devem ser realizados para melhor elucidar seus benefícios sobre as variáveis envolvidas na fisiopatologia da HAS. Além disso, uma familiarização prévia dos idosos com HAS com escala de PSE, bem como com a piscina onde serão realizadas as sessões de exercício físico, podem minimizar eventos adversos (ex.: medo ao entrar na piscina) e melhorar o desempenho e engajamento às sessões, podendo contribuir para a maior participação e adesão ao exercício físico. E assim, dados os benefícios do exercício físico à curto e longo prazo, impactar a carga global das DCNT, principalmente doenças cardiovasculares e fatores de risco como a HAS, além de reduzir a mortalidade geral e morbimortalidade específica.

ANEXOS

Anexo 1. Artigo “Resposta hemodinâmica à imersão em piscina aquecida em idosos com hipertensão” publicado na *Blood Pressure Monitoring* (2020).

doi: 10.1097/MBP.0000000000000504. Epub ahead of print, com fator de impacto 1.092.

Brief report 1

Hemodynamic response to heated water immersion in older individuals with hypertension

Isabela R. Marçal^a, Awassi Y. Ngomane^a, Fernanda B. Souza^a and Emmanuel G. Ciolac^a

The aim of this study was to evaluate blood pressure (BP), heart rate, arterial stiffness and endothelial reactivity responses to heated water immersion in older individuals with hypertension. Thirty-five sedentary individuals (67 ± 5 years) under treatment for hypertension were randomly assigned to water-based [$n=20$; 30 min of seated resting in a heated swimming pool (30–32 °C)] or land-based group [$n=15$; 30 min of seated resting in a quiet room with controlled temperature (21–23 °C)]. BP, heart rate, arterial stiffness and endothelial reactivity were measured before, immediately after (post) and 45 min after (recovery) each session. Heart rate reduced ($P<0.05$) during the land-based session, and the reduction was maintained at post (~7 bpm) and recovery (~9 bpm), but no heart rate changes occurred during and after the water-based session. Systolic/diastolic BP increased ($P<0.001$) at post (~29/10 mmHg) and recovery (~10/7 mmHg) in the water-based group, but not in the land-based group. No significant changes in pulse wave

velocity and endothelial reactivity occurred in both groups. These results suggest that the hemodynamic response to heated water immersion should be taken into account when assessing the effect of heated water-based exercise on postexercise hypotension in older individuals with hypertension. *Blood Press Monit XXX: 000–000* Copyright © 2020 Wolters Kluwer Health, Inc. All rights reserved.

Blood Pressure Monitoring 2020, XXX:000–000

Keywords: aging, blood pressure, hypertension, immersion

^aDepartment of Physical Education, Exercise and Chronic Disease Research Laboratory – ECDR, School of Sciences, São Paulo State University – UNESP, Bauru, Brazil

Correspondence to Emmanuel Gomes Ciolac, PhD, Faculdade de Ciências, Departamento de Educação Física, Laboratório de Pesquisas em Exercício Físico e Doenças Crônicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Avenue Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube 14-06, Bauru, Brazil, 17033-360
Tel: +55 14 3103 9437; fax: +55 14 3103 6082;
e-mail:emmanuel.ciolac@unesp.br/Twitter: @ProfessorCiolac

Received 24 June 2020 Accepted 13 October 2020

Introduction

Population aging is an increasing worldwide phenomenon [1]. It is expected that the older population will represent 16.7% of the world’s population by 2050 [1]. Aging is a powerful risk factor for the development of hypertension [2], which is the most important modifiable risk factor for cardiovascular morbidity and mortality [3]. With the aging of the population, a further increase of 15–20% in hypertension is expected worldwide [2]. In this context, interventions aiming to promote acute and chronic blood pressure (BP) reductions are currently recommended in hypertension management guidelines [2]. However, these recommendations emphasize land-based exercise interventions [2,4,5] and the effects of immersion alone in older individuals with hypertension are still not enlightened.

Immersion has distinct characteristics as temperature, resistance, hydrostatic pressure, buoyancy and viscosity [6–12]. Specifically, heated water immersion promotes hemodynamic, vascular and autonomic benefic responses due to the physiological adaptations caused by hydrostatic pressure [8,10,11], including increases in cardiac output and stroke volume [8,10], reduction in vascular resistance [6,9] and suppression of the sympathetic nervous system and renin–angiotensin system [6,7,10].

Therefore, previous studies showed that heated water-based exercise may have antihypertensive responses superior to land-based exercise in older individuals with hypertension [13,14]. However, these previous studies do not allow to state if these antihypertensive responses are related to the exercise or the heated water immersion, and little is known about the hemodynamic and vascular mechanisms of heated water immersion alone in this population. Thus, we aimed to evaluate BP, heart rate (HR), arterial stiffness through carotid-femoral pulse wave velocity (PWV) and endothelial reactivity responses to a single session of heated water-based versus land-based resting in older individuals with hypertension.

Participants and methods

The present study is a single-blinded, randomized study assessing 35 older individuals (67 ± 5 years) with hypertension. Eligibility criteria for participating in the study and a detailed description of participants’ treatment have been previously reported [13]. The local ethics committee approved all procedures, and written informed consent was provided by all participants. This study is a subanalysis of the clinical trial NCT04126785: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04126785>. Participants were randomly assigned to heated water-based or land-based group, which performed one session of seated

resting (30 min) on a chair immersed up to the xiphoid process level in a heated swimming pool (30–32 °C) or one session of seated resting (30 min) on a chair in a quiet room with controlled temperature (21–23 °C), respectively (Fig. 1).

BP (Omron HEM 7200, Omron Healthcare Inc., Dalian, China), HR (Polar RS800CX HR monitor system, Polar Electro Inc., Kempele, Finland), PWV and endothelial reactivity (Vicorder, Endocheck, SMT Medical GmbH & Co., Wuerzburg, Germany) were performed at pre (after a 10-min seated rest), post (immediately after) and recovery (45 min after) phases of each intervention. HR was also measured every 2 min during the interventions, as previously described [13]. The participants were instructed to remain calm and not to talk during the session.

Statistical analysis

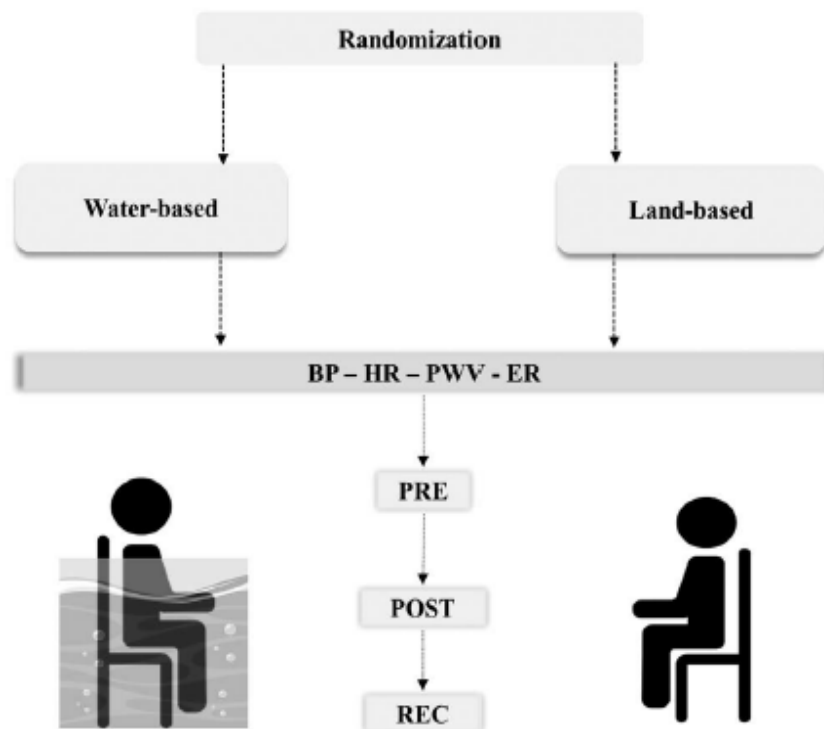
Statistical analysis was performed by the SPSS 17.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA). Normality and homoscedasticity of variables were determined using the Shapiro–Wilk and Levene tests, respectively. Two-way analysis of variance (ANOVA) with repeated

measures was used to indicate inter- and intra-interventions differences in data. Bonferroni's post hoc test identified significant differences indicated by ANOVA. Delta changes (Δ pre-post and Δ pre-rec) were calculated and compared between groups using independent *t*-test. The level of significance was set at $P < 0.05$.

Results

Participant characteristics and preintervention hemodynamic variables were similar between groups, except for diastolic BP that was higher in the land-based than the water-based group (Table 1 and Fig. 2). Two-way ANOVA indicated significant within- and between-group differences in HR ($F_{2,64} = 11.799$; $P < 0.001$; $\eta^2 = 0.269$; power = 0.993), SBP ($F_{2,66} = 25.166$; $P < 0.001$; $\eta^2 = 0.433$; power = 1.000) and DBP ($F_{2,66} = 3.729$; $P = 0.029$; $\eta^2 = 0.102$; power = 0.664). However, no significant differences were indicated in PWV and endothelial reactivity. Post hoc analysis showed that HR of land-based group was higher ($P < 0.05$) at pre than during, and at post and recovery phases of the intervention of the intervention. However, no significant changes in HR were found during and after intervention in the water-based group (Fig. 2). With these results, HR was higher ($P < 0.01$) during

Fig. 1



Study design. All measurements were performed before (pre), immediately after (post) and 45 min after (recovery) each session. BP, blood pressure; ER, endothelial reactivity; HR, heart rate; PWV, pulse wave velocity.

Table 1 Participants baseline characteristics

Variables	Overall (n=35)	Water-based group (n=20)	Land-based group (n=15)
Male/female (n)	15/20	9/11	6/9
Age (years)	67±5	67±7	66±4
BMI (kg/m ²)	30.6±10	31.7±15.4	29.5±5
Waist circumference (cm)	102±12	104±13	101±11
SBP (mmHg)	128±13	125±18	131±9
DBP (mmHg)	77±8	74±8	81±9
Heart rate (bpm)	73±10	76±9	71±11
Time since hypertension diagnosis (years)	13±8	12±5	14±11
Medication			
ACE inhibitors	18%	10%	26%
ARAs	54%	55%	53%
Beta-blocker	36%	20%	53%
CaCl	15%	5%	26%
Diuretic	45%	45%	46%
Diabetic treatment	40%	40%	40%

Data are expressed as mean ± SD (SD).

ACE, angiotensin-converting enzyme; ARAs, angiotensin II receptor antagonists; BP, blood pressure; CaCl, calcium channel blocker.

(7.25±3.30bpm) and at recovery phases (~10bpm) in the water-based than the land-based group (Fig. 2). Post hoc analysis also showed that systolic/diastolic BP were higher ($P<0.001$) at post (~29/10 mmHg) and recovery phases (~12/7 mmHg) than prephase in the water-based group, but no significant changes were found in the land-based group (Figs. 2 and 3).

Discussion

The main findings of the present study were that: (1) HR reduced during and after land-based resting, but no significant changes in HR occurred during and after heated water-based resting; (2) systolic and diastolic BP increased after heated water-based resting, but no significant changes in BP occurred after land-based resting and (3) the BP increase after heated water-based resting and the HR decrease after land-based resting was maintained for at least 45 min after interruption of interventions. To the best of our knowledge, this is the first study investigating the hemodynamic and vascular responses to heated water immersion in older individuals with hypertension.

Immersion in water produces important physiologic responses that may provide health-related benefits. These include changes especially in hemodynamic, vascular and autonomic systems. However, the temperature and level of immersion can influence these responses [15,16]. Although cool water likely represents a stressful physiologic response [8,17], heated water immersion seems to improve hemodynamics in healthy subjects [18] and individuals with cardiovascular disease [11,16]. Several studies demonstrated those benefits [6–8,15] showing that heated water immersion mainly decreases total peripheral resistance [1,2], HR (by 15%) and systolic/diastolic BP (by 11% or 12%, respectively) [9]. Surprisingly, our results demonstrated no changes in HR, and an increase in systolic/diastolic BP after 30 min of resting in heated water. In addition,

the BP increase was sustained for at least 45 min after interruption of heated water immersion.

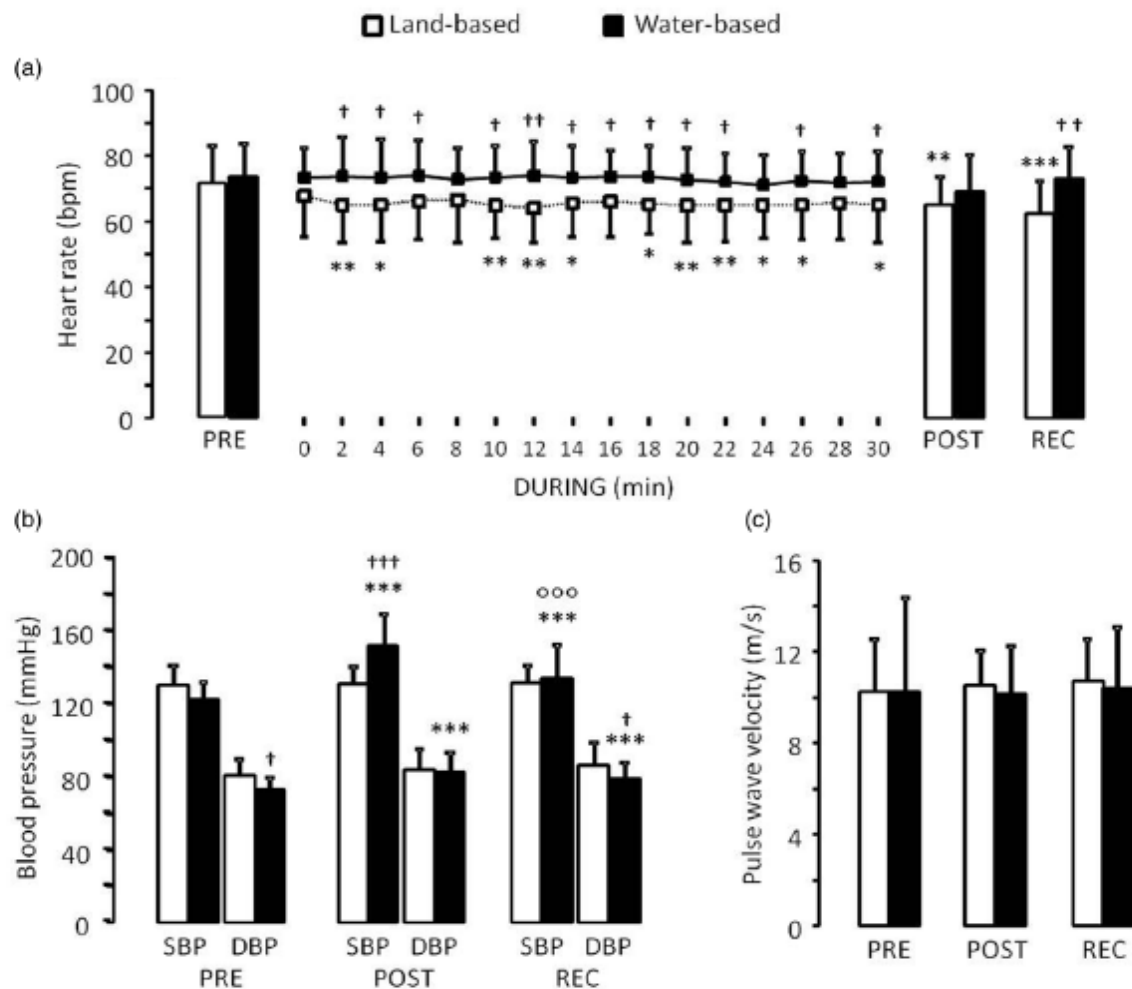
The previous concern involving immersion in individuals with cardiovascular disease was regarded to hydrostatic pressure that results in a blood volume change to the thorax and heart, immediately increasing around 700 ml in central blood volume [16]. However, studies with heart failure and myocardial infarction demonstrated that immersion in heated water can be well tolerated because it increases stroke volume and ejection fraction in these patients [11,16].

In the case of hypertension, studies demonstrated that heated water-based aerobic exercise promotes both acute (after a single session) [13,14] and chronic (after a training period) [15] reductions in BP, which appears to be superior than those of land-based exercise [13–15]. It has been suggested that this superior effect could be because heated water immersion also decreases total peripheral resistance and neurohumoral activation, which may potentiate reduction of BP [17]. However, previous studies investigating the responses to immersion demonstrated reductions on hemodynamic, vascular [16] and autonomic functions [10] in young males. In contrast, the present study showed a sustained increase in systolic/diastolic BP, and no change in HR, PWV and endothelial reactivity in older individuals with hypertension.

These hemodynamic and vascular responses are intimately involved with autonomic nervous system bioregulation, whereas sympathetic tonus have been shown to decrease significantly during immersion in heated water [9,10,18]. On the other hand, the no change in HR and the increase in systolic/diastolic BP suggest that sympathetic tonus reduction during heated water immersion did not occur in the present study, which can be explained by the difficulty of autonomic nervous system to respond vigorously enough to warm stress and to maintain homeostasis during immersion in older individuals [18]. However, we did not measure HR variability and the interaction of sympathetic and parasympathetic tonus, which is a limitation of the present study.

The present study has other limitations that should also be considered. The hemodynamic and vascular response were evaluated up to only 45 min after interventions, and it is unknown if these responses persist for a longer period. The study was performed within a small sample and future studies involving large samples are necessary. In addition, we did not control dietary sodium intake, a known factor that may affect BP and vascular responses [3]. Indeed, although there was no significant difference between groups in the medications used, some of them can affect the cardiovascular response. For example, four individuals of the heated water-based group and eight individuals of the land-based group were taking beta-blockers, and it is not possible to determine whether it could influence the present results.

Fig. 2



Heart rate (a), blood pressure (b) and pulse wave velocity (c) response. Data are expressed as mean \pm SD. Asterisk denotes significant difference from the pre at the same group (* P <0.05; ** P <0.01 and *** P <0.001). Circle denotes significant difference from the post at the same group (°°° P <0.001). Dagger denotes significant difference from the land-based group at the same period († P <0.05 and †† P <0.01).

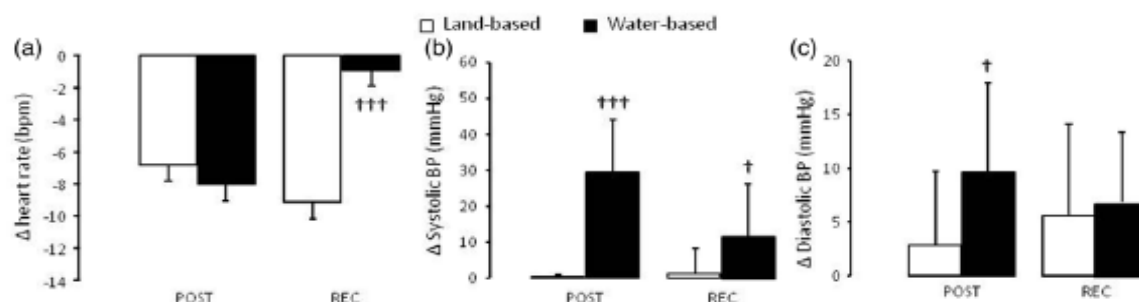
Although heated water-based exercise interventions showed positive responses in older individuals with hypertension, our study demonstrated an increase in BP responses to heated water-based immersion alone, which was maintained for up to 45 min after interruption of immersion, and in contrast to no BP changes after land-based resting. Thus, the present results suggest that future studies assessing the acute effect of heated water-based exercise on BP in older individuals with hypertension should use heated water-based control session in order to differentiate the effect of exercise and immersion

on post-exercise hypotension. In addition, given that the increases in systolic/diastolic BP after heated water immersion were relatively large (~29/10 mmHg), future studies assessing the BP response to immersion in older individuals with poorly controlled or uncontrolled hypertension are welcome in order to assess the safety of immersion in this population.

Acknowledgements

The present research was supported by Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP #

Fig. 3



Changes (Δ) from preintervention in the heart rate (a), systolic (b) and diastolic blood pressure (c). Dagger denotes significant difference from the land-based group at the same period ($^{\dagger}P < 0.05$ and $^{\dagger\dagger\dagger}P < 0.001$).

2017/25648-4). IRM, AYN and EGC were supported by Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP # 2018/09695-5), Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES - Finance Code 001) and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq#303399/2018-0), respectively.

Conflicts of interest

There are no conflicts of interest.

References

- He W, Goodkind D, Kowal P. An aging world: 2015. In: Bureau USC, editor. *International Population Reports*. Washington: U.S. Government Publishing Office; 2016. pp. 1–96.
- Williams B, Mancia G, Spiering W, Agabiti RE, Azizi M, Burnier M, et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur Heart J* 2018; **36**:1953–2041.
- Thomas H, Diamond J, Vieco A, Chaudhuri S, Shinnar E, Cromer S, et al. Global Atlas of cardiovascular disease 2000-2016: the path to prevention and control. *Glob Heart* 2018; **13**:143–163.
- Unger T, Borghi G, Charchar F, Khan NA, Poulter NR, Prabhakaran D, et al. 2020 International Society of Hypertension global hypertension practice guidelines. *J Hypertens* 2020; **38**:982–1004.
- Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, Casey DE Jr, Collins KJ, Dennison Himmelfarb C, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Hypertension* 2018; **71**:e13–e115.
- Pendergast DR, Moon RE, Krasney JJ, Held HE, Zamparo P. Human physiology in an aquatic environment. *Compr Physiol* 2015; **5**:1705–1750.
- Pendergast DR, Lundgren CE. The underwater environment: cardiopulmonary, thermal, and energetic demands. *J Appl Physiol* (1995) 2009; **106**:276–283.
- Becker BE, Hildenbrand K, Whitcomb RK, Sanders JP. Biophysiological effects of warm water immersion. *Int J Aquat Res Educ* 2009; **3**:24–37.
- Srámek P, Simecková M, Janský L, Savelková J, Vybíral S. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. *Eur J Appl Physiol* 2000; **81**:436–442.
- Mourot L, Bouhaddi M, Gandelin E, Cappelle S, Dumoulin G, Wolf JP, et al. Cardiovascular autonomic control during short-term thermoneutral and cool head-out immersion. *Aviat Space Environ Med* 2008; **79**:14–20.
- Cider Á, Schaufelberger M, Sunnerhagen KS, Andersson B. Hydrotherapy - a new approach to improve function in the older patient with chronic heart failure. *Eur J Heart Fail* 2003; **5**:527–535.
- Hall J, Bisson D, O'Hare P. The physiology of immersion. *Physiology* 1990; **76**:517–521.
- Ngomane AY, Fernandes B, Guimarães GV, Ciolac EG. Hypotensive effect of heated water-based exercise in older individuals with hypertension. *Int J Sports Med* 2019; **40**:283–291.
- Bocalini DS, Bergamin M, Evangelista AL, Rica RL, Pontes FL Junior, Figueira A Junior, et al. Post-exercise hypotension and heart rate variability response after water- and land-ergometry exercise in hypertensive patients. *PLoS One* 2017; **12**:e0180216.
- Guimarães GV, Fernandes-Silva MM, Drager LF, de Barros Cruz LG, Castro RE, Ciolac EG, Bocchi EA. Hypotensive effect of heated water-based exercise persists after 12-week cessation of training in patients with resistant hypertension. *Can J Cardiol* 2018; **34**:1641–1647.
- Gabrielsen A, Johansen LB, Norsk P. Central cardiovascular pressures during graded water immersion in humans. *J Appl Physiol* (1985) 1993; **75**:581–585.
- Meyer K, Bücking J. Exercise in heart failure: should aqua therapy and swimming be allowed? *Med Sci Sports Exerc* 2004; **36**:2017–2023.
- Nagasawa Y, Komori S, Sato M, Tsuboi Y, Umetani K, Watanabe Y, Tamura K. Effects of hot bath immersion on autonomic activity and hemodynamics: comparison of the elderly patient and the healthy young. *Jpn Circ J* 2001; **65**:587–592.

Anexo 2. Ficha para anamnese dos voluntários pré-inclusão no estudo.**ANAMENSE****FICHA DE AVALIAÇÃO**

Data: ____ / ____ / ____.

Avaliador(a):_

DADOS PESSOAIS

Nome: _____ Nascimento: ____ / ____ / ____
 Idade: ____ anos / Gênero: () M () F / Etnia: () Branca () Negra () Asiática /
 Estado Civil: _____ Profissão atual: _____ T: _____ Endereço: _____
 Pgressa: _____ T: _____ Bairro: _____
 Cidade: _____ UF: _____ CEP: _____ Tel: _____

ANTECEDENTES PESSOAIS

SIM CATEGORIA

- () Alteração da Tireóide _____
 () Renais _____
 () Pulmonares _____
 () Vasculares _____
 () Ortopédicos _____
 () Cirúrgicos _____
 Problemas Cardíacos _____
 () Hipertensão Há quanto tempo: _____

DIAGNÓSTICO DE HIPERTENSÃO HÁ QUANTO TEMPO: _____

INTERNAÇÕES PRÉVIAS: () SIM () NÃO

Motivo: _____ Quantas vezes: _____
 Motivo: _____
 Quantas vezes: _____
 Motivo: _____
 Quantas vezes: _____

MEDICAÇÕES EM USO

MEDICAMENTO	DOSAGEM	VEZES AO DIA	HÁ QUANTO TEMPO?

HÁBITOS DE VIDA**SINAIS E SINTOMAS**

Tabagismo atual: () Sim Quantidade cigarros/dia _____ Há quanto tempo? _____ () Não

Tabagismo progressivo: () Sim Quantidade cigarros/dia _____ Por quanto tempo? _____ () Não
Há quanto tempo parou? _____.

Etilismo: () Sim Há quanto tempo? _____. OU Por quanto tempo?_

_____. () Não Atividade física: () Sim Tipo: _____
 _____ Frequência: _____ Há quanto tempo? _____. ()
 Não

Sinais e sintomas: dor e desconforto no peito durante o esforço, falta de ar sem justificativa,
 tontura/vertigem/desmaios; inchaço nos tornozelos; sensação desagradável do batimento cardíaco;
 queimação, câimbras nas pernas em distâncias curtas.

AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

Circunf. da cintura: _____ cm / Circunf. do quadril: _____ cm / Relação Cintura-Quadril = _____

Tipo de abdome: Globoso: () flácido () distendido / () normal / () escavado / ()
 avental

Peso atual: _____ kg / Altura: _____ cm ½ Envergadura: _____ cm / IMC: _____ cm²/kg

Sinais vitais: PA _____ x _____ mmHg FC _____ bpm FR _____ ipm

PACIENTES DIABÉTICOS

AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE PROTETORA – MONOFILAMENTO DE 10g



INSPEÇÃO DOS PÉS	SINTOMAS
Pele seca D() E()	Dor em queimação ()
Pele vermelha/quente D() E()	Dormência ()
Fissuras D() E()	Parestesia ()
Calosidades D() E()	
Unhas atróficas D() E()	
Fungos/Micoses D() E()	
Pele pálida/fria D() E()	Dor claudicante ()
Ausência de pelos D() E()	Dor em repouso ()
História de úlcera prévia D() E()	
Proeminências ósseas D() E()	
Amputação D() E()	

TESTE DA HIPOTENSÃO ORTOSTÁTICA

PA em dec. dorsal: _____ x _____ mmHg / PA pós ortostase: _____ x _____ mmHg / Diferença: _____
 _____ x _____ mmHg

PESQUISA DE SINTOMAS AUTONÔMICOS

Visão muito diminuída no escuro ()sim ()não
Vômitos ou empachamento/estufamento gástrico ()sim ()não
Quadro de diarreia, principalmente à noite ()sim ()não / Constipação ()sim ()não
Retenção urinária ()sim ()não
Incontinência urinária ()sim ()não
Infecções urinárias de repetição ()sim ()não

Anexo 3. Termo de consentimento livre e esclarecido.**I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA**

NOME:.....

.DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº: SEXO: M: F:

DATA DE NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO:.....Nº:.....

COMPLEMENTO:.....BAIRRO:.....CIDADE:.....

.CEP:.....TELEFONE:(.....)-.....CELULAR:(.....).....-.....

II - DADOS SOBRE A PESQUISA

TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: “EXERCÍCIO FÍSICO EM PISCINA AQUECIDA EM IDOSOS HIPERTENSOS: EFEITO DO EXERCÍCIO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE VERSUS EXERCÍCIO CONTÍNUO DE MODERADA INTENSIDADE”

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Emmanuel Gomes Ciolac

CARGO / FUNÇÃO: Professor Assistente Doutor

PESQUISADORES EXECUTANTES: Isabela Roque Marçal

LOCAL: Unidade da faculdade de ciências, Departamento de Educação Física

AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO RISCO MÉDIO

RISCO BAIXO RISCO MAIOR

2. DURAÇÃO DA PESQUISA: 3 anos

III - REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PACIENTE OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:

1. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS:

A prática regular de exercícios físicos proporciona inúmeros benefícios à saúde da pessoa com hipertensão arterial sistêmica (HAS), incluindo a melhora da capacidade cardiorrespiratória, diminuição da pressão arterial, melhora do controle glicêmico, redução do estresse emocional, melhora da qualidade de vida, entre outros. Além disso, a melhora de algumas dessas variáveis parece ser maior com a prática de programas de exercício que alternem alta e baixa intensidade (exercício intervalado), do que de exercício com intensidade moderada constante (exercício contínuo). No entanto, a adesão de programas de exercício é baixa, sendo que a falta de tempo e disponibilidade de locais para a prática de exercícios são alguns dos principais fatores citados como causa desta baixa adesão. Além disto, alguns grupos populacionais podem não ser plenamente beneficiados por apresentarem alguma dificuldade de adaptação a sua realização em intensidade adequada (ex.: indivíduos idosos e/ou com comorbidades como obesidade, doenças osteoarticulares e afecções da coluna vertebral). Neste sentido, o meio aquático e a flutuação promovida por este reduz a sobrecarga articular e facilita a execução do exercício, tornando a realização de exercício físico em piscina aquecida uma alternativa para estas populações. Entretanto, o efeito agudo e crônico do exercício intervalado de alta intensidade em piscina aquecida (ITPA) *versus* exercício contínuo de moderada intensidade (CMIPA) sobre a pressão arterial (repouso ou ambulatorial) e variáveis hemodinâmicas e autonômicas envolvidas na fisiopatologia da HAS (ex.: reatividade endotelial, rigidez arterial, variabilidade da frequência cardíaca) em idosos com HAS, bem como o comportamento destas variáveis após a interrupção dos programas, são desconhecidos em idosos com HAS. Sendo assim, este estudo visa preencher uma lacuna na literatura, levando à melhor compreensão de como o ITPA e CMIPA e seus efeitos agudos e crônicos podem beneficiar o indivíduo idoso com HAS.

2. PROCEDIMENTOS:

Aceitando participar do estudo e tendo os critérios necessários para participação, o(a) senhor(a) será sorteado(a) para realizar:

Estudo 1- Análise das respostas agudas ao exercício: Avaliações pré, imediatamente após e após 45 minutos de recuperação.

Estudo 2- Análise das adaptações crônicas ao exercício: Avaliações pré início do seguimento e 12 semanas após as sessões. Interrupção do treinamento por 16 semanas e avaliação final.

As sessões serão caracterizadas das seguintes maneiras:

- **Sessão de exercício intervalado de alta intensidade em piscina aquecida (ITPA):** A sessão de ITPA será realizada com temperatura entre 30 e 32 °C, com o indivíduo imerso até a altura do processo xifoide, e consistirá de 4 min de aquecimento (caminhada com intensidade "fácil" (no

nível 9) da PSE), seguidos de 21min alternando 1 min de caminhada/trote/corrida (dependendo da condição física do participante) em alta intensidade (entre "cansativo" (nível 15) e "muito cansativo" (nível 17) da PSE) com 2 min de caminhada embaixa/moderada intensidade (entre "fácil" (nível 9) e "relativamente" (nível 11) da PSE) As zonas de exercício entre 15 e 17, para os períodos de esforço de alta intensidade, e entre 9 e 11, para os períodos de esforço de baixa/moderada intensidade, foram escolhidas por estarem associadas ao LV1 e LV2, respectivamente, tanto em indivíduos jovens (CIOLAC et al., 2015b), como em indivíduos com doenças crônicas (VIANA et al., 2017).

- **Sessão de exercício contínuo de moderada intensidade em piscina aquecida (CMIPA):** A sessão de CMIPA será realizada com temperatura entre 30 e 32 °C, com o indivíduo imerso até a altura do processo xifoide, e consistirá de 4 min de aquecimento (caminhada com intensidade "fácil" (no nível 9) da PSE), seguidos de 26 min de caminhada em moderada intensidade (entre "relativamente fácil" (nível 11) e "ligeiramente cansativo" (nível 13) da PSE). A zona de exercício entre 11 e 13 para a sessão de CMIPA por estarem associadas à esforços entre LV1 e LV2, seja em exercícios solo ou em piscina aquecida (CARVALHO et al., 2009; CIOLAC et al., 2015a).

- **Sessão controle (CON):** A sessão CON consistirá de 30 min de repouso sentado em ambiente calmo e com temperatura controlada (21-23°C).

O(a) senhor(a) será submetido aos seguintes procedimentos antes, durante e após os estudos: **a) Teste ergoespirométrico:** exercício progressivo na esteira limitado por sintomas de dispneia ou fadiga (para avaliara capacidade física e as respostas cardiovasculares ao esforço físico); **b) Medida da pressão arterial (PA):** PA de repouso utilizando equipamento automático e MAPA 24 horas (exame que mede e grava sua pressão arterial por um período de 24 horas); **c) Avaliação das medidas e composição corporal:** cálculo do IMC (índice de massa corporal), circunferência da cintura; **d) Avaliação do nível de atividade física habitual:** será avaliado através de questionário; **e) Avaliação da qualidade de vida e estado de humor:** serão avaliados através de questionário e escala, respectivamente **f) Avaliação da função endotelial e rigidez arterial:** o(a) senhor(a) ficará deitado(a) numa maca, será colocado um sensor sobre a artéria que passa pelo seu pescoço e sobre a artéria que passa sobre a sua região inguinal (virilha), os quais medirão a velocidade com que o sangue passa através destas regiões; será também colocado um manguito (igual ao utilizado pra medir a pressão arterial, porém de menor tamanho) no seu antebraço, o qual será inflado para medir a capacidade de dilatação das suas artérias; **g) Variabilidade da frequência cardíaca (VFC):** serão mensurados a FC e os intervalos R- R (iRR) por sistema digital de telemetria, que consisti de um transmissor posicionado no tórax do voluntário (região do esterno) e um monitor de FC (Polar RS800CX®, Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia), para análise da VFC. A aquisição destes dados ocorrerá por 10 min,

com os indivíduos sendo instruídos a permanecerem acordados, quietos e respirando espontaneamente. Os dados serão então transmitidos para um software específico (Polar Pro Trainer Software® version 5, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) e convertidos em arquivos de texto. **h) Análise Da Capacidade Funcional: *Força de preensão palmar (FPP)*:** os indivíduos serão posicionados sentados, sem apoio dos braços, pés apoiados no chão, ombro aduzido, cotovelo flexionado a 90° e antebraço na posição neutra. Após comando verbal, estes realizarão uma contração isométrica voluntária máxima do membro dominante, do qual serão obtidas no mínimo três medidas, com intervalo de um minuto entre estas, sendo considerado o valor médio destas. Os valores obtidos serão comparados com os valores preditos. ***Testes de sentar e levantar*:** Este teste terá como objetivo avaliar a força e resistência de membros inferiores. O sujeito deverá se posicionar sentado em uma cadeira sem braços, posicionando os seus braços cruzados na frente do tórax. Ao comando, deverá ficar em pé e retornar para a posição inicial, sentada, o maior número de vezes, em 30 segundos. ***Teste de Wells e Dillon*:** A flexibilidade corporal será avaliada pelo teste de Wells e Dillon, também denominado de teste de “sentar e alcançar”, cujo objetivo é mensurar a flexibilidade da parte posterior do tronco e pernas. Neste teste, o indivíduo estará sentado no solo sobre um colchonete, com os pés em total contato com a face anterior do banco Wells mantendo uma extensão total de joelhos e flexão de quadril. Em seguida, com os braços erguidos e as mãos sobrepostas levando ambas para frente, os indivíduos serão orientados a mover o escalímetro (marcador) do banco ao máximo que conseguirem, realizando uma flexão de tronco. Serão realizados 3 movimentos antes do teste como aquecimento. O valor obtido para cada tentativa será expresso em centímetros, considerando o maior valor observado de três medidas repetidas. O indivíduo será orientado a não fazer impulsos ou insistências durante o teste. ***TC6*:** O TC6 será realizado em um corredor plano, com percurso de 30 m de comprimento e 2 m de largura, onde o voluntário deverá caminhar durante seis minutos, sendo monitorado durante todo o teste por um oxímetro de pulso portátil (Nonin 8500A, North Plymouth, MN, USA) para verificação da SpO₂ e obtenção da FC, além de ser questionado quanto à sensação de dispneia pela escala de Borg modificada. Ao final do teste, será registrada a distância percorrida (m). Os voluntários serão incentivados por comandos verbais padronizados. Cada voluntário efetuará duas vezes o TC6, com 30 minutos de intervalo; a primeira vez terá como propósito permitir a adaptação ao procedimento, eliminando o efeito de aprendizado; sendo a segunda vez, considerada oficial, para medida da distância percorrida.

2. DESCONFORTOS E RISCOS ESPERADOS:

Durante a participação no estudo, o(a) senhor(a) estará sujeito a pequenos desconfortos, como cansaço físico durante o teste ergoespirométrico e as sessões de treinamento, leve pressão no braço durante os exames de MAPA/HOLTER 24 horas e função endotelial, aumento da pressão arterial durante o

exercício. Há também risco mínimo de lesão musculoesquelética durante a realização do teste ergoespirométrico. Caso sinta desconforto em algum dos exames, os mesmos serão interrompidos imediatamente. Assim que os exames forem interrompidos, o eventual desconforto também passará.

3.BENEFÍCIOS QUE PODERÃO SER OBTIDOS:

Com a participação no estudo, o(a) senhor(a) poderá obter os seguintes benefícios: **a)** Melhora da condição física; **b)** Melhora da resposta cardiovascular ao esforço físico; **c)** Melhora da pressão arterial; **d)** Prevenção de doenças crônicas associadas ao sedentarismo; **e)** Melhora da composição corporal; **f)** Bem estar físico e psicológico, entre outros.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

- 1.** Em qualquer etapa do estudo, o(a) senhor(a) terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é o Dr. Emmanuel Gomes Ciolac que pode ser encontrado no endereço Avenida Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 – Bairro: Vargem Limpa –Telefones (14) 3103-9623
- 2.** É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento, deixando de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição.
- 3.** As informações obtidas serão analisadas em conjunto com a de outros pacientes, não sendo divulgada a identificação de nenhum de vocês.
- 4.** Quem participar da pesquisa será atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, ou seja, dos achados antes do término da pesquisa.
- 5.** Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo testes, exames e o treinamento. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa. Caso ocorra algum dano à sua saúde, que seja decorrente da pesquisa, não há a possibilidade de pagamento de indenização.
- 6.** Os pesquisadores se comprometem a utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

V - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

1. Declaro ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo “Exercício físico em piscina aquecida em idosos hipertensos: Efeito do exercício intervalado de alta intensidade versus exercício contínuo de moderada intensidade”. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e estou ciente que poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento.

_____ Data ____ / ____ / ____

Assinatura do participante da pesquisa

_____ Data ____ / ____ / ____

Assinatura da testemunha

Para casos de pacientes menores de 18 anos, analfabetos, semi-analfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.

(Somente para o responsável do projeto)

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

_____ Data ____ / ____ / ____

Assinatura do responsável pelo estudo

Nome do pesquisador: Prof. Dr. Emmanuel

Gomes Ciolac Fone: (14) 3103-6082 / e-

mail: ciolac@fc.unesp.br

Caso necessite entre em contato com a Unesp – Bauru / Departamento de Educação Física:

End: Avenida Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 – Bairro:

Vargem Limpa CEP: 17033-360. Fone: (14) 3103-9623

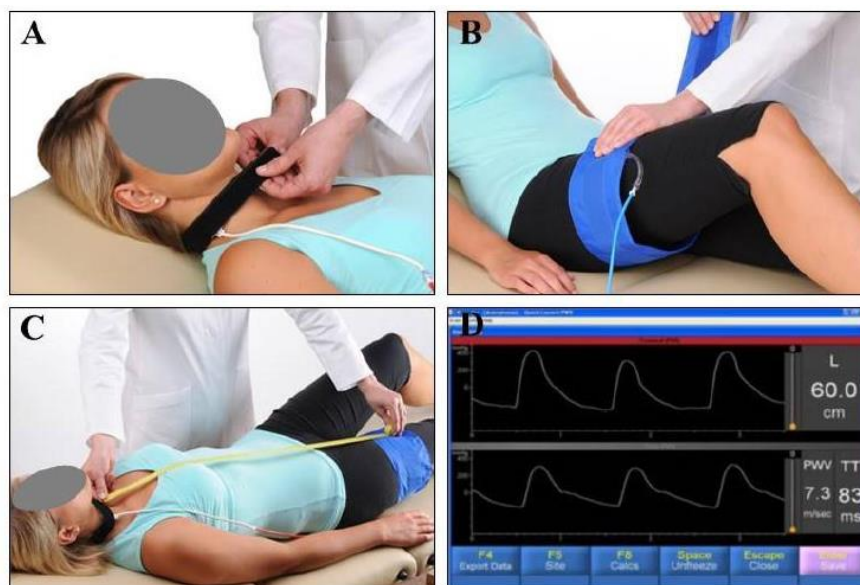
Anexo 4. Piscina aquecida onde foi realizada as intervenções do presente estudo.



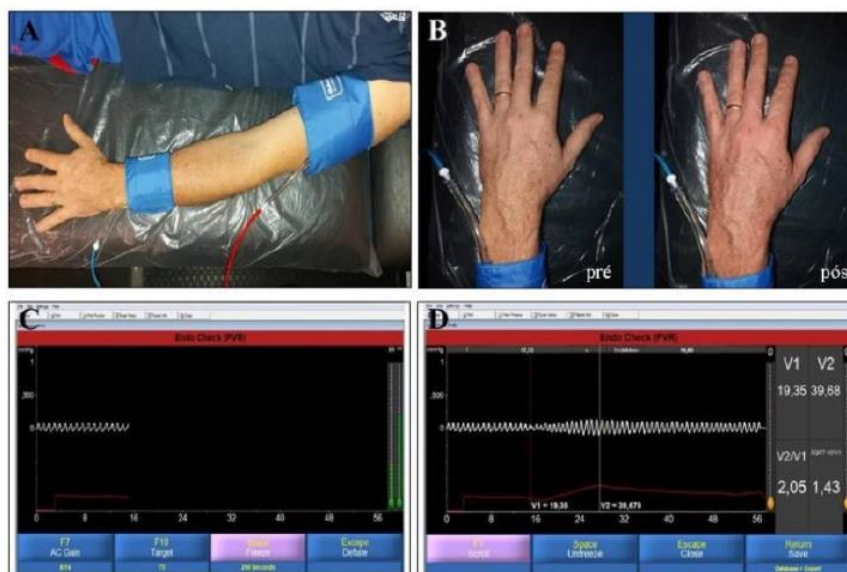
Legenda: Estrutura da piscina aquecida utilizada nas intervenções do presente estudo. Localização: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, campus Bauru – Faculdade de Ciências - Departamento de Educação Física, Bauru, São Paulo, Brasil. Imagem autorizada pelo participante.

Anexo 5. Imagem ilustrativa da medida da rigidez arterial e reatividade endotelial.

1)

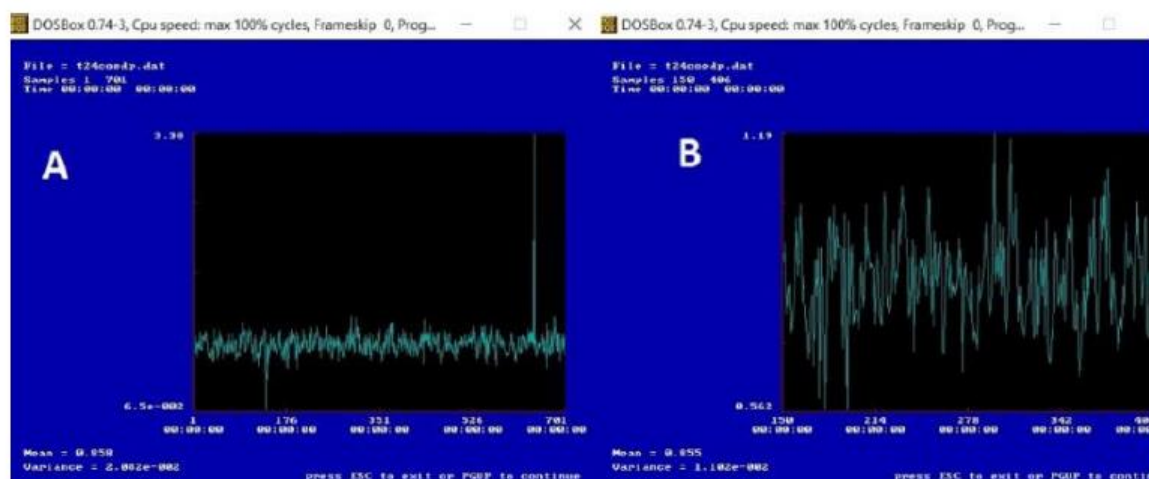


2)



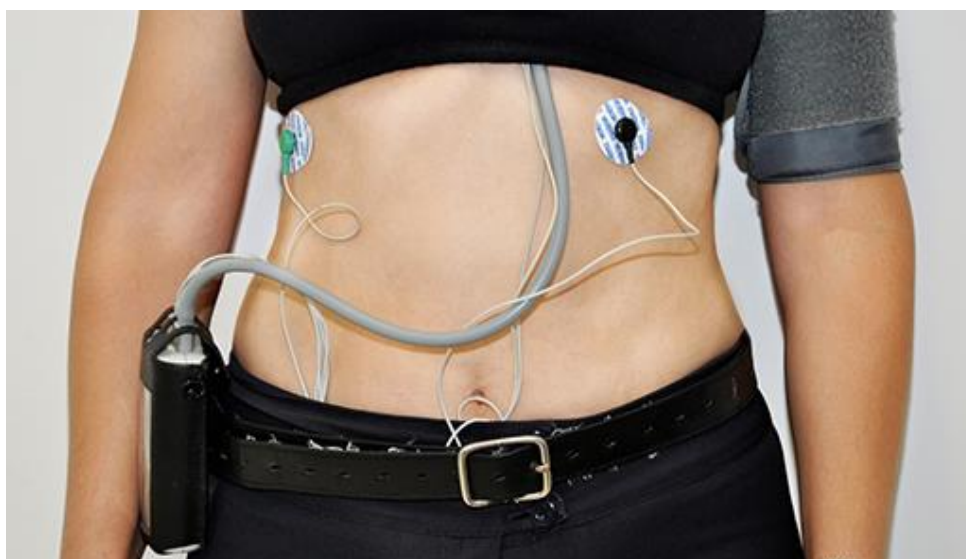
Legenda: Figura 1: A: colocação do manguito no pescoço; B: colocação do manguito na coxa; C: medição da distância entre os dois manguitos; D: velocidade da onda de pulso. Figura 2: Avaliação da função endotelial. A: Posição dos manguitos; B: Hiperemia reativa pós-occlusão; C: fase de pré-occlusão; D: fase de pós-occlusão (resultado do teste). Fonte: Dissertação de mestrado “Prescrevendo e monitorando exercício intervalado pela percepção subjetiva de esforço em diabéticos tipo 2: respostas metabólica e hemodinâmica” apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade, Ariane Aparecida Viana, 2017.

Anexo 6. Imagem ilustrativa dos gráficos de variabilidade da frequência cardíaca



Legenda: Análise da variabilidade da frequência cardíaca por meio do *software Dosbox* versão 0.74-3. A: Seleção visual em sequência de 1 a 700 pontos. B: Seleção dos 256/300 pontos para análise dos dados. Fontes: Qualificação de mestrado da presente dissertação.

Anexo 7. Imagens ilustrativas da monitorização ambulatorial da pressão arterial e monitorização eletrocardiográfica de 24 horas.



Fonte: *Cardiosystem.*

Anexo 8. Diário autorrelatado das atividades durante as 24 horas de monitorização ambulatorial da pressão arterial (MAPA) e monitorização eletrocardiográfica.

Diário de Paciente					
Nº do Exame		Paciente: Data de Início:			Código
	Início	Fim	Atividade	Horário	Sintoma
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					

©2017 - Fundação Sistema Fênix - Instituto de Saúde e Educação - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo

Fontes: Elaborada pela autora.