

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano

Thaís Reichert

EFEITOS DE DIFERENTES TREINAMENTOS DE HIDROGINÁSTICA NAS
RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E NEUROMUSCULARES DE
MULHERES IDOSAS

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruel

Porto Alegre- RS

2020

Thaís Reichert

EFEITOS DE DIFERENTES TREINAMENTOS DE HIDROGINÁSTICA NAS
RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E NEUROMUSCULARES DE
MULHERES IDOSAS

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciências do Movimento
Humano como requisito para obtenção do título
de doutor.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins
Kruel

Porto Alegre- RS

2020

CIP - Catalogação na Publicação

Reichert, Thaís

Efeitos de diferentes treinamentos de hidroginástica nas respostas cardiorrespiratórias e neuromusculares de mulheres idosas / Thaís Reichert.

-- 2020.

144 f.

Orientador: Luiz Fernando Martins KrueI.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. hidroginastica. 2. treinamento aquático. 3. idosas. 4. envelhecimento. 5. força muscular. I. KrueI, Luiz Fernando Martins, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

SUMÁRIO

| | |
|--|-------------------------------|
| RESUMO | 6 |
| ABSTRACT | 8 |
| 1 INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA | 16 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 19 |
| 1.2.1 OBJETIVO GERAL | 19 |
| 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 19 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 21 |
| 2.1 ADAPTAÇÕES AO ENVELHECIMENTO | 21 |
| 2.2 EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBIO DE HIDROGINÁSTICA EM IDOSOS | 23 |
| 2.3 EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA NO MEIO AQUÁTICO EM IDOSOS | 30 |
| 2.4 EFEITOS DO TREINAMENTO COMBINADO DE HIDROGINÁSTICA EM IDOSOS | 37 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | Erro! Indicador não definido. |
| 4 RESULTADOS | Erro! Indicador não definido. |
| 4.1 ESTUDO I: EFEITOS A CURTO E A LONGO PRAZO DE DIFERENTES TREINAMENTOS DE HIDROGINÁSTICA NA CAPACIDADE CARDIORRESPIRATÓRIA E NA FORÇA MUSCULAR DE MULHERES IDOSAS..... | 45 |
| 4.2 ESTUDO II: EFEITOS A CURTO E A LONGO PRAZO DE TRÊS TREINAMENTOS DE HIDROGINÁSTICA NAS ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES E MORFOLÓGICAS DE MULHERES IDOSAS..... | 76 |
| 4.3 ESTUDO III: EFEITOS A CURTO E A LONGO PRAZO DE TRÊS TREINAMENTOS DE HIDROGINÁSTICA NA PRESSÃO ARTERIAL DE MULHERES IDOSAS | 106 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 127 |
| REFERÊNCIAS | 128 |

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu orientador, professor Luiz Fernando Martins Krueel. Krueel, muito obrigada por ter me aberto as portas do mundo da pesquisa científica, obrigada por todos os ensinamentos e todas as oportunidades ao longo dessa trajetória de graduação, mestrado e doutorado.

Agradeço aos professores da banca examinadora, Prof. Dr. Álvaro, Prof^a. Dr^a Ana, Prof. Dr. Rodrigo e Prof^a. Dr^a. Stephanie por aceitarem participar desse momento tão especial para mim. Agradeço também pelas contribuições realizadas para o enriquecimento da minha tese de doutorado desde a qualificação.

Agradeço ainda a minha eterna coorientadora Ana. Ana, muito obrigada por ter me pego pela mão e ter me guiado por esse mundo da pesquisa científica. Obrigada por toda a paciência, por todos os ensinamentos e por todo o auxílio sempre que precisei. Se hoje estou aqui defendendo uma tese de doutorado, muito devo a ti. Agradeço também ao Rodrigo que, embora mesmo não sendo meu coorientador oficialmente, sempre esteve por perto contribuindo para o meu crescimento acadêmico. Um agradecimento especial a Stephanie, Cristine e todo o grupo LabNeuro por me acolherem em Pelotas e pela capacitação em coleta e análise de espessura muscular. Vocês são grandes exemplos!

Aos funcionários do LAPEX e do Centro Natatório por todo o auxílio prestado, especialmente durante o período de treinamento e coleta de dados.

Agradeço com enorme carinho a todas as mulheres componentes da amostra por toda a dedicação e empenho, tornando esse trabalho possível.

Um agradecimento muito especial ao GPAT. Sou muito grata por poder conviver e aprender com pessoas tão competentes e especiais. Ao pessoal do grupo, obrigada por todos os ensinamentos científicos e por toda a parceria de trabalho. Mas agradeço ainda mais pela amizade, pelas conversas sempre regadas com um bom chimarrão ou um café passado e pelo espírito de união, fatores que tornaram essa caminhada mais leve e ainda mais especial. Agradeço especialmente a dois presentes que a vida acadêmica e o GPAT me deram: Rochelle e Bruna. Rô e Bru, não tenho palavras para agradecer pelo companheirismo de vocês. Obrigada pelo ombro amigo nos momentos de incertezas e angústias e obrigada por estarem comigo em tantos momentos bons. Obrigada por toda a parceria e por todos os ensinamentos. Vocês com certeza tornaram meus dias muito mais divertidos.

Agradeço enormemente a minha equipe de coletas: Andressa, Anemari, Artur, Bruna, Cláudia, Elisa, Francesca, Henrique, Pedro, Rochelle e Vitória. Meu maior obrigado não é o suficiente para agradecer pelo trabalho incansável de vocês! Obrigada por estarem comigo em sessões de treinamento e em dias de coleta em dia de semana, final de semana e feriados. Sem vocês, com certeza, este trabalho não teria sido possível.

Agradeço ao professor Marco Vaz e ao grupo Gpbic pela parceria na realização deste trabalho.

Agradeço ao meu namorado Rafael pela compreensão, por me confortar nos momentos difíceis e por me encorajar sempre.

Agradeço de todo o meu coração a minha família. Obrigada pelo amor incondicional, por serem meu porto-seguro e pela constante torcida por mim. Agradeço especialmente a minha mãe, que é a principal responsável por esse momento. Obrigada por me mostrar a importância do estudo e por não medir esforços para que eu consiga realizar os meus sonhos.

Por fim, agradeço a Deus por ter colocado todas essas pessoas tão especiais no meu caminho.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos a curto e a longo prazo de três treinamentos realizados em meio aquático, treinamento aeróbico (TA), treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamento resistido (TCER) e treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas (TCSM), nas respostas neuromusculares e cardiorrespiratórias de mulheres idosas. A amostra foi composta por 60 mulheres com idade entre 60 e 75 anos que foram randomizadas entre os grupos de treinamento. Os treinamentos apresentaram a duração de 16 semanas com frequência semanal de duas sessões. Avaliações neuromusculares (força muscular, atividade neuromuscular, economia neuromuscular e espessura muscular) e cardiorrespiratórias (consumo de oxigênio, frequência cardíaca e pressão arterial) foram realizadas previamente ao treinamento, após oito e após 16 semanas de treinamento. Para análise estatística, utilizou-se as Equações de Estimativas Generalizadas com teste complementar de Bonferroni ($\alpha = 0,05$). Todos os testes estatísticos foram realizados no programa estatístico SPSS 20.0. A força dinâmica máxima de extensão de joelhos apresentou um incremento significativo do pré- para pós-8 semanas e desse momento para pós-16 semanas de treinamento em todos os grupos. A força isométrica máxima de extensão do joelho, a atividade neuromuscular do reto femoral e do vasto lateral e a taxa de produção de força em 100 ms apresentaram um incremento do pré- para pós-16 semanas de treinamento em todos os grupos, sem diferença entre eles. A economia neuromuscular do vasto lateral apresentou melhora somente no grupo TCSM do pré- para pós-8 e pós-16 semanas. A espessura muscular do reto femoral, vasto intermédio e vasto lateral não apresentaram diferença ao longo da intervenção. Por outro lado, a espessura muscular do vasto medial e do quadríceps apresentaram uma redução no grupo TA do pré- para pós-16 semanas de treinamento. O consumo de oxigênio de pico e o percentual do consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório em relação ao consumo de oxigênio de pico apresentaram um aumento significativo do pré- para pós-16 semanas de treinamento em todos os grupos. O consumo de oxigênio correspondente ao segundo limiar ventilatório apresentou um incremento do pré- para pós-8 semanas e desse momento para pós-16 semanas de treinamento em todos os grupos. A frequência cardíaca de repouso, correspondente ao segundo limiar ventilatório e de pico não foram alteradas do pré para pós-16 semanas de intervenção. A pressão arterial sistólica apresentou uma redução do pré- para pós-8 semanas de treinamento e desse momento para pós-16 semanas de treinamento, enquanto que a pressão arterial diastólica diminuiu do pré- para pós-8 e pós-16 semanas de treinamento em todos os grupos. Conclui-se que o TA, o TCER e o TCSM promoveram os mesmos ganhos

de força máxima, de taxa de produção de força, de atividade neuromuscular e de capacidade cardiorrespiratória após oito e 16 semanas de treinamento em mulheres idosas. Ainda, os três treinamentos promoveram reduções semelhantes na pressão arterial após oito e 16 semanas. Contudo, o grupo TA apresentou uma redução da espessura muscular de vasto medial e de quadríceps, o que não foi observado nos grupos TCER e TCSM. Como aplicação prática, recomenda-se a prática de um treinamento combinado em meio aquático cujo treinamento de força pode progredir para uso de equipamento resistido ou para séries múltiplas para mulheres idosas.

Palavras-chave: hidroginástica, treinamento aquático, envelhecimento, treinamento aeróbio, treinamento combinado, força, consumo de oxigênio

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano

Autora: Thaís Reichert

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

Título da tese: Efeitos de diferentes treinamentos de hidroginástica nas respostas cardiorrespiratórias e neuromusculares de mulheres idosas

Porto Alegre, 2020

ABSTRACT

The aim of the present study was to compare the short and long-term effects of three aquatic trainings, aerobic training (AT), concurrent training in which resistance training progresses to the use of resistive equipment (CTRE) and concurrent training in which resistance training progresses to multiple sets (CTMS), in the neuromuscular and cardiorespiratory adaptations of older women. The sample was composed of 60 women aged between 60 and 75 years old who were randomized among the training groups. Training lasted 16 weeks with a weekly frequency of two sessions. Neuromuscular (muscle strength, neuromuscular activity, neuromuscular economy and muscle thickness) and cardiorespiratory (oxygen consumption, heart rate and blood pressure) assessments were performed prior to training, after eight weeks and after 16 weeks of training. For statistical analysis, the Generalized Estimation Equations were used with Bonferroni's complementary test ($\alpha = 0.05$). All statistical tests were performed using the SPSS vs 20.0. Maximal dynamic strength of knee extension showed a significant increase from pre- to post-8 weeks and from post-8 to post-16 weeks of training in all groups. The maximal isometric strength of the knee extension, the neuromuscular activity of the rectus femoris and the vastus lateralis and the rate of force development at 100 ms showed an increase from pre-to post-16 weeks of training in all groups. The neuromuscular economy of the vastus lateralis showed improvement only in the CTMS group from pre- to post-8 and post-16 weeks. The muscular thickness of the rectus femoris, vastus intermediate and vastus lateralis did not show any difference during the intervention. On the other hand, the muscular thickness of the vast medial and quadriceps showed a reduction in the AT group from pre- to post-16 weeks of training. Peak oxygen consumption and the percentage of oxygen consumption at the second ventilatory threshold in relation to peak oxygen consumption showed an increase from pre- to post-16 weeks of training in all groups. The oxygen consumption corresponding to the second ventilatory threshold showed an increase

from pre- to post-8 weeks and from post-8 to post-16 weeks of training in all groups. The resting heart rate, the heart rate corresponding to the second ventilatory threshold and the maximal heart rate, was not changed from pre- to post-16 weeks of intervention. Systolic blood pressure decreased from pre- to post-8 weeks of training and from post-8 to post-16 weeks of training, while diastolic blood pressure decreased from pre- to post-8 and post-16 weeks of training in all groups. It is concluded that AT, CTRE and CTMS promoted the same gains in maximal strength, rate of force development, neuromuscular activity and cardiorespiratory capacity after eight and 16 weeks of training in older women. In addition, the three trainings promoted similar reductions in blood pressure after eight and 16 weeks. However, the AT group showed a reduction in the muscular thickness of the vastus medialis and quadriceps, which was not observed in the CTRE and CTMS groups. As a practical application, concurrent training in which resistance training can progress to the use of resistance equipment or to multiple series is recommended to older women.

Keywords: water-based exercise, aquatic training, aging, aerobic training, concurrent training, strength, oxygen uptake

FEDERAL UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL

Post-Graduation Program on Human Movement Sciences

Author: Thaís Reichert

Advisor: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruel.

Thesis title: Effects of different water-based training on cardiorespiratory and neuromuscular adaptations in older women

Porto Alegre, 2020.

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1. Características e principais resultados dos estudos com treinamento aeróbio de hidroginástica em idosos..... | 28 |
| Quadro 2. Características e principais resultados dos estudos com treinamento de força na hidroginástica em idosos. | 34 |
| Quadro 3. Características e principais resultados dos estudos com treinamento combinado de hidroginástica em idosos..... | 42 |

ESTUDO I: Efeitos a curto e a longo prazo de diferentes treinamentos de hidroginástica na capacidade cardiorrespiratória e na força muscular de mulheres idosas

| | |
|--|----|
| Quadro 1. Periodização do treinamento aeróbio..... | 51 |
| Quadro 2. Periodização do treinamento de força do grupo treinamento combinado com progressão para equipamento resistido..... | 52 |
| Quadro 3. Periodização do treinamento de força do grupo treinamento combinado com progressão para séries múltiplas..... | 53 |

ESTUDO II: Efeitos a curto e a longo prazo de três treinamentos de hidroginástica nas adaptações neuromusculares e morfológicas de mulheres idosas

| | |
|--|----|
| Quadro 1. Periodização do treinamento aeróbio..... | 81 |
| Quadro 2. Periodização do treinamento de força do grupo treinamento combinado com progressão para equipamento resistido..... | 83 |
| Quadro 3. Periodização do treinamento de força do grupo treinamento combinado com progressão para séries múltiplas | 84 |

ESTUDO III: Efeitos a curto e a longo prazo de três treinamentos de hidroginástica na pressão arterial de mulheres idosas

| | |
|--|-----|
| Quadro 1. Periodização do treinamento aeróbio..... | 112 |
| Quadro 2. Periodização do treinamento de força do grupo treinamento combinado com progressão para equipamento resistido..... | 114 |
| Quadro 3. Periodização do treinamento de força do grupo treinamento combinado com progressão para séries múltiplas..... | 115 |

LISTA DE TABELAS

ESTUDO I: Efeitos a curto e a longo prazo de diferentes treinamentos de hidroginástica na capacidade cardiorrespiratória e na força muscular de mulheres idosas

Tabela 1. Valores de idade, estatura, massa corporal, índice de massa corporal e percentual de gordura do grupo treinamento aeróbio (TA), grupo treinamento combinado cujo treinamento de força progride para equipamento resistido (TCER) e grupo treinamento combinado cujo treinamento de força progride para series múltiplas (TCSM).....60

Tabela 2. Variáveis cardiorrespiratórias pré-treinamento, após 8 semanas de treinamento e após 16 semanas de treinamento.62

Tabela 3. Tamanho de efeito calculado para as variáveis cardiorrespiratórias.....63

Tabela 4. Força dinâmica máxima e força resistente de extensão de joelhos pré-treinamento, após 8 semanas de treinamento e após 16 semanas de treinamento.....65

Tabela 5. Tamanho de efeito calculado para a força dinâmica máxima e força resistente.....66

ESTUDO II: Efeitos a curto e a longo prazo de três treinamentos de hidroginástica nas adaptações neuromusculares e morfológicas de mulheres idosas

Tabela 1. Valores de idade, estatura, massa corporal, índice de massa corporal e percentual de gordura do grupo treinamento aeróbio (TA), grupo treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para equipamento resistido (TCER) e grupo treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para series múltiplas (TCSM).....89

Tabela 2. Resultados das variáveis neuromusculares.....91

Tabela 3. Tamanho de efeito calculado para as variáveis neuromusculares.....93

Tabela 4. Resultados das variáveis morfológicas.....95

Tabela 5. Tamanho de efeito calculado para a espessura muscular.....96

ESTUDO III: Efeitos a curto e a longo prazo de três treinamentos de hidroginástica na pressão arterial de mulheres idosas

Tabela 1. Valores de idade, estatura, massa corporal, índice de massa corporal e medicamentos utilizados dos grupos treinamento aeróbio (TA), treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para uso de equipamento resistido (TCER) e treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para séries múltiplas (TCSM).....117

Tabela 2. Média e limites inferiores e superiores (IC95%) do tamanho de efeito calculado para as comparações pré *versus* pós-16 semanas de treinamento para cada grupo de intervenção.....119

Tabela 3. Prevalência de hipertensão nos diferentes grupos pré e pós-intervenção.....120

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação da pressão hidrostática. O tamanho das flechas indica a magnitude da pressão. Observa-se que há um aumento da pressão hidrostática com o aumento da profundidade de imersão.....23

ESTUDO I: Efeitos a curto e a longo prazo de diferentes treinamentos de hidroginástica na capacidade cardiorrespiratória e na força muscular de mulheres idosas

Figura 1. Equipamento resistido utilizado durante os exercícios de força pelo grupo TCER.....52

Figura 2. Teste de força máxima de extensão de joelho.....54

Figura 3. Teste máximo em esteira.....56

Figura 4. Teste máximo em meio aquático.....57

Figura 5. Fluxograma de participantes.....59

ESTUDO II: Efeitos a curto e a longo prazo de três treinamentos de hidroginástica nas adaptações neuromusculares e morfológicas de mulheres idosas

Figura 1. Fluxograma de participantes.....88

ESTUDO III: Efeitos a curto e a longo prazo de três treinamentos de hidroginástica na pressão arterial de mulheres idosas

Figura 1. Fluxograma de participantes durante as fases da pesquisa.....116

Figura 2. Pressão arterial sistólica (A) e pressão arterial diastólica (B) pré-treinamento, após 8 e 16 semanas de treinamento. TA: treinamento aeróbio; TCER: treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para uso de equipamento resistido; TCSM: treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para séries múltiplas.....118

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- %FC_{LV2}: percentual da frequência cardíaca no segundo limiar ventilatório em relação ao
- %G: percentual de gordura
- %VO_{2LV2}: percentual do consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório em relação ao pico
- 1RM: uma repetição máxima
- Ap: área de projeção frontal do corpo/segmento
- b.min⁻¹: batidas por minuto
- Bpm: batimentos por minuto
- CR: coeficiente de arrasto
- CVIM: contração voluntária isométrica máxima
- EM: espessura muscular
- EMG: amplitude máxima isométrica do sinal eletromiográfico
- Ext: extensão
- FC: frequência cardíaca
- FC_{LAn}: frequência cardíaca correspondente ao limiar anaeróbio
- FC_{LV2}: frequência cardíaca correspondente ao segundo limiar ventilatório
- FC_{max}: frequência cardíaca máxima
- FC_{rep}: frequência cardíaca de repouso
- Flex: flexão
- IEP: índice de esforço percebido
- IMC: índice de massa corporal
- PA: pressão arterial
- PAD: pressão arterial diastólica
- PAS: pressão arterial sistólica
- PDFC: ponto de deflexão da frequência cardíaca
- PT: pico de torque
- R: força de arrasto
- RF: reto femoral
- RML: resistência muscular localizada
- RMS: *root mean square*
- TA: treinamento aeróbio

TCER: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para a utilização de equipamentos resistidos

TCSM: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas

TFA: treinamento de força no meio aquático

TPF: taxa de produção de força

V: velocidade

Ve: ventilação

VI: vasto intermédio

VL: vasto lateral

VM: vasto medial

VO₂: consumo de oxigênio

VO_{2LV2}: consumo de oxigênio correspondente ao segundo limiar ventilatório

VO_{2max}: consumo máximo de oxigênio

VO_{2pico}: consumo de oxigênio de pico

p: densidade da água

1 INTRODUÇÃO

1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

A população idosa tem apresentado um crescimento no mundo todo e projeções indicam que ela continuará em um ritmo de desenvolvimento exponencial nas próximas décadas, chegando a representar 21% da população em 2050 (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DAS NAÇÕES UNIDAS, 2019). Esse cenário também é observado no Brasil: em 1950, a população idosa representava menos de 5% da população nacional total; esse percentual aumentou para 12% no ano de 2015 e, estima-se que, em 2050, a população idosa represente 30% dos brasileiros. O ritmo de crescimento do número de idosos no Brasil supera o ritmo mundial, de modo que, já em 2030, sejamos a quinta população mais idosa do planeta (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DAS NAÇÕES UNIDAS, 2019). A elevada prevalência e incidência de idosos demonstra a necessidade de investigar os efeitos do processo de envelhecimento no organismo, bem como, de identificar ferramentas que amenizem essas alterações deletérias, a fim de contribuir para uma melhor qualidade de vida desse público.

O processo de envelhecimento está associado a diversas alterações no organismo. Dentre elas, pode-se destacar a diminuição da força muscular (FRONTERA et al., 1991; FRONTERA et al., 2000; GOODPASTER et al., 2006; CHARLIER et al., 2016) e da capacidade cardiorrespiratória (FLEG & LAKATTA, 1988; FLEG et al., 2005), alterações que acarretam em prejuízos na funcionalidade e na independência funcional dos idosos, agravando o seu quadro de fragilidade e tornando-os mais suscetíveis a cuidados de terceiros (FRONTERA et al., 2000; FLEG et al., 2005). Além de prejuízos na funcionalidade, a redução da força muscular e da capacidade cardiorrespiratória também está relacionada a maior ocorrência de quedas (FOLDVARI et al., 2000; BOHANNON, 2008; ANDRADE et al., 2010; CLARK & MANINI, 2010), hospitalizações (ALLEY et al., 2010), institucionalizações e mortalidade (MYERS et al., 2002; RUIZ et al. 2008; LING et al., 2010; ARTERO et al., 2011).

O aumento da incidência de doenças crônicas não transmissíveis também demanda preocupação durante o envelhecimento (BARNETT et al., 2012; FABBRI et al., 2015). Dentre elas, destaca-se a hipertensão, que afeta aproximadamente 70% dos idosos (MOZAFFARIAN et al., 2015; SARKI et al., 2015). A elevação da pressão arterial aumenta o risco de morbidade cardiovascular (PESCATELLO et al., 2004; BOUTCHER et al., 2017), e já há uma relação positiva entre o risco de doença cardiovascular, principal causa de morte

no mundo, e pressão arterial com níveis pressóricos de 115/75 mmHg (LEWINGTON et al., 2002).

A fim de amenizar esses efeitos deletérios do envelhecimento, tem-se recomendado a prática regular de exercícios aeróbios e de força muscular, caracterizando um treinamento combinado (CHODZKO-ZAJKO et al., 2004). Dentro desse contexto, a realização de exercício físico em meio aquático apresenta vantagens como o reduzido impacto articular devido à ação do empuxo (KRUEL, 2000; ALBERTON et al., 2014; DELEVATTI et al., 2015). Além disso, devido à pressão hidrostática e pela troca de calor no meio aquático ocorrer, principalmente, por condução e convecção, ocorre redução da ativação simpática renal e supressão do sistema renina-angiotensina-aldosterona, reduzindo a secreção de hormônios vasoconstritores, como renina, vasopressina e aldosterona (PENDERGAST et al., 2015). Por outro lado, há um aumento na secreção do hormônio vasodilatador peptídeo natriurético atrial (PENDERGAST et al., 2015). Todas essas alterações resultam em uma menor resistência vascular periférica, contribuindo para uma redução da pressão arterial em imersão (GABRIELSEN et al., 2002; PENDERGAST et al., 2015). Esses dados demonstram que no meio aquático é possível alcançar altas cargas de treinamento, como intensidades correspondentes ao segundo limiar ventilatório e intensidades máximas (ALBERTON et al., 2014; DELEVATTI et al., 2015), com uma menor sobrecarga osteoarticular e cardiovascular, proporcionando uma maior segurança para o treinamento do público idoso.

Assim como no meio terrestre, no meio aquático diversos modelos de treinamento podem ser utilizados para proporcionar benefícios à saúde de seus praticantes. Estudos conduzidos no meio aquático têm demonstrado que o treinamento combinado de exercícios aeróbios e de força promove melhoras em parâmetros neuromusculares e cardiorrespiratórios em idosos (TAKESHIMA et al., 2002; TSOURLOU et al., 2006; ZAFFARI, 2014, KANITZ et al., 2015a). Também demonstrou-se que o treinamento de força aplicado de forma isolada promove melhoras neuromusculares (LIEDTKE, 2014; ZAFFARI, 2014; COSTA et al., 2018; REICHERT et al., 2018; REICHERT et al., 2019) e redução da pressão arterial (KANITZ, 2015), no entanto, não proporciona benefícios cardiorrespiratórios (LIEDTKE, 2014; ZAFFARI, 2014; COSTA et al., 2018). Surpreendentemente, o treinamento aeróbio isolado promove, além de ganhos cardiorrespiratórios e redução da pressão arterial, incrementos significativos na força muscular (LIEDTKE, 2014; ZAFFARI, 2014; COSTA et al. 2018; KANITZ et al., 2015a; ZAFFARI, 2014, ANDRADE et al., 2020). Esse é um achado interessante, à medida que demonstra que parece não ser necessário um treinamento de força complementar ao treinamento aeróbio aquático. Acredita-se que os incrementos de

força muscular advindos do treinamento aeróbio sejam justificados pela força necessária para vencer a resistência da água, existente inclusive em exercícios aeróbios. Essa força poderia ser suficiente para estimular adaptações neuromusculares em idosos previamente destreinados durante as primeiras semanas de intervenção. Ressalta-se que nesses estudos o treinamento aeróbio atingiu altas intensidades, o que pode ter sido fundamental para estimular os incrementos de força muscular (LIEDTKE, 2014; ZAFFARI, 2014; COSTA et al. 2018; KANITZ et al., 2015a; ZAFFARI, 2014, ANDRADE et al., 2020).

Cabe destacar que as evidências sobre o treinamento em meio aquático foram observadas, prioritariamente, após período de intervenção de 10 a 12 semanas em idosos previamente destreinados. Dessa forma, pouco é sabido sobre os efeitos a longo prazo do treinamento aquático. Conhecer os efeitos promovidos por maiores períodos de treinamento é importante, visto que é esse o cenário encontrado em clubes e academias.

Uma questão importante em treinamento físico, especialmente em maiores períodos de intervenção, é a progressão de treinamento. A progressão do treinamento aeróbio em meio aquático é realizada prioritariamente por meio do aumento da intensidade de treinamento (LIEDTKE, 2014; ZAFFARI, 2014; KANITZ et al., 2015a; COSTA et al., 2018; ANDRADE et al., 2020), podendo também ocorrer aumento do volume de treinamento (PINTO et al., 2014; PINTO et al., 2015a). Já a progressão do treinamento de força no meio aquático é realizada, usualmente, pelo aumento no número de séries e diminuição no tempo de execução de série (PINTO et al., 2014; KANITZ et al., 2015a; PINTO et al., 2015a; KRUEL et al., 2018; COSTA et al., 2018; DELEVATTI et al., 2020). Essa estratégia de progressão aumenta o tempo necessário para a realização do treinamento de força e, conseqüentemente, reduz o tempo disponível para o treinamento aeróbio quando o treinamento combinado é realizado na mesma sessão, o que pode comprometer as adaptações cardiorrespiratórias. Na prática de clubes e academias, frequentemente, equipamentos resistidos são utilizados para promover sobrecarga de treinamento, uma vez que esse aumenta a área projetada durante o exercício, o que poderia aumentar a intensidade do exercício. Apesar do equipamento resistido ser amplamente utilizado em clubes e academias, nenhum estudo comparou a sua eficácia frente ao método de progressão bem estabelecido na literatura (isto é, o aumento no número de séries).

A partir do exposto, percebe-se que a literatura demanda de estudos que investiguem se o treinamento aeróbio promove ganhos neuromusculares da mesma magnitude que um treinamento combinado em maiores períodos de treinamento, bem como, de pesquisas que verifiquem qual a melhor estratégia para incrementar a sobrecarga do treinamento de força

após as semanas iniciais de treinamento. Além disso, sugere-se que tanto o treinamento aeróbio quanto o de força promovem diminuição da pressão arterial (COSTA, 2015; KANITZ, 2015), no entanto não é sabido se a união destes dois treinamentos maximiza esse resultado. Desta forma, elaborou-se o seguinte problema de pesquisa: Quais os efeitos, a curto e a longo prazo, de diferentes treinamentos de hidrogenástica (treinamento aeróbio, treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamento resistido e treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas) nas respostas neuromusculares e cardiorrespiratórias de mulheres idosas?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Comparar os efeitos do treinamento aeróbio, treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamento resistido e treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas nas respostas neuromusculares e cardiorrespiratórias de mulheres idosas.

1.2.2 Objetivos específicos

Comparar os efeitos do treinamento aeróbio, treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamento resistido e treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas após 8 e 16 semanas de treinamento nas seguintes variáveis:

- Força dinâmica máxima de extensão de joelhos;
- Força resistente de extensão de joelhos;
- Força isométrica máxima de extensão de joelho;
- Taxa de produção de força de extensão de joelho máxima e em 50, 100 e 250ms;
- Amplitude máxima do sinal eletromiográfico dos músculos reto femoral e vasto lateral;
- Economia neuromuscular dos músculos reto femoral e vasto lateral;
- Espessura muscular dos músculos reto femoral, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio, bem como, a espessura muscular total de quadríceps femoral;

- Consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório e de pico;
- Percentual do consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório em relação ao consumo de oxigênio de pico;
- Frequência cardíaca de repouso, no segundo limiar ventilatório e máxima, bem como, o percentual da frequência cardíaca no segundo limiar ventilatório em relação a frequência cardíaca máxima;
- Pressão arterial sistólica e diastólica de repouso.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ADAPTAÇÕES AO ENVELHECIMENTO

O avanço da idade está associado a um declínio estrutural e funcional na maioria dos sistemas fisiológicos, inclusive na ausência de doença (MASORO, 1995). Somado a isso, a população idosa geralmente apresenta uma redução do nível de atividade física (WESTERTERP, 2000), podendo chegar a 50% em comparação a indivíduos jovens (PARAHYBAI et al., 2005), o que contribui ainda mais para a deterioração dos sistemas.

A redução da força muscular é uma das características mais dramáticas do processo de envelhecimento (MATSUDO, 2013). A partir dos 50 anos, o declínio da força máxima pode chegar a 14% por década (LYNCH et al., 1999; FRONTERA et al., 2000; HUGHES et al., 2011; GOODPASTER et al., 2006; CHARLIER et al., 2016) e acredita-se que o declínio da capacidade de produzir força rapidamente seja ainda mais acentuado. Sugere-se que esse processo esteja relacionado a fatores neurais e musculares (MANINI & CLARK, 2012). Dentre os fatores neurais, o avanço da idade acarreta em um déficit no recrutamento das unidades motoras devido ao declínio do nível de ativação central (KLASS et al., 2007), à diminuição do número de unidades motoras (DOHERTY et al., 1993; KAYA et al., 2013), a menor velocidade de condução nervosa (AAGAARD et al., 2010) e à queda na taxa de disparo de unidades motoras (CONNELLY et al., 1999). Os fatores musculares associados à redução da força muscular estão relacionados a prejuízos na arquitetura muscular (NARICI et al., 2003; KARAMANIDIS et al., 2006), à alteração da densidade muscular (GOODPASTER et al., 2001) e à diminuição da massa muscular (MAUGHAN et al., 1991).

Do ponto de vista funcional, a redução da força está relacionada a uma maior ocorrência quedas, à perda da independência funcional (FOLDVARI et al., 2000; BOHANNON, 2008; ANDRADE et al., 2010; CLARK & MANINI, 2010) e ao aumento do risco de hospitalizações (ALLEY et al., 2010) e de morte (RUIZ et al. 2008; LING et al., 2010; ARTERO et al., 2011).

Além de alterações neuromusculares, o envelhecimento também gera um declínio importante no condicionamento cardiorrespiratório, evidenciado pela diminuição no consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}). A partir dos 20 a 30 anos de idade, o VO_{2max} reduz, em média, 10% a cada década de vida (FLEG & LAKATTA, 1988), o que se aproxima de uma diminuição de 0,4 a 0,5 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ por ano (JACKSON et al., 1995; SHEPHARD, 2009). Interessantemente, se o nível de atividade física e a composição corporal se mantivessem os

mesmos com o avanço da idade, o declínio do VO_{2max} seria de apenas $0,25 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ por ano (JACKSON et al., 1995). A redução do VO_{2max} é causada pela diminuição do débito cardíaco máximo, o que por sua vez, ocorre pelo declínio do volume sistólico máximo, da frequência cardíaca máxima e da diferença arteriovenosa de oxigênio (BOOTH et al., 1994; FLEG et al., 2005). A redução da capacidade cardiorrespiratória também está associada a uma perda de funcionalidade e aumento no risco de morte (BLAIR et al., 1995; KODAMA et al., 2009).

Diante do exposto, percebe-se que promover ganhos na força muscular e na capacidade cardiorrespiratória, ou ainda, amenizar o declínio dessas variáveis durante o envelhecimento, são medidas de extrema importância a fim de melhorar a funcionalidade do idoso e reduzir o risco de desfechos como hospitalização e morte.

O processo de envelhecimento também é marcado por um aumento na incidência de doenças crônicas (BARNETT et al., 2012; FABBRI et al., 2015). Dentre elas, destaca-se a hipertensão, uma vez que se demonstrou uma relação significativa entre o envelhecimento e o aumento da pressão arterial, de modo que o avanço da idade é um importante fator de risco não modificável no desenvolvimento dessa doença (WANG et al., 2010). Estima-se que a prevalência de hipertensão em pessoas idosas seja de 70% (MOZAFFARIAN et al., 2015). O aumento dos níveis pressóricos decorrente do avanço da idade é atribuído a alterações que ocorrem na vasculatura, incluindo a disfunção endotelial e a remodelação vascular (BURFORD, 2016; SUN, 2016). A disfunção endotelial é caracterizada por respostas vasodilatadoras reduzidas ao fluxo (GOKCE et al., 2001). Em relação à remodelação vascular, devido à deposição de colágeno e de cálcio, bem como à fragmentação das fibras elásticas, as paredes das artérias se tornam mais espessas e rígidas e menos complacentes (LAKATTA, 2002; LAKATTA & LEVY, 2003). A maior rigidez arterial contribui para o aumento progressivo da pressão arterial com o avanço da idade (LAKATTA & LEVY, 2003).

O controle dos níveis pressóricos é de fundamental importância, uma vez que a hipertensão arterial é um importante fator de risco para doença arterial coronariana, acidente vascular cerebral, insuficiência cardíaca e infarto (LOPEZ et al., 2006). Estima-se que a hipertensão seja responsável por 9,4 milhões de mortes por ano (LIM et al., 2012).

Diversos *guidelines* recomendam a prática de exercício físico regular a fim de promover melhoras neuromusculares e cardiorrespiratórias (NELSON et al., 2007; CHODZKO-ZAJKO et al., 2009; GARBER et al., 2011). Além disso, o exercício físico também tem sido apontado como uma ferramenta não-farmacológica para a prevenção e o

tratamento da hipertensão (PESCATELLO et al., 2004; BROOK et al., 2013; JAMES et al., 2014; ECKEL et al., 2014).

2.2 EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBIO DE HIDROGINÁSTICA EM IDOSOS

O meio aquático apresenta propriedades físicas que alteram as respostas cardiorrespiratórias durante o exercício realizado nesse ambiente em comparação com meio terrestre. Dentre essas propriedades, pode-se destacar a pressão hidrostática e a termocondutividade. A pressão hidrostática corresponde à pressão que o líquido exerce sobre um corpo imerso (EPSTEIN, 1992; PENDERGAST et al., 2015). Essa pressão é idêntica sobre todas as áreas da superfície do corpo a uma dada profundidade e é proporcional à profundidade de imersão (Figura 1). Por esse motivo, o retorno venoso é facilitado, promovendo um acúmulo de sangue na região central do organismo (EPSTEIN, 1992; PENDERGAST et al., 2015).

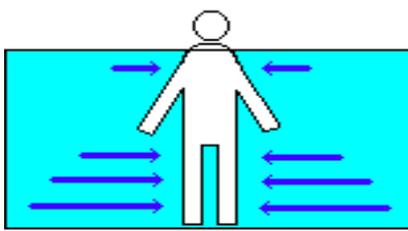


Figura 1. Representação da pressão hidrostática. O tamanho das flechas indica a magnitude da pressão. Observe-se que há um aumento da pressão hidrostática com o aumento da profundidade de imersão.

Além disso, no meio aquático há uma maior capacidade de transferência de calor por condução e convecção, reduzindo a redistribuição de sangue para a periferia e contribuindo para um acúmulo de sangue na região central do organismo (PENDERGAST et al., 2015). A hipervolemia central promove um aumento do enchimento das câmaras cardíacas e, por conseguinte, do volume diastólico final, o que, pelo mecanismo de Frank-Starling, ocasiona um aumento do volume sistólico (ARBORELIUS, 1927). Em vista do maior volume sistólico, há uma redução da frequência cardíaca (FC) a fim de manter o débito cardíaco (PENDERGAST et al., 2015).

De fato, estudos transversais têm demonstrado uma menor FC em meio aquático tanto em situação de repouso e de exercício submáximo e máximo (ALBERTON et al., 2013a; KRUEL et al., 2013; KANITZ et al., 2015b). Kruel et al. (2013) e Alberton et al. (2013a) verificaram uma redução de 16 bpm durante um exercício submáximo e de 5 a 8 bpm durante exercício máximo realizado em meio aquático em comparação à corrida em esteira terrestre.

Além disso, também se observou um reduzido VO_{2max} (em torno de $6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) em exercícios de hidroginástica comparado à corrida em meio terrestre (ALBERTON et al., 2013a; KRUEL et al., 2013). A diminuição da FC durante a imersão é um fator de extrema importância no cenário da prescrição de treinamento em meio aquático, uma vez que ela é um dos principais parâmetros utilizados para a prescrição da intensidade dos exercícios aeróbios. Os achados dos estudos supracitados demonstram que não é adequado prescrever a intensidade do treinamento aeróbio realizado em meio aquático por parâmetros mensurados em meio terrestre, visto que isso resultaria em uma superestimação da intensidade de treinamento.

Visando considerar a redução da FC em imersão para a prescrição de intensidade, autores propuseram um fator de subtração na fórmula que estima a frequência cardíaca máxima (FC_{max}): $FC_{max} = 220 - \text{idade} - 13$ (MAGEL et al., 1969) e $FC_{max} = 220 - \text{idade} - 17$ (SOVA, 1992). No entanto, ainda que essas fórmulas tenham considerado a redução da FC em imersão, essa é dependente de muitos fatores, como profundidade de imersão, FC inicial, temperatura da água, posição corporal e redução do peso hidrostático (GRAEF et al., 2001; KRUEL et al., 2002; KRUEL et al., 2014), desse modo, não pode ser reduzida a um número (13 ou 17). Por esse motivo, também não é adequado prescrever um treinamento aeróbio de hidroginástica por esse método.

O método considerado padrão-ouro para prescrição da intensidade de treinamento aeróbio é a determinação do limiar anaeróbio a partir de um teste progressivo. Cabe destacar que para a prescrição de um treinamento na hidroginástica, o teste progressivo deve ser realizado em meio aquático, devido às diferentes respostas cardiorrespiratórias ocorridas nesse meio em comparação com o meio terrestre. O limiar anaeróbio pode, posteriormente ao teste, ser identificado através do método ventilatório e pelo ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC). O método ventilatório consiste em identificar dois pontos de quebra da linearidade na relação ventilação x intensidade de teste, os quais correspondem ao primeiro e ao segundo limiar ventilatório, respectivamente, sendo esse último correspondente ao limiar anaeróbio (REINHARD et al., 1979; DENADAI, 1995). No entanto, a determinação dos limiares ventilatórios requer a utilização de um analisador de gases, equipamento sofisticado e de alto custo, o que limita a sua aplicabilidade em clubes e academias. Já a determinação pelo PDFC consiste em identificar o ponto de quebra da linearidade da relação FC x intensidade de teste (CONCONI et al., 1982). Esse método apresenta um custo muito inferior ao método ventilatório, uma vez que necessita apenas de um monitor cardíaco.

Por fim, um método para prescrever a intensidade do treinamento aeróbio que apresenta ainda menor custo e é de fácil aplicabilidade em clubes e academias é o esforço percebido. A percepção de esforço pode ser utilizada como indicador de intensidade da hidroginástica, uma vez que ela apresenta associação com variáveis cardiorrespiratórias (FC, consumo de oxigênio e ventilação) durante a prática de exercícios dessa modalidade (ALBERTON et al., 2013b). Além disso, Alberton et al. (2013b) demonstraram que, durante exercícios de hidroginástica, o primeiro limiar ventilatório corresponde aos índices 12/13 (um pouco intenso) da Escala de Percepção de Esforço de Borg, enquanto que o segundo limiar ventilatório, aos índices 15/16 (intenso). Portanto, os índices entre 12 e 16 da escala podem ser utilizados para prescrever um treinamento aeróbio de hidroginástica.

Os estudos que propuseram um treinamento aeróbio de hidroginástica apresentam grande diversidade nos parâmetros utilizados para prescrição de intensidade. Em 1994, Ruoti et al. basearam-se FC_{max} determinada em um teste progressivo de esteira no meio terrestre para prescrever a intensidade do treinamento. Os autores submetem homens e mulheres idosos a 12 semanas de treinamento, durante as quais os exercícios aeróbios foram realizados a 80% da FC_{max} durante 40 minutos. Após a intervenção, constatou-se um incremento de 15% no consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico}). Já Nuttamonwarakul et al. (2012) aplicaram um treinamento aeróbio de 30 minutos a 70% FC_{max} . Após 12 semanas de treinamento, constatou-se um aumento de 1% no VO_{2pico} e uma redução na FC de repouso (11%), na pressão arterial sistólica (PAS) de 2% e na pressão arterial diastólica (PAD) de 4% em idosos diabéticos tipo 2.

Embora os estudos supracitados tenham utilizado parâmetros não recomendados para a prescrição de treinamento em meio aquático, muitas das investigações empregaram o método considerado padrão-ouro (LIEDTKE, 2014; ZAFFARI, 2014; COSTA et al., 2018). Liedtke (2014) prescreveu o treinamento pela frequência cardíaca correspondente ao limiar anaeróbio (FC_{LAn}) determinado em um teste progressivo no meio aquático. Durante as 12 semanas de intervenção, a intensidade progrediu de 80-85% a 90-95% da FC_{LAn} e o volume foi mantido em 32 minutos. Observou-se um aumento significativo no VO_{2pico} de 19% e no consumo de oxigênio correspondente ao segundo limiar ventilatório (VO_{2LV2}) de 26% em mulheres idosas. Zaffari (2014) também submeteu mulheres idosas a 12 semanas de treinamento de treinamento aeróbio cuja intensidade progrediu de 90-95% a 95-100% da FC_{LAn} , enquanto que o volume foi mantido constante em 20 minutos. Apesar da alta intensidade proposta, não se verificou alteração no VO_{2pico} e VO_{2LV2} , o que foi atribuído ao baixo volume de treinamento por sessão.

Costa et al. (2018) avaliaram o efeito do treinamento aeróbio de hidroginástica realizado de forma intervalada, modelo que consiste em alternar períodos de estímulo em alta intensidade com períodos de recuperação em menor intensidade (BOMPA, 2002). O treinamento foi composto por seis blocos de cinco minutos cada, dos quais, quatro minutos foram destinados ao estímulo em alta intensidade e o minuto seguinte, à recuperação em menor intensidade, totalizando 30 minutos de exercício aeróbio por sessão. A intervenção teve duração de 10 semanas, durante as quais houve progressão da intensidade passando de quatro minutos a 90-95% da FC_{LAn} seguidos de um minuto de recuperação a 80-85% da FC_{LAn} para quatro minutos a 95-100% FC_{LAn} seguidos de um minuto a 85-90% da FC_{LAn} . Após esse protocolo de treinamento, constataram-se melhoras no VO_{2pico} (13%) e no VO_{2LV2} (14%). Ainda, observou-se uma redução significativa na pressão arterial (-4% na PAS e -1% na PAD) (KANITZ, 2015).

Cabe ressaltar que em todos os estudos em que treinamento aeróbio foi prescrito pela FC_{LAn} , além das adaptações cardiorrespiratórias e cardiovasculares, surpreendentemente, também foram constatadas melhoras neuromusculares (LIEDKTE, 2014; ZAFFARI, 2014; KANITZ et al., 2015a; COSTA et al., 2018). A força muscular dinâmica máxima de extensão de joelhos apresentou incrementos de 9 a 37% (LIEDKTE, 2014; ZAFFARI, 2014; COSTA et al., 2018), enquanto que a de flexão, de 8 a 17% (ZAFFARI, 2014; COSTA et al., 2018). O estudo de Zaffari (2014) também demonstrou melhora da força isométrica máxima de extensão de joelho (141%). Acredita-se que o ganho de força muscular advindo de um treinamento aeróbio no meio aquático esteja associado a maior viscosidade desse fluido em relação ao ar. Por esse motivo, o movimento executado no meio aquático é sempre realizado contra resistência, inclusive os exercícios aeróbios (KANITZ et al., 2015a; COSTA et al., 2018). Além disso, as intervenções aeróbias que promoveram ganhos de força apresentaram alta intensidade de treinamento (atingindo 95-100% da FC_{LAn}), exigindo que os participantes atingissem altas velocidades de movimento a fim de alcançar a FC proposta, maximizando a resistência ao avanço. Dessa forma, especula-se que a força gerada para vencer a resistência do meio aquático durante exercícios aeróbios de alta intensidade é suficiente para promover incrementos neuromusculares em idosos previamente destreinados.

Por fim, dois estudos investigaram os efeitos do treinamento aeróbio de hidroginástica prescrito pelo esforço percebido. Yoo et al. (2013) submetem mulheres idosas a 12 semanas de treinamento aeróbio de hidroginástica cuja intensidade progrediu dos índices 11-12 para 15-16 da Escala de Percepção de Esforço de Borg e o volume foi mantido constante em 40 minutos. Registrou-se uma redução significativa da PAS (-6%) e da PAD (-4%). Já Andrade

et al. (2020) compararam os efeitos do treinamento aeróbio de hidroginástica realizado de maneira intervalada e contínua. Ambos os treinamentos apresentaram a duração de 12 semanas, tiveram a intensidade prescrita por percepção de esforço e apresentaram progressão de intensidade enquanto que o volume foi mantido em 36 minutos por sessão. A intensidade do treinamento contínuo progrediu do índice 13 para o índice 16 da Escala de Percepção de Esforço de Borg. Já o treinamento intervalado progrediu de blocos de dois minutos no índice 16 seguidos de dois minutos no índice 11 para blocos de um minuto no índice 18 seguido de um minuto no índice 11 da Escala de Percepção de Esforço de Borg. Adaptações cardiorrespiratórias semelhantes foram encontrados após os dois treinamentos: redução da FC de repouso (contínuo: 9%, intervalado: 6%) e incremento do $VO_{2\text{pico}}$: (contínuo: 9%, intervalado: 8%). Além disso, também foram registradas melhoras neuromusculares: aumento da força muscular dinâmica máxima de extensão de joelho (contínuo: 5%, intervalado: 5%), melhora da atividade neuromuscular do vasto lateral (contínuo: 8%, intervalado: 24%) e incremento da espessura muscular de quadríceps femoral (contínuo: 5%, intervalado: 5%).

As evidências do treinamento aeróbio de hidroginástica apontam para um efeito benéfico dessa modalidade realizada de duas a três vezes por semana sobre a capacidade cardiorrespiratória. Surpreendentemente, parece que o treinamento aeróbio de hidroginástica realizado em altas intensidades também promove incrementos na força muscular em idosos previamente não treinados. Todavia, não é sabido se o treinamento aeróbio é capaz de estimular ganhos neuromusculares em idosos já treinados.

As características e principais resultados dos estudos com treinamento aeróbio de hidroginástica em idosos podem ser visualizados no quadro 1.

Quadro 1. Características e principais resultados dos estudos com treinamento aeróbio de hidroginástica em idosos.

| Estudo | Amostra | Duração e frequência de treinamento | Volume e intensidade do treinamento aeróbio | Principais resultados |
|-------------------------------|--|-------------------------------------|--|---|
| Ruoti et al. (1994) | Homens e mulheres idosos (65±5 anos) | 12 semanas 3x/semana | 40 min •Semanas 1-12: 80% da FC _{max} avaliada em MT | VO _{2pico} : ↑15% |
| Nuttamonwarakul et al. (2012) | Homens e mulheres idosos com diabetes tipo II (acima de 60 anos) | 12 semanas 3x/semana | 30 min a 70% FC _{max} | VO _{2pico} : ↑1% FC _{rep} : ↓11% PAS: ↓2% PAD: ↓4% |
| Yoo et al. (2013) | Mulheres idosas com síndrome metabólica (71±3 anos) | 12 semanas 3x/semana | 40 min •Semanas 1-2: 11-12 Borg •Semanas 3-7: 13-14 Borg •Semanas 3-7: 15-16 Borg | PAS: ↓6% PAD: ↓4% |
| Liedtke (2014) | Mulheres idosas (64±4 anos) | 12 semanas 2x/semana | 32 min •Semanas 1-4: 80-85% FC _{LV2} •Semanas 5-8: 85-90% FC _{LV2} •Semanas 9-12: 90-95% FC _{LV2} | VO _{2pico} : ↑19% VO _{2LV2} : ↑26% 6 min de caminhada: ↑9% IRM extensão joelho: ↑21% |
| Zaffari (2014) | Mulheres idosas (66±4 anos) | 12 semanas 2x/semana | 20 min •Semanas 1-6: 90-95% FC _{LV2} •Semanas 7-10: 95-100% FC _{LV2} | FC _{rep} : ↓7% Tempo de exaustão: ↑24% IRM extensão joelho: ↑9% IRM flexão joelho: ↑17% RML extensão joelho: ↑8% RML flexão joelho: ↑6% CVM extensão joelho: ↑141% Economia neuromuscular RF: ↓26% Economia neuromuscular VL: ↓51% |
| Costa et al. (2018) | Mulheres idosas (66±5 anos) | 10 semanas 2x/semana | 30 min •Semanas 1-5: 6x(4 min a 90-95%FC _{LV2} + 1 min 80-85% FC _{LV2}) •Semanas 6-10: 6x(4 min a 95-100%FC _{LV2} + 1 min 85-90% FC _{LV2}) | VO _{2pico} : ↑14% VO _{2LV2} : ↑16% IRM extensão joelho: ↑10% IRM flexão joelho: ↑14% |
| Andrade et al. (2020) | Mulheres idosas (60 a 75 anos) | 12 semanas 2x/semana | Aeróbio contínuo (C): Semana 1-4: 36 min em Borg 13 Semana 5-8: 36 min em Borg 14 Semana 9-10: 36 min em Borg 15 | FC _{rep} : ↓9% (C); ↓6% (I) VO _{2pico} : ↑9% (C); ↑8% (I) IRM extensão joelho: ↑5% (C); ↑5% (I) RML: ↑10% (C); ↑10% (I) |

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | | | Semana 11-12: 36 min em Borg 16 Aeróbio intervalado (I): Semana 1-4: 9x (2 min Borg 16 + 2 min Borg 11) Semana 5-8: 12x (1.5 min Borg 17 + 1.5 min Borg 11) Semana 9-10: 18x (1 min Borg 18 + 1 min Borg 11) Semana 11-12: 18x (1 min Borg 18 + 1 min Borg 11) | EMG VL: ↑8% (C); ↑24% (I) EM QD: ↑5% (C); ↑5% (I) |
|--|--|--|---|--|

↑: aumento; ↓: redução; $VO_{2\text{pico}}$: consumo máximo de oxigênio; VO_{2LV2} : consumo de oxigênio correspondente ao segundo limiar ventilatório; 1RM: uma repetição máxima; RML: força resistente; CVM: contração voluntária máxima; FC_{max} : frequência cardíaca máxima; FC_{LV2} : frequência cardíaca correspondente ao segundo limiar ventilatório; FC_{max} : frequência cardíaca máxima; FC_{rep} : frequência cardíaca de repouso; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; min: minutos; s: segundos; LAn: limiar anaeróbio; EMG: amplitude máxima do sinal eletromiográfico; EM: espessura muscular; VL: vasto lateral; QD: quadríceps.

2.3 EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA NO MEIO AQUÁTICO EM IDOSOS

Assim como deve-se atentar para as diferentes respostas cardiorrespiratórias no meio aquático para a prescrição do treinamento aeróbico na hidroginástica, para a prescrição do treinamento de força no meio aquático (TFA) é de extrema importância que se compreenda o conceito da força de arrasto/resistência ao avanço. A resistência ao avanço é expressa pela equação: $R = 0,5 \rho A v^2 C_d$, em que R é a resistência ao avanço, ρ é a densidade do fluido, A é a área projetada, v é a velocidade e C_d o coeficiente de arrasto (ALEXANDER, 1977). No TFA, busca-se maximizar a resistência ao avanço a fim de alcançar altas intensidades de treinamento e estimular ganhos de força muscular (KRUEL et al., 2018). Para isso, pode-se manipular a área projetada e a velocidade de execução do exercício. Uma das estratégias que pode ser utilizada para aumentar a área projetada é a utilização de equipamentos resistidos. Além disso, o aumento na velocidade de execução do exercício promove um incremento da resistência ao avanço. Embora ambas as estratégias, aumento de área projetada e aumento da velocidade de execução de exercício, aumentem a força de arrasto, ressalta-se que a velocidade de execução, por estar elevada ao quadrado na fórmula, é considerada o principal fator responsável pela resistência ao avanço.

Estudos transversais têm demonstrado que o aumento da velocidade de execução do exercício promove um aumento na atividade neuromuscular e a maior atividade neuromuscular foi registrada em velocidade máxima de execução (BLACK, 2005; PINTO et al., 2011; ALBERTON et al., 2011; BAGATINI, 2016). Esses dados revelam que o aumento da velocidade de execução é uma estratégia eficiente para aumentar a força de arrasto e, conseqüentemente, a intensidade do exercício. Já em relação ao uso de equipamentos, de forma geral, quando o exercício é realizado em máxima velocidade, esses não exercem influência na atividade neuromuscular (BLACK, 2005; PINTO et al., 2011; COLADO et al., 2013; BORREANI et al., 2014; BAGATINI, 2016). Ou seja, os estudos demonstram que quando o exercício é realizado na máxima velocidade de execução, a inclusão de um equipamento resistido não promove incremento na atividade neuromuscular em comparação a realização do exercício na máxima velocidade sem a utilização do equipamento. Exceção foi encontrada para a atividade neuromuscular do tríceps braquial, que apresentou maiores valores quando o exercício flexão/extensão de cotovelo foi realizado com equipamento flutuante em comparação ao equipamento resistido e sem equipamento, bem como, para a atividade do músculo bíceps femoral que apresentou maiores valores quando foi realizado com equipamento resistido em comparação ao equipamento flutuante e sem equipamento

durante o exercício corrida estacionária (PINTO et al., 2011). Além disso, a atividade neuromuscular do gastrocnêmio durante a execução do chute frontal apresentou maiores valores quando foi realizado com equipamento flutuante em relação ao resistido (BAGATINI, 2016). Ainda, observou-se que a velocidade máxima alcançada durante a execução do exercício com equipamento foi inferior em comparação à realização sem equipamento (BLACK, 2005; PINTO, 2009). Cabe ressaltar que os estudos que investigaram os efeitos do uso de equipamentos na atividade neuromuscular foram realizados com participantes não treinados em força no meio aquático com equipamentos. Dessa forma, não é sabido se esses resultados se mantêm em indivíduos treinados no meio aquático com o uso de equipamentos.

Os estudos que investigaram os efeitos do TFA encontrados na literatura exploraram a força de arrasto de diferentes maneiras, resultando em prescrições de treinamento divergentes entre si. Algumas investigações, especialmente as primeiras a serem realizadas, prescreveram o TFA por número de repetições, na tentativa de reproduzir o modelo tradicional de treinamento de força do meio terrestre e utilizaram velocidades de execução submáximas. Ainda, pensava-se que a simples inclusão de um equipamento resistido durante a execução do exercício já caracterizava um treinamento de força, não sendo considerada a velocidade de movimento, principal determinante da resistência ao avanço. Atualmente, o TFA é prescrito com base princípios das rotas metabólicas (KRUEL et al., 2018). Nesse sentido, a intensidade dos exercícios de força é sempre prescrita em velocidade máxima de movimento, a fim de maximizar a resistência ao avanço. Já o volume de treinamento é prescrito por número de séries e tempo de execução de série. A progressão do treinamento é feita a partir do aumento do número de séries e diminuição no tempo de execução de série, visando proporcionar uma maior velocidade de execução durante o exercício (KRUEL et al., 2018).

Seguindo os princípios das rotas metabólicas para a prescrição do treinamento, Liedtke (2014) submeteu mulheres idosas a 12 semanas de TFA. Durante a intervenção, houve uma progressão de três séries de 20 segundos para dois blocos de três séries de 10 segundos. Os exercícios sempre foram realizados em máxima velocidade de execução. Como resultado, a autora observou incremento significativo na força muscular dinâmica máxima de extensão de joelhos (30%). De forma semelhante, no estudo de Zaffari (2014), o TFA progrediu de duas séries de 30 segundos para quatro séries de 10 segundos e os exercícios também foram realizados na máxima velocidade de execução. Após 12 semanas de intervenção, verificou-se melhoras na força muscular dinâmica máxima de extensão e flexão de joelhos (7 e 13%, respectivamente) e na força isométrica máxima extensão de joelho

(96%) de mulheres idosas. Embora nos estudos de Liedtke (2014) e Zaffari (2014) tenha se observado melhoras da força muscular, não foi encontrada melhora da atividade neuromuscular dos músculos extensores e flexores de joelho.

Costa et al. (2018) também aplicaram 12 semanas de TFA em mulheres idosas. O treinamento progrediu de quatro séries de 20 segundos para seis séries de 10 segundos e os exercícios foram realizados em máxima velocidade de execução. Após 10 semanas, constatou-se aumento na força dinâmica máxima de extensão e flexão de joelhos (8 e 18%, respectivamente). Além de melhoras na força muscular, o TFA também promoveu redução na PAS (6%) e na PAD (7%) (KANITZ, 2015).

Reichert et al. (2018, 2019a, 2019b) compararam os efeitos de diferentes modelos de TFA, série simples de 30 segundos (1x30s), séries múltiplas de 10 segundos (3x10s) e série simples de 10 segundos (1x10s), nas adaptações neuromusculares em mulheres idosas. Em todos os grupos, os exercícios de força foram realizados em velocidade máxima de execução. Os treinamentos tiveram a duração de 20 semanas e avaliações neuromusculares foram realizadas previamente ao treinamento, após 12 e após 20 semanas de treinamento. Como resultados, observou-se que, após as primeiras 12 semanas de intervenção, os três treinamentos promoveram incrementos semelhantes na força dinâmica máxima de extensão de joelhos (1x30: 38%; 1x10: 27%; 3x10: 15%), flexão de joelhos (1x30: 21%; 1x10: 18%; 3x10: 21%) e flexão de cotovelos (1x30: 20%; 1x10: 17%; 3x10: 16%) (Reichert et al., 2018). Também se observou melhoras semelhantes entre os grupos na força resistente de extensão de joelhos (1x30: 42%; 1x10: 57%; 3x10: 7%), flexão de joelhos (1x30: 96%; 1x10: 46%; 3x10: 101%) e flexão de cotovelos (1x30: 65%; 1x10: 64%; 3x10: 93%) (Reichert et al., 2018). Ainda, os três grupos apresentaram melhoras similares na taxa de produção de força de extensão de joelho em 50 ms (1x30: 1809%; 1x10: 228%; 3x10: 946%), 100ms (1x30: 505%; 1x10: 220%; 3x10: 402%) e 250ms (1x30: 54%; 1x10: 31%; 3x10: 68%) e de flexão de joelho em 50ms (1x30: 406%; 1x10: 980%; 3x10: 113%), em 100ms (1x30: 92%; 1x10: 146%; 3x10: 82%), em 250ms (1x30: 162%; 1x10: 83%; 3x10: 65%) (Reichert et al., 2019a). Embora tenha se observado incremento significativo da força muscular de extensão e flexão de joelhos, não foi observada melhora da atividade neuromuscular dessas musculaturas (Reichert et al., 2019a). Muito embora tenha se observado melhoras neuromusculares após as primeiras 12 semanas de intervenção, nenhum ganho adicional de força muscular foi registrado após 20 semanas de treinamento em comparação a pós-12 semanas de treinamento (REICHERT et al., 2019b). Esses dados demonstram que os treinamentos de força propostos

promoveram ganhos de força muscular após as primeiras semanas de intervenção em mulheres idosas previamente destreinadas, todavia, não foi observada melhora da força após um maior período de intervenção, quando essas mulheres já estavam treinadas. Os autores acreditam que a ausência de melhora no longo período de treinamento esteja relacionada à falta de progressão de treinamento após as semanas iniciais de intervenção.

As evidências do TFA apontam para um efeito benéfico dessa modalidade realizada duas vezes por semana sobre a força muscular de idosos após 10 a 12 semanas de intervenção. Entretanto, após essas semanas iniciais de intervenção, alguma sobrecarga de treinamento deve ser implementada a fim de continuar a estimular ganhos de força muscular.

As características e principais resultados dos estudos com TFA em idosos podem ser visualizados no quadro 2.

Quadro 2. Características e principais resultados dos estudos com treinamento de força na hidroginástica em idosos.

| Estudo | Amostra | Duração e frequência de treinamento | Protocolo de treinamento | Principais resultados |
|--|---|-------------------------------------|---|---|
| Liedtke (2014) | Mulheres idosas (65±5 anos) | 12 semanas 2x/semana | •Semanas 1-4: 3x20s •Semanas 5-8: 4x15s •Semanas 9-12: 2x3x10s Intensidade: máxima velocidade de movimento | 1RM Extensão de joelho: ↑30% |
| Zaffari (2014) | Mulheres idosas (68±4 anos) | 12 semanas 2x/semana | •Semanas 1-4: 2x30s •Semanas 5-8: 3x20s •Semanas 9-12: 4x10s Intensidade: máxima velocidade | 1RM Extensão de joelho: ↑7% 1RM Flexão de joelho: ↑13% RML Extensão de joelho: ↑17% RML Flexão de joelho: ↑13% Força isométrica máxima extensão de joelho: ↑96% Economia neuromuscular RF: ↓30% Economia neuromuscular VL: ↓58% |
| Costa et al. (2018) | Mulheres idosas (66±1 anos) | 10 semanas 2x/semana | •Semanas 1-5: 4x20s •Semanas 6-10: 6x10s Intensidade: máxima velocidade de movimento | 1RM Extensão de joelho: ↑8% 1RM Flexão de joelho: ↑18% |
| Reichert et al. (2018) Reichert et al. (2019a) Reichert et | Mulheres idosas Série simples de 30 segundos (1x30; 66±2 anos) vs. Série simples de 10 segundos (1x10; 66±2 anos) vs. Séries | 20 semanas 2x/semana | 1x30: 30 segundos 1x10: 10 segundos 3x10: 3x10 segundos Intensidade: máxima velocidade de movimento | <u>Pós-12 semanas</u> 1RM extensão de joelho: 1x30: ↑38% 1x10: ↑27% 3x10: ↑15% 1RM flexão de joelho: 1x30: ↑21% 1x10: ↑18% 3x10: ↑21% |

| | | | | |
|-------------|---|--|--|---|
| al. (2019b) | múltiplas de 10 segundos (3x10; 65±2 anos) | | | <p>1RM supino:</p> <p>1x30: ↑33% 1x10: ↑11%</p> <p>1RM flexão de cotovelo:</p> <p>1x30: ↑20% 1x10: ↑17% 3x10: ↑16%</p> <p>RML extensão de joelho:</p> <p>1x30: ↑42% 1x10: ↑57% 3x10: ↑27%</p> <p>RML flexão de joelho:</p> <p>1x30: ↑96% 1x10: ↑46% 3x10: ↑101%</p> <p>RML supino:</p> <p>1x30: ↑87% 3x10: ↑41%</p> <p>RML flexão de cotovelo:</p> <p>1x30: ↑65% 1x10: ↑64% 3x10: ↑93%</p> <p>TPF 50ms extensão joelho:</p> <p>1x30: ↑1809% 1x10: ↑228% 3x10: ↑946%</p> <p>TPF 100ms extensão joelho:</p> <p>1x30: ↑505% 1x10: ↑220% 3x10: ↑402%</p> <p>TPF 250ms extensão joelho:</p> <p>1x30: ↑54% 1x10: ↑31% 3x10: ↑68%</p> <p>TPF 50ms flexão joelho:</p> <p>1x30: ↑406% 1x10: ↑980% 3x10: ↑113%</p> <p>TPF 100ms flexão joelho:</p> <p>1x30: ↑92% 1x10: ↑146% 3x10: ↑82%</p> <p>TPF 250ms flexão joelho:</p> <p>1x30: ↑162% 1x10: ↑83% 3x10: ↑65%</p> <p>TPF máxima flexão joelho:</p> |
|-------------|---|--|--|---|

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| | | | | 1x30: ↑299% 1x10: ↑103% 3x10: ↑92% <u>Pós-20 semanas</u> Sem alterações significativas desde a 12ª semana. |
|--|--|--|--|---|

↑: aumento; ↓: redução; TF: treinamento de força; TFA: treinamento de força no meio aquático; TFT: treinamento de força no meio terrestre; 1RM: uma repetição máxima; RM: repetições máximas; RML: força resistente; PT: pico de torque; EMG: atividade neuromuscular; VL: vasto lateral; VM: vasto medial; BF: bíceps femoral; ST: semitendinoso; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; s: segundos; TPF: taxa de produção de força; ms: milissegundos.

2.4 EFEITOS DO TREINAMENTO COMBINADO DE HIDROGINÁSTICA EM IDOSOS

O treinamento combinado consiste em unir o treinamento de duas valências físicas. A união do treinamento de força e do treinamento aeróbio vem sendo a mais investigada na hidroginástica (quadro 3).

Esse modelo exige uma manipulação do volume de treinamento de cada valência física dentro do tempo total de sessão. Dentro desse contexto, a progressão de treinamento é um fator para o qual deve-se atentar. A progressão do treinamento aeróbio em meio aquático tem sido feita, principalmente, pelo incremento na intensidade de treinamento (ZAFFARI, 2014; COSTA et al., 2018; KANITZ et al., 2015a; DELEVATTI et al., 2020). Entretanto, o incremento do volume de treinamento também é uma estratégia que pode ser utilizada (PINTO et al., 2014; PINTO et al., 2015a). Atualmente, a estratégia de progressão mais empregada no treinamento de força realizado no meio aquático é o aumento no número de séries (KRUEL et al., 2018). Nesse sentido, estudos têm proposto treinamentos de força iniciando com duas a três séries por exercício e progredindo para até seis séries por exercício (PINTO et al., 2014; ZAFFARI, 2014; KANITZ et al., 2015a; PINTO et al., 2015a; DELAVTTI et al., 2020). É importante destacar que o aumento no número de séries gera um aumento no tempo total do treinamento de força, que pode chegar a 15 minutos (PINTO et al., 2014; PINTO et al., 2015a). Dessa forma, uma maior parte da sessão será necessária para o treinamento dessa valência física, o que pode reduzir o tempo disponível para o treinamento aeróbio.

Outra questão importante relacionada ao treinamento combinado é a ordem intrasessão. Poderia-se pensar que a valência física treinada no segundo momento da sessão sofreria influência negativa do treinamento da primeira valência. Nesse sentido, se adotada a ordem intrasessão aeróbio-força, o treinamento aeróbio prejudicaria os ganhos advindos do treinamento de força e, se adotada a ordem intrasessão força-aeróbio, o treinamento de força prejudicaria os ganhos provenientes do treinamento aeróbio. Os estudos realizados por Pinto et al. (2014, 2015a, 2015b) demonstraram que, de fato, quando a ordem intrasessão adotada é aeróbio-força, os ganhos de força muscular são prejudicados, indicando um efeito de interferência do treinamento aeróbio no treinamento de força. No entanto, quando adotada a ordem força-aeróbio, os ganhos na capacidade cardiorrespiratória não são prejudicados, indicando que o treinamento de força não interfere negativamente no treinamento aeróbio subsequente.

Nesses estudos, duas ordens intrasessão de treinamento foram avaliadas, a ordem aeróbio-força (AF) e a ordem força-aeróbio (FA). O treinamento aeróbio foi realizado em intensidade correspondente à frequência cardíaca no segundo limiar ventilatório e progrediu de 18 para 36 minutos. Já o treinamento de força foi realizado na máxima velocidade de execução e progrediu de três séries de 20 segundos para duas vezes três séries de 10 segundos, apresentando um aumento de 13 para 28 minutos. Como desfecho cardiorrespiratório, o $VO_{2\text{pico}}$ apresentou um incremento significativo em ambos os grupos, sem diferença entre eles em mulheres jovens (FA: 7%; AF: 5%) (PINTO et al., 2015b). Dentre os desfechos neuromusculares, os autores verificaram que as jovens que realizaram o treinamento de força anteriormente ao treino aeróbio apresentaram um maior incremento na força muscular dinâmica máxima de extensores de joelho (FA: 43%; AF: 27%) e na espessura muscular de extensores de joelho (FA: 10%; AF: 6%) (PINTO et al., 2014). Além disso, as duas ordens avaliadas promoveram incrementos semelhantes na força muscular isométrica máxima de extensores de joelho (FA: 6%, respectivamente; AF: 11%, respectivamente) e na atividade neuromuscular máxima de vasto lateral e reto femoral (FA: 19%; AF: 15%) (PINTO et al., 2014).

Resultados semelhantes foram encontrados em mulheres pós-menopáusicas submetidas aos dois modelos de treinamento combinado (PINTO et al., 2015a). Observou-se que o grupo que realizou o treinamento de força anteriormente ao treinamento aeróbio obteve maiores incrementos na força muscular dinâmica máxima de extensão de joelho (AF: 14%; FA: 35%). Além disso, ambos os grupos, sem diferença entre eles, aumentaram significativamente o pico de torque de extensão de joelho (AF: 6%; FA: 7%), a atividade neuromuscular máxima do músculo VL (AF: 11%; FA: 12%) e RF (AF: 33%; FA: 28%) e a espessura muscular do VL (AF: 4%; FA: 4%). As duas ordens intrasessão também geraram melhoras semelhantes na economia neuromuscular dessa mesma musculatura (VL: AF: 6%; FA: 5% e RF: AF: 12%; FA: 17%). Para o desfecho cardiorrespiratório ($VO_{2\text{pico}}$) foi observada uma melhora significativa nos dois grupos, sem diferença entre eles (FA: 7%; AF: 11%).

A maioria dos estudos que propuseram um treinamento combinado para idosos adotou a ordem intrasessão aeróbio-força. Takeshima et al. (2002) investigaram os efeitos de 12 semanas de um treinamento combinado em mulheres idosas. Durante toda a intervenção, os exercícios aeróbios foram realizados por 30 minutos na FC_{LAn} . Após o treinamento aeróbio, foram executadas de 10 a 15 repetições dos exercícios de força na velocidade máxima de movimento. Os autores observaram um aumento significativo do $VO_{2\text{pico}}$ (12%) e do VO_{2LAn}

(20%). Já para os parâmetros de força muscular, verificaram-se incrementos no pico de torque nos exercícios extensão de joelho (8-27%), flexão de joelho (13-40%), supino (11%), puxada baixa (7-11%), flexão de coluna (3%), extensão de coluna (6-7%), puxada alta (6-15%) e desenvolvimento de ombros (5%). Bocalini et al. (2008) também propuseram um treinamento combinado de 12 semanas a mulheres idosas. Em cada sessão, 45 minutos foram destinados ao treinamento aeróbio, que foi realizado a 70% da FC_{max} . Ao final da sessão, foi realizado o treinamento de força, o qual consistiu em 10 a 15 repetições por exercício. Como resultados, ocorreu uma melhora do VO_{2pico} (42%), bem como uma redução da frequência cardíaca de repouso (FC_{rep}) (10%). Um aumento do VO_{2pico} (12%) de idosas também foi observado após um treinamento combinado no estudo de Taunton et al. (1996). Nesse estudo, o treinamento aeróbio teve a duração de 20 minutos e foi realizado a 60-65% da FC_{max} obtida em meio terrestre. No entanto, o estudo não descreve como o TFA foi realizado.

No estudo de Bento et al. (2012), a parte inicial da sessão de treinamento foi destinada ao treinamento aeróbio e, logo após, realizou-se o treinamento de força. Cada treinamento específico apresentou a duração de 20 minutos. Os exercícios aeróbios foram realizados na intensidade correspondente aos índices 12-16 da Escala de Percepção de Esforço de Borg (6-20), enquanto que os exercícios de força foram realizados durante 40 segundos e tiveram sua intensidade progredida do índice 12 ao 16 da Escala de Percepção de Esforço de Borg (6-20). Após 12 semanas de intervenção, observou-se um aumento significativo da força muscular isométrica máxima de extensão e flexão de quadril (40 e 18%, respectivamente) e flexão plantar de tornozelo (42%). Também se observou incremento da taxa de desenvolvimento de torque de extensão de quadril e de joelho e de flexão plantar de tornozelo (10, 11 e 27%, respectivamente) de homens e mulheres idosos. O estudo de Bento et al. (2015) aplicou o mesmo treinamento supracitado em mulheres idosas. Após 12 semanas de intervenção, verificaram-se aumentos na força muscular dinâmica máxima (extensão de joelho: 11,6%; flexão de joelho 13,2%; *leg press*: 16,9%), no pico de torque isométrico (extensão de quadril: 42%; flexão plantar 50%) e na taxa de desenvolvimento de torque (extensão de quadril: 53%).

Os treinamentos combinados supracitados mantiveram o mesmo tempo de duração para os exercícios aeróbios e de força durante toda intervenção, uma vez que a grande maioria não apresentou progressão de intensidade e volume. Todavia, quando a periodização inclui progressão de treinamento, ajustes no tempo de cada treinamento ou no tempo total de sessão devem ser realizados.

Um aumento no tempo da parte principal da sessão devido à progressão de treinamento foi realizado no estudo de Tsourlou et al. (2006). O treinamento aeróbio apresentou uma progressão de 15-20 minutos a 65% da FC_{max} para 20-25 minutos a 80% da FC_{max} . O treino de força, executado após o treinamento aeróbio, foi realizado com equipamento resistido e progrediu de duas séries de 12-15 repetições a 60 bpm para três séries de 12-15 repetições a 120 bpm. Após 24 semanas de intervenção, verificou-se um aumento significativo do pico de torque isométrico de flexão e extensão de joelho (13,4 e 10,5%, respectivamente) e na força de preensão manual (12,8%). Também foi observado um aumento da força dinâmica, avaliada no teste de 3RM, nos exercícios *leg press*, extensão de joelho e supino (29,5, 29,4 e 25,7%, respectivamente).

No treinamento combinado de 12 semanas proposto por Zaffari (2014) também se adotou a ordem intrasessão iniciando com o treinamento aeróbio seguido do treinamento de força. O treinamento aeróbio foi realizado durante 20 minutos e sua intensidade progrediu de 90-95% a 95-100% da FC_{LAn} . Já o treinamento de força foi realizado sempre em máxima velocidade e apresentou uma progressão de duas séries de 30 segundos para quatro séries de 10 segundos, o que resultou em um aumento de 5 minutos no tempo total de parte principal. A autora não observou incremento no VO_{2pico} , somente uma melhora no tempo de exaustão de teste (27%) e uma diminuição da FC_{rep} (7%) em mulheres idosas. Em relação aos parâmetros neuromusculares, foram verificados aumentos na força dinâmica máxima de extensão e flexão de joelhos (2 e 9%, respectivamente), na força resistente desses mesmos exercícios (9 e 14%, respectivamente), na forma máxima isométrica de extensão de joelho (113%) e melhora na economia neuromuscular dos músculos reto femoral (RF) e vasto lateral (VL) (37% e 34%, respectivamente).

Graef et al. (2010) compararam o efeito de dois treinamentos combinados, um cujo TFA apresentou controle da intensidade e outro, sem controle da intensidade. Cada sessão de treinamento foi composta por exercícios aeróbios (11-13 da Escala de Percepção de Esforço de Borg) e exercícios de força, no entanto, não é relatado o tempo demandado para cada treinamento. Para o grupo com controle da intensidade, o treinamento de força progrediu de quatro séries de 15 repetições a cinco séries de oito repetições, sendo os exercícios sempre realizados em velocidade máxima de execução e com o uso de equipamentos resistidos. Como resultado, apenas o grupo com controle da intensidade apresentou um incremento significativo na força máxima de flexores horizontais de ombro (11%), demonstrando a fundamental importância de uma prescrição adequada para gerar ganhos de força muscular.

A literatura aponta para um efeito benéfico do treinamento combinado de hidroginástica realizado de duas a três vezes por semana sobre a capacidade cardiorrespiratória e a força muscular de idosos.

Quadro 3. Características e principais resultados dos estudos com treinamento combinado de hidroginástica em idosos.

| Estudo | Amostra | Duração e frequência de treinamento | Protocolo de treinamento | Principais resultados |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Taunton et al. (1996) | Mulheres idosas (70±3 anos) | 12 semanas 3x/semana | <u>Treinamento aeróbio</u> 20 min a 60-65% FC _{max} obtida em MT <u>Treinamento de força</u> Não descrito | VO _{2pico} : ↑12% |
| Takeshima et al. (2002) | Mulheres idosas (69±4 anos) | 12 semanas 3x/semana | <u>Treinamento aeróbio</u> 30 min na FC correspondente ao limiar anaeróbio <u>Treinamento de força</u> 1x10-15 repetições Intensidade: velocidade máxima | VO _{2pico} : ↑12% VO ₂ limiar anaeróbio: ↑20% PT Extensão de joelho (baixa intensidade): ↑27% PT Extensão de joelho (moderada intensidade): ↑16% PT Extensão de joelho (alta intensidade): ↑8% PT Flexão de joelho (baixa intensidade): ↑40% PT Flexão de joelho (moderada intensidade): ↑22% PT Flexão de joelho (alta intensidade): ↑13% PT Supino (baixa intensidade): ↑11% PT Puxada baixa (moderada intensidade): ↑7% PT Puxada baixa (alta intensidade): ↑11% PT Flexão de coluna (moderada intensidade): ↑3% PT Extensão de coluna (moderada intensidade): ↑7% PT Extensão de coluna (alta intensidade): ↑6% PT Puxada alta (moderada intensidade): ↑15% PT Puxada alta (alta intensidade): ↑6% PT Desenvolvimento de ombros (moderada intensidade): ↑5% PT Desenvolvimento de ombros (alta intensidade): ↑5% Altura de salto: ↑9% |
| Tsourlou et al. (2006) | Mulheres idosas (64±2 anos) | 24 semanas 3x/semana | <u>Treinamento aeróbio</u> •Semanas 1-4: 15-20 min a 65% FC _{max} •Semanas 5-8: 20-25 min a 70% FC _{max} •Semanas 9-12: 20-25 min a 75% FC _{max} •Semanas 13-24: 20-25 min a 80% FC _{max} <u>Treinamento de força</u> •Semanas 1-2: 2x12-15 rep a 60bpm •Semanas 3-6: 2-3x12-15 rep a 60bpm | PT Extensão de joelho: ↑10% PT Flexão de joelho: ↑13% Força de preensão palmar: ↑13% Altura de salto: ↑25% 3 RM Extensão de joelho: ↑29% 3 RM Leg press: ↑29% 3 RM Supino: ↑26% |

| | | | | |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------------|---|--|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> •Semanas 7-12: 3x12-15 rep a 80bpm •Semanas 13-18: 3x12-15 rep a 100bpm •Semanas 19-24: 3x12-15 rep a 120bpm Uso de equipamento resistido a partir da semana 3 | |
| Bocalini et al. (2008) | Mulheres idosas (64±1 anos) | 12 semanas 3x/semana | <u>Treino aeróbio</u> 45 min a 70% FC _{max} <u>Treino de força</u> 10-15 rep a 70% FC _{max} | VO _{2pico} : ↑42% FC _{rep} : ↓10% |
| Graef et al. (2010) | Mulheres idosas (68±7 anos) | 12 semanas 2x/semana | <u>Treino aeróbio</u> Intensidade: 11-13 de Borg (6-20) <u>Treino de força</u> <ul style="list-style-type: none"> •Semanas 1-3: 4x15 repetições •Semanas 4-6: 4x12 repetições •Semanas 7-9: 5x10 repetições •Semanas 10-12: 5x8 repetições Intensidade: máxima velocidade | |
| Bento et al. (2012) | Homens e mulheres idosos (66±4 anos) | 12 semanas 3x/semana | <u>Treino aeróbio</u> <ul style="list-style-type: none"> •Semanas 1-12: 20 min a 12-16 de Borg (6-20) <u>Treino de força</u> <ul style="list-style-type: none"> •Semanas 1-4: 1x40s em 12 Borg (velocidade moderada) •Semanas 5-8: 1x40s em 12-14 de Borg (velocidade acima da moderada) •Semanas 9-12: 1x40s em 14-16 de Borg (velocidade máxima de movimento) | PT Extensão de quadril: ↑40% PT Flexão de quadril: ↑18% PT Flexão plantar: ↑42% TPF Extensão de quadril: ↑10% TPF Extensão de joelho: ↑11% TPF Flexão plantar: ↑27% |
| Zaffari (2014) | Mulheres idosas (64±4 anos) | 12 semanas 2x/semana | <u>Treino aeróbio</u> <ul style="list-style-type: none"> •Semanas 1-6: 20 min a 90-95% FC_{LV2} •Semanas 7-10: 20 min a 95-100% FC_{LV2} <u>Treino de força</u> <ul style="list-style-type: none"> •Semanas 1-4: 2x30s •Semanas 5-8: 3x20s •Semanas 9-12: 4x10s Intensidade: máxima velocidade | FC _{rep} : ↓7% Tempo de exaustão: ↓27% 1RM Extensão de joelho: ↑2% 1RM Flexão de joelho: ↑9% RML Extensão de joelho: ↑9% RML Flexão de joelho: ↑14% Força isométrica máxima extensão de joelho: ↑113% Economia neuromuscular RF: ↓37% Economia neuromuscular VL: ↓34% |

| | | | | |
|------------------------|------------------------------|-------------------------|--|---|
| Bento et al. (2015) | Mulheres idosas (65 anos) | 12 semanas 3x/semana | <u>Treino aeróbio</u> •Semanas 1-12: 20 min a 12-16 de Borg (6-20) <u>Treino de força</u> •Semanas 1-4: 1x40s em 12 Borg (velocidade moderada) •Semanas 5-8: 1x40s em 12-14 de Borg (velocidade acima da moderada) •Semanas 9-12: 1x40s em 14-16 de Borg (velocidade máxima de movimento) | 1RM Extensão de joelho: ↑12% 1RM Flexão de joelho: ↑13% 1RM <i>Leg press</i> : ↑17% PT Extensão de quadril: ↑42% PT Flexão plantar: ↑50% TPF Extensão de quadril: ↑53% |
|------------------------|------------------------------|-------------------------|--|---|

↑: aumento; ↓: redução; VO_{2pico} : consumo máximo de oxigênio; VO_{2LV2} : consumo de oxigênio correspondente ao segundo limiar ventilatório; 1RM: uma repetição máxima; RML: força resistente; FC_{LV2} : frequência cardíaca correspondente ao segundo limiar ventilatório; FC_{max} : frequência cardíaca máxima; FC_{rep} : frequência cardíaca de repouso; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; min: minutos; RML: força resistente; PT: pico de torque; EMG: atividade neuromuscular; VL: vasto lateral; RF: reto femoral; BB: bíceps braquial; TPF: taxa de produção de força; TUG: *timed up and go*; CMJ: *counter movement jump*.

ESTUDO I: EFEITOS A CURTO E A LONGO PRAZO DE DIFERENTES TREINAMENTOS DE HIDROGINÁSTICA NA CAPACIDADE CARDIORRESPIRATÓRIA E NA FORÇA MUSCULAR DE MULHERES IDOSAS

RESUMO

O objetivo do estudo foi comparar os efeitos a curto e a longo prazo de três treinamentos em meio aquático sobre a capacidade cardiorrespiratória e a força muscular de mulheres idosas. Cinquenta e sete mulheres foram randomizadas em três grupos: 1) treinamento aeróbio (TA); 2) treinamento combinado cujo treinamento de força progride para a utilização de equipamentos resistidos (TCER); e 3) treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas (TCSM). O treinamento foi realizado durante 16 semanas com duas sessões semanais. Um teste incremental em esteira e o teste de uma repetição máxima de extensão de joelhos foram realizados anteriormente ao treinamento, após 8 e 16 semanas de treinamento. O consumo máximo de oxigênio apresentou incremento do pré- para pós-16 semanas de treinamento (TA: 9%, TCER: 11%, TCSM: 5%). O consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório e a força muscular apresentaram aumento do pré- para pós-8 semanas (TA: 15%, TCER: 16%, TCSM: 3% e TA: 9%, TCER: 5%, TCSM: 9%, respectivamente) e do pós-8 para pós-16 semanas (TA: 6%, TCER: 3%, TCSM: 12% e TA: 4%, TCER: 8%, TCSM: 4%, respectivamente). A frequência cardíaca de repouso, correspondente ao segundo limiar ventilatório e máxima não apresentou alteração. Conclui-se que os três programas de treinamento promoveram aumentos semelhantes na capacidade cardiorrespiratória. O treinamento aeróbio promoveu ganhos de força semelhantes aos promovidos pelos treinamentos combinados a curto e a longo prazo. Além disso, o uso de equipamentos resistidos e o aumento do número de séries são estratégias eficazes de progressão de treinamento.

INTRODUÇÃO

O envelhecimento está associado a uma redução da capacidade cardiorrespiratória e da força muscular (FRONTERA et al., 2000; FLEG et al., 2005; GOODPASTER et al., 2006; CHARLIER et al., 2016), processos que limitam a capacidade do idoso de realizar atividades básicas de vida diária e aumentam o risco de morte (RUIZ et al., 2008; EKBLÖM-BAK et al., 2019; IMBODEN et al., 2020). Com o intuito de amenizar esses efeitos deletérios do avanço da

idade, recomenda-se a prática do treinamento combinado, envolvendo exercícios aeróbios e de força muscular (ACSM, 2009).

O meio aquático é uma alternativa interessante para a realização de exercícios que atrai o interesse do público idoso, principalmente do público feminino. O exercício nesse meio apresenta vantagens em relação ao exercício realizado em meio terrestre, como a redução da força de reação do solo e, conseqüentemente, do impacto imposto ao sistema musculoesquelético (KRUEL, 2000; ALBERTON et al., 2014; DELEVATTI et al., 2015). A menor sobrecarga osteoarticular facilita a aplicação e a progressão de diferentes modelos de treinamento físico em populações como os idosos, que frequentemente apresentam distúrbios osteoarticulares. Além disso, o exercício no meio aquático é realizado com uma menor frequência cardíaca (KRUEL et al., 2013; KANITZ et al., 2015a) e a imersão promove uma redução na pressão arterial (PENDERGAST et al., 2015), refletindo em uma menor sobrecarga cardiovascular.

Estudos realizados no meio aquático demonstraram que o treinamento combinado de exercícios aeróbios e de força promove incrementos na força muscular e na capacidade cardiorrespiratória de idosos (TAKESHIMA et al., 2002; TSOURLOU et al., 2006; KANITZ et al., 2015b). Também foi evidenciado que o treinamento aeróbio aquático promove, além de ganhos cardiorrespiratórios, aumentos significativos na força muscular (KANITZ et al., 2015b; COSTA et al., 2018; ANDRADE et al., 2020) na mesma magnitude que o treinamento de força (COSTA et al., 2018) e combinado (KANITZ et al., 2015b). Esse é um resultado interessante, uma vez que parece não haver necessidade de um treinamento complementar de força ao treinamento aeróbio aquático. No entanto, esses achados foram observados após um período inicial de treinamento (10 a 12 semanas) em idosos previamente sedentários, não havendo evidência de que o treinamento aeróbio aquático promova esses benefícios em maiores períodos de treinamento e em idosos treinados. Por fim, investigações indicam que o treinamento de força no meio aquático melhora a força muscular (PRADO et al., 2016; COSTA et al., 2018; REICHERT et al., 2018), mas não promove adaptações cardiorrespiratórias (COSTA et al., 2018). Esses resultados também foram verificados após períodos de 10 a 12 semanas.

Na literatura, foi encontrado um único estudo que acompanhou as adaptações ao treinamento em meio aquático por um maior período de intervenção (REICHERT et al., 2019). Nesse estudo, mulheres idosas previamente sedentárias foram submetidas a um treinamento de força no meio aquático e avaliações neuromusculares foram realizadas após 12 e após 20

semanas de treinamento. Observou-se que as participantes obtiveram ganhos de força muscular após as primeiras 12 semanas de intervenção; no entanto, desse momento até o final do treinamento (20 semanas), não foi observado aumento adicional na força muscular. Os autores acreditam que a ausência de progressão de treinamento após as semanas iniciais explique a não alteração da força no maior período de intervenção.

A estratégia de progressão de treinamento mais utilizada no treinamento de força no meio aquático é o aumento do número de séries (KRUEL et al., 2018). No entanto, essa estratégia aumenta o tempo de sessão necessário para a realização do treinamento de força e, conseqüentemente, reduz o tempo disponível para o treinamento aeróbio, o que pode comprometer as adaptações cardiorrespiratórias. Na prática de clubes e academias, uma estratégia para progressão de treinamento frequentemente empregada é o uso de equipamentos resistidos. O uso desses equipamentos aumenta a área projetada, gerando maior resistência ao movimento (ALEXANDER, 1979) o que pode aumentar a intensidade do exercício. Por outro lado, o uso de equipamentos pode reduzir a velocidade do exercício, o que poderia prejudicar os ganhos neuromusculares (KRUEL et al., 2018).

Embora a maioria dos estudos tenha adotado um período de intervenção de 10 a 12 semanas, é importante investigar os efeitos a longo prazo do treinamento, considerando que esse é o cenário encontrado em clubes e academias. Nesse contexto, identificar se o treinamento aeróbio aquático isolado é capaz de promover ganhos de força da mesma magnitude que o treinamento combinado a longo prazo e verificar a melhor estratégia de progressão do treinamento de força no meio aquático são lacunas na literatura que devem ser preenchidas a fim de auxiliar a prescrição do treinamento dessa modalidade. Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos a curto e a longo prazo de diferentes treinamentos de hidroginástica (treinamento aeróbio, treinamento combinado cujo treinamento de força progride para o uso de equipamentos resistidos e treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas) sobre a capacidade cardiorrespiratória e a força muscular de mulheres idosas.

MÉTODOS

Tipo de estudo

Este estudo se caracteriza como um estudo longitudinal com três grupos submetidos a intervenções de treinamento físico em meio aquático.

Amostra

A amostra do presente estudo foi constituída por 60 mulheres idosas com idades entre 60 e 75 anos. Para serem incluídas no estudo, as mulheres não deveriam estar realizando exercício físico de forma regular há, no mínimo, três meses, não deveriam apresentar problemas osteoarticulares que limitassem a prática de exercícios, não deveriam ser fumante e não poderiam possuir algum trauma relacionado ao meio aquático. Ainda, para participar do estudo, a voluntária deveria apresentar uma liberação médica para a prática de exercício físico. As participantes se voluntariaram para o presente estudo após anúncios em um jornal local e na internet. Todas as participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido após serem informados sobre os procedimentos do estudo e os possíveis riscos e desconfortos relacionados à sua participação. Ao final do estudo, foram excluídos da análise os dados das voluntárias que não obtiveram frequência mínima de 80% nas sessões de treinamento.

As participantes foram randomizadas em três grupos de treinamento (randomização simples, taxa de alocação 1:1:1), a partir de uma lista aleatória gerada por computador. Esse procedimento foi realizado por um pesquisador cegado após a conclusão das avaliações pré-treinamento. Os seguintes grupos foram compostos: treinamento aeróbio (TA), treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamentos resistidos (TCER) e treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas (TCSM). O estudo foi realizado de acordo com a Declaração de Helsinque e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CEP/UFRGS) (2.672.567).

Treinamentos

Os treinamentos tiveram a duração de 16 semanas com frequência semanal de duas sessões realizadas em dias não consecutivos. Cada sessão de treinamento foi composta por aquecimento inicial (5 minutos), parte principal (destinada ao treinamento aeróbio ou combinado) e volta à calma (alongamento durante 5 minutos). O grupo de treinamento aeróbio realizou apenas o treinamento aeróbio, enquanto que os grupos de treinamento combinado realizaram o treinamento de força seguido do treinamento aeróbio. Durante os exercícios aeróbios, cada participante utilizou um monitor de frequência cardíaca (Polar, modelo FT1™,

Shanghai, China) para controlar a intensidade do treinamento. Os grupos de treinamento combinado realizaram o mesmo treinamento de força durante as primeiras oito semanas de intervenção. A partir da nona semana, o grupo CTRE realizou os exercícios de força com equipamentos resistidos, enquanto o grupo CTMS passou a realizar três séries por exercício de força.

Previamente ao treinamento, as participantes foram familiarizadas com exercícios de hidroginástica em quatro sessões. O mesmo instrutor e monitor, ambos experientes na prática de hidroginástica, acompanharam todas as sessões de treinamento dos três grupos. Durante o período de treinamento, a temperatura da água foi mantida em 31 °C e a profundidade de imersão foi fixada entre o processo xifoide e os ombros.

Grupo de treinamento aeróbio

O treinamento aeróbio foi composto pelos exercícios de corrida estacionária, deslize frontal e chute frontal com diferentes combinações de exercícios de membros superiores (Apêndice A). O treinamento intervalado foi utilizado até a 12ª semana. Para isso, foram realizados seis blocos de cinco minutos. Em cada bloco, quatro minutos foram destinados ao estímulo do treinamento em alta intensidade e, no último minuto, as participantes realizaram a recuperação em menor intensidade. Nas semanas 13 a 16, foi implementado o treinamento contínuo (adotando a mesma intensidade durante toda a sessão). A intensidade do treinamento aeróbio foi prescrita utilizando-se a frequência cardíaca correspondente ao limiar anaeróbio (FC_{LAn}), a qual foi obtida no teste progressivo realizado no meio aquático. O quadro 1 apresenta a periodização do treinamento aeróbio.

Quadro 1. Periodização do treinamento aeróbio.

| Semana | Blocos | Exercício de membro inferior | Exercício de membro superior | Tempo | Intensidade | Volume |
|--------|--------|---|--|---|--|--------|
| 1-4 | 6 | Corrida estacionária Corrida estacionária Chute frontal Chute frontal Deslize frontal | Empurra frente Flex/ext. Cot. Empurra frente Flex/ext. Cot. ombros abd. Empurra frente | 1 min 1 min 1 min 1 min 1 min | 4 min a 90-95% FC _{LA_n} + 1 min <85% FC _{LA_n} | 30 min |
| 5-8 | 6 | Corrida estacionária Corrida estacionária Chute frontal Chute frontal Deslize frontal | Empurra frente Flex/ext. Cot. Empurra frente Flex/ext. Cot. ombros abd Empurra frente | 1 min 1 min 1 min 1 min 1 min | 4 min a 95-100% FC _{LA_n} + 1 min <85% FC _{LA_n} | 30 min |
| 9-12 | 6 | Corrida estacionária Corrida estacionária Chute frontal Chute frontal Deslize frontal | Empurra frente Flex/ext. Cot. Empurra frente Flex/ext. Cot. ombros abd Empurra frente | 1 min 1 min 1 min 1 min 1 min | 4 min a 100% FC _{LA_n} + 1 min <85% FC _{LA_n} | 30 min |
| 13-16 | 6 | Corrida estacionária Corrida estacionária Chute frontal Chute frontal Deslize frontal | Empurra frente Flex/ext. Cot. Empurra frente Flex/ext. Cot. ombros abd Empurra frente | 1 min 1 min 1 min 1 min 1 min | 100% FC _{LA_n} | 30 min |

Flex/ext: flexão e extensão; Cot: cotovelos; Flex/ext. Cot. ombros abd.: flexão e extensão de cotovelos com ombros abduzidos a 90°; min: minuto; FC_{LA_n}: frequência cardíaca correspondente ao limiar anaeróbio.

Treinamentos combinados

Os treinamentos combinados foram compostos pelo treinamento de força e treinamento aeróbio, realizados nessa ordem.

O treinamento de força foi composto por dois blocos (Apêndice B). O bloco 1 foi formado pelos exercícios flexão/extensão de cotovelos (realizado de forma bilateral) e flexão/extensão de joelho (realizado de forma unilateral). Já o bloco 2 foi formado pelos exercícios flexão/extensão de cotovelos com ombros abduzidos a 90° (realizado de forma bilateral) e flexão/extensão de quadril (realizado de forma unilateral). A partir da nona semana de treinamento, foram realizados somente os exercícios de membros inferiores de cada bloco, a fim de priorizar o treinamento dessa musculatura. Foi respeitado um intervalo passivo de dois minutos entre os blocos. A intensidade dos exercícios de força foi mantida sempre em intensidade correspondente ao índice 19 (extremamente intenso) da Escala de Percepção de Esforço de Borg (6-20).

Grupo de treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamento resistido

Durante as primeiras oito semanas de treinamento, cada exercício de força foi realizado em série única durante 30 segundos. A partir da nona semana de treinamento, cada exercício de força foi realizado em série única durante 20 segundos com o uso de equipamento resistido (*hydro resistant leg trainers*, Speedo, Estados Unidos) (Figura 1).



Figura 1. Equipamento resistido utilizado durante os exercícios de força pelo grupo TCER.

O treinamento de força apresentou a duração aproximada de 5 minutos durante toda a intervenção. O quadro 2 apresenta a periodização do treinamento de força realizado pelo TCER. O treinamento aeróbio realizado por esse grupo foi o mesmo realizado pelo grupo TA.

Quadro 2. Periodização do treinamento de força do grupo treinamento combinado com progressão para equipamento resistido.

| Semana | Séries | Bloco de exercícios | Duração | Intensidade | Intervalo entre blocos | Equipamentos resistidos | Volume total |
|--------|--------|---|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|--------------|
| 1-8 | 1 | Bloco 1: Flex/ext cotovelos Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 30 s 30 s 30 s | IEP 19 de Borg (6-20) | 2 min (passivo) | - | 5 min |
| | 1 | Bloco 2: Flex/ext cot. omb. abd. Flex/ext quadril D Flex/ext quadril E | 30 s 30 s 30 s | | | | |
| 9-16 | 1 | Bloco 1: Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 20 s 20 s | IEP 19 de Borg (6-20) | 2 min (passivo) | Em membros inferiores | 4 min |
| | | Bloco 2: Flex/ext quadril D Flex/ext quadril E | 20 s 20 s | | | | |

Flex/ext: flexão/extensão; Cot: cotovelos; D: direito; E: esquerdo; cot. omb. abd: de cotovelos com ombros abduzidos a 90°; s: segundos; min: minutos; IEP: índice de esforço percebido

Grupo de treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas

Durante as primeiras oito semanas de treinamento, cada exercício de força foi realizado em série única durante 30 segundos. A partir da nona semana de treinamento, foram realizadas três séries por exercício durante 20 segundos. Respeitou-se um intervalo passivo de um minuto e 40 segundos entre as séries. A duração do treinamento de força aumentou de cinco (semanas 1-8) para 13 minutos (semanas 9-16). O quadro 3 apresenta a periodização do treinamento força realizado pelo CTMS.

O treinamento aeróbio desse grupo foi o mesmo realizado pelo grupo TA. No entanto, devido ao aumento do tempo total de treinamento e força a partir da nona semana, o treinamento aeróbio desse grupo foi reduzido para 20 minutos nesse período (semanas 9 a 16).

Quadro 3. Periodização do treinamento de força do grupo treinamento combinado com progressão para séries múltiplas.

| Semana | Séries | Bloco de exercícios | Duração | Intensidade | Intervalo entre séries | Intervalo entre blocos | Volume total |
|--------|--------|---|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------|
| 1-8 | 1 | Bloco 1: Flex/ext cotovelos Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 30 s 30 s 30 s | IEP 19 de Borg (6-20) | - | 2 min (passivo) | 5 min |
| | 1 | Bloco 2: Flex/ext cot. omb. abd. Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 30 s 30 s 30 s | | | | |
| 9-16 | 3 | Bloco 1: Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 20 s 20 s | IEP 19 de Borg (6-20) | 1 min 40s (passivo) | 2 min (passivo) | 12 min 40 s |
| | 3 | Bloco 2: Flex/ext quadril D Flex/ext quadril E | 20 s 20 s | | | | |

Flex/ext: flexão/extensão; Cot: cotovelos; D: direito; E: esquerdo cot. omb. abd: de cotovelos com ombros abduzidos a 90°; s: segundos; min: minutos; IEP: índice de esforço percebido.

Procedimentos

Todas as avaliações foram realizadas no Laboratório de Biodinâmica e na piscina rasa do Centro Natatório da EsEFID-UFRGS. As avaliações foram divididas em três encontros com intervalo mínimo de 48h entre elas: 1) teste de força dinâmica máxima e força resistente; 2) teste progressivo em esteira; 3) teste progressivo no meio aquático. Cada teste específico foi supervisionado pelo mesmo pesquisador, o qual foi cegado ao grupo experimental que a participante pertencia. A familiarização com os testes foi realizada previamente em duas sessões.

Composição corporal

Medidas de composição corporal foram realizadas para fins de caracterização da amostra. As medidas de massa corporal e estatura foram realizadas em uma balança Asimed (resolução de 100g) e em um estadiômetro Asimed (resolução de 1mm), respectivamente. O protocolo de dobras cutâneas proposto por Petroski (1995) foi utilizado para estimar a densidade corporal e o percentual de gordura foi estimado por meio da fórmula de Siri (1993).

Força máxima (1RM) e resistente

A força muscular dinâmica máxima e a força resistente foram avaliadas no exercício de extensão de joelhos (cadeira extensora Aparatto, resolução de 1Kg) (Figura 2). Anteriormente aos testes, as voluntárias realizaram um aquecimento de 10 repetições com carga mínima no exercício específico.



Figura 2. Teste de força máxima de extensão de joelho.

Após isso, foi realizado o teste de uma repetição máxima. Para isso, foi selecionada uma carga (por tentativa e erro) a fim de que a participante não realizasse mais do que 10 repetições. A partir do número de repetições executadas, a carga foi redimensionada através dos valores propostos por Lombardi (1989). Foram realizadas no máximo cinco tentativas com intervalo de 4 minutos entre elas. A força muscular dinâmica máxima foi considerada a máxima carga suportada, em Kg, durante a fase concêntrica de uma repetição.

Para avaliação da força resistente, as mulheres deveriam realizar o maior número possível de repetições com uma carga correspondente a 60% de 1RM. Nos diferentes momentos de avaliação pós-treinamento (pós-8 e pós-16 semanas), foi utilizada a mesma carga absoluta referente à primeira avaliação. A força resistente foi considerada o número máximo de repetições realizadas com uma carga correspondente a 60% do teste de uma repetição máxima.

Em ambos os testes, o ritmo de execução foi controlado através de um metrônomo (QUARTZ, CA, USA), adotando-se 1,5 segundo para cada fase do movimento.

Capacidade cardiorrespiratória

Um teste de esforço máximo em esteira (Super ATL, Inbramed, Porto Alegre-Brasil) foi realizado a fim de determinar o consumo de oxigênio de pico ($VO_{2\text{pico}}$), o consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório (VO_{2LV2}), a frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e frequência cardíaca no segundo limiar ventilatório (FC_{LV2}). Além disso, foi calculado o percentual do consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório em relação ao pico ($\%VO_{2LV2}$) e o percentual da frequência cardíaca no segundo limiar ventilatório em relação ao seu valor máximo ($\%FC_{LV2}$). O protocolo de Bruce foi adotado para o teste (BRUCE, 1973). O teste iniciou com velocidade de $2,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e inclinação da esteira em 10% e, a cada três minutos, foram realizados aumentos de velocidade e inclinação (Figura 3).



Figura 3. Teste máximo em esteira.

O teste foi interrompido quando as participantes indicaram a exaustão, através do sinal estabelecido. A avaliação foi considerada válida quando um dos seguintes critérios fosse alcançado: obtenção da frequência cardíaca máxima estimada ($220 - \text{idade}$); ocorrência de um platô no VO_2 com o aumento da carga; obtenção de um QR maior que 1,1; ou uma percepção de esforço maior que 17 (muito intenso – Escala RPE de Borg) (HOWLEY et al., 1995). Durante o teste, os gases respiratórios foram avaliados por meio de um analisador de gases portátil (K5, COSMED, Roma). Além disso, a frequência cardíaca foi coletada através de um frequencímetro (modelo HRM3-SS, GARMIN), com conexão ANT+ compatível com o analisador de gases K5. Dessa forma, os dados respiratórios e a frequência cardíaca foram coletados em uma taxa de amostragem *breath by breath*. As participantes foram instruídas a não se alimentarem três horas antes dos testes, a não consumirem estimulantes e a não praticarem atividades físicas intensas 12 horas anteriores ao teste (COOKE, 1996).

Para as variáveis $\text{VO}_{2\text{pico}}$ e FC_{max} foram considerados os maiores valores obtidos durante o teste máximo. Os valores de VO_2 e FC correspondentes ao segundo limiar ventilatório foram determinados através da curva de ventilação e confirmados pela curva dos equivalentes ventilatórios (Ve/VCO_2) (WASSERMAN et al., 1973) por dois fisiologistas do exercício experientes de forma independente e cegada. Os valores percentuais de VO_2 e FC correspondentes aos limiares ventilatórios foram calculados com base nos valores de pico das duas variáveis (100%).

Anteriormente ao teste, as participantes permaneceram 15 minutos sentadas, com os braços relaxados ao lado do corpo, em um ambiente sem ruídos para a avaliação da FC de repouso (FC_{rep}). Durante o último minuto do repouso, a FC foi registrada a cada 10 segundos (frequencímetro FT1™, POLAR). A FC_{rep} foi definida como a média da FC durante o último minuto de repouso.

Teste progressivo máximo em meio aquático

Um teste progressivo em meio aquático foi realizado para determinar a frequência cardíaca correspondente ao limiar anaeróbico das participantes, ponto que foi utilizado para a prescrição da intensidade do treinamento aeróbico (Figura 4). O teste foi realizado com o exercício de corrida estacionária e o protocolo consistiu em uma cadência inicial de $85 \text{ b}\cdot\text{min}^{-1}$ por 3 minutos, com aumento de $15 \text{ b}\cdot\text{min}^{-1}$ na cadência a cada 2 minutos até que o esforço máximo fosse obtido (KRUEL et al., 2013). Durante o teste, a FC foi medida a cada 10 segundos utilizando um monitor cardíaco (Polar, modelo FT1™, Shanghai, China), e o limiar anaeróbico foi determinado com base no ponto de deflexão da FC observado pela plotagem da FC pela intensidade do teste (CONCONI et al., 1982). Esse teste foi realizado previamente ao treinamento e foi repetido após oito semanas de treinamento para reajustar a intensidade do treinamento.



Figura 4. Teste máximo em meio aquático.

Análise estatística

A fim de definir o tamanho da amostra, foi realizado um cálculo amostral utilizando-se como base o estudo de Kanitz et al. (2015). O cálculo foi realizado no programa GPower versão 3.1., no qual adotou-se um $\alpha=0,05$, um poder de 90% e um coeficiente de correlação de 0,8 para todas as variáveis. Os cálculos demonstraram a necessidade de um “n” amostral total de 51 indivíduos. Porém, prevendo uma perda amostral de aproximadamente 20%, foram recrutados 60 indivíduos.

Utilizou-se estatística descritiva com os dados apresentados em médias e limites inferiores e superiores com intervalo de confiança de 95%. Os testes de *Kolmogorov-Smirnov* e *Levene* foram utilizados para a análise da normalidade e homogeneidade dos dados, respectivamente, referentes à caracterização da amostra. Para comparação dessas variáveis entre os três grupos de treinamento foi utilizado o teste ANOVA *One-way* com teste complementar de Bonferroni. Para comparar a força muscular e a capacidade cardiorrespiratória entre os modelos de treinamento e entre os períodos pré e pós-treinamento, foi utilizado o método de Equações de Estimativas Generalizadas com teste complementar de Bonferroni. O índice de significância adotado foi de $\alpha = 0,05$. Todos os testes estatísticos foram realizados no programa estatístico SPSS vs 20.0.

O tamanho de efeito intragrupo foi calculado utilizando o método d de Cohen (1988) a partir dos valores pré-treinamento e pós-16 semanas de treinamento de cada grupo. O tamanho de efeito foi classificado como pequeno (entre 0,2 e 0,5), moderado (entre 0,5 e 0,8) ou grande (0,8 ou mais) (COHEN, 1988).

RESULTADOS

Fluxograma de participantes e caracterização da amostra

Sessenta mulheres idosas apresentaram os critérios de elegibilidade e foram incluídas no presente estudo. Durante as avaliações pré-treinamento, três participantes abandonaram o estudo, dessa forma, 57 mulheres foram randomizadas entre os três grupos de treinamento, resultando na alocação de 19 participantes por grupo. Ao longo da intervenção, não houve perdas amostrais no grupo TA, enquanto que o grupo TCER apresentou perda amostral de uma participante e o grupo TCSM, de quatro participantes. Portanto, foram incluídos na análise estatística os dados de 19

indivíduos no grupo TA, 18 no grupo TCER e 15 no grupo TCSM. Uma participante do grupo TA não foi capaz de realizar o teste incremental em esteira, portanto, foram coletados dados cardiorrespiratórios de 51 mulheres, enquanto que dados de força muscular foram coletados em 52 mulheres. Na figura 5, pode ser visualizado o fluxograma das participantes ao longo do estudo.

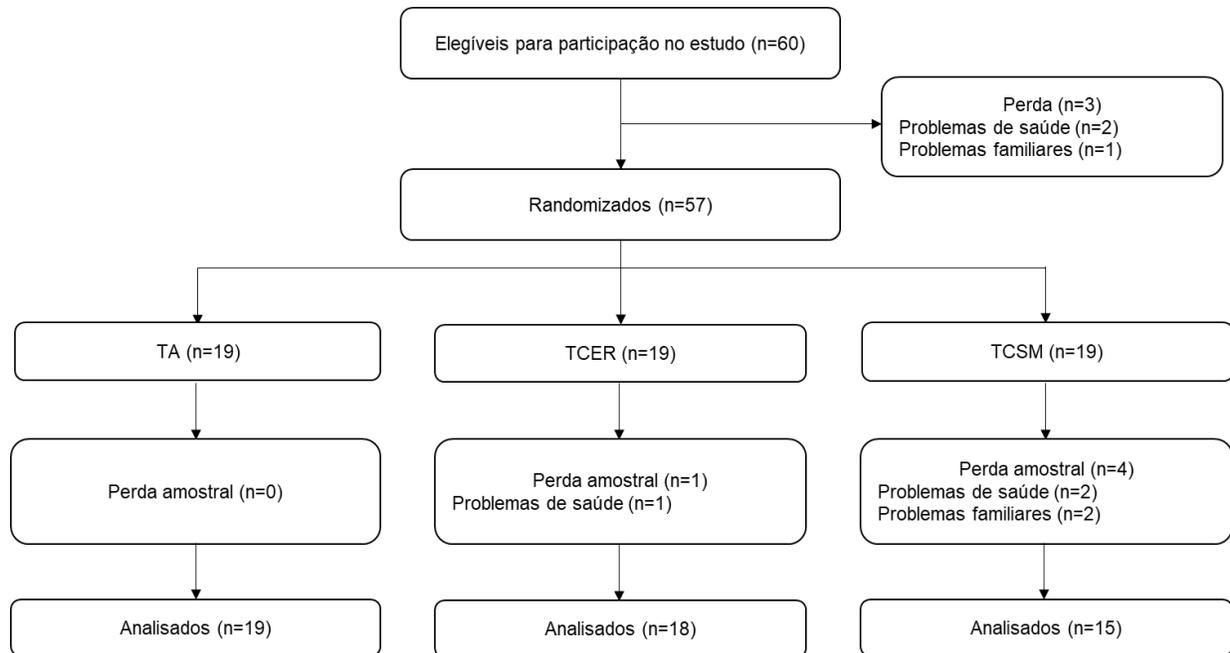


Figura 5. Fluxograma de participantes.

A tabela 1 apresenta os resultados de caracterização da amostra. Não se observou diferença significativa entre os grupos para a idade, estatura, massa corporal, índice de massa corporal e percentual de gordura.

Tabela 1. Valores de média e limites inferiores e superiores com intervalo de confiança de 95% de idade, estatura, massa corporal, índice de massa corporal e percentual de gordura do grupo treinamento aeróbio (TA), grupo treinamento combinado cujo treinamento de força progride para equipamento resistido (TCER) e grupo treinamento combinado cujo treinamento de força progride para series múltiplas (TCSM).

| | TA (n=19) | TCER (n=18) | TCSM (n=15) | |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| | Média (IC 95%) | Média (IC 95%) | Média (IC 95%) | <i>p</i> |
| Idade (anos) | 66,94 (64,88 a 69,01) | 65,00 (63,11 a 66,88) | 65,53 (63,87 a 67,19) | 0,280 |
| Estatura (m) | 1,60 (1,57 a 1,63) | 1,57 (1,54 a 1,60) | 1,62 (1,58 a 1,66) | 0,131 |
| Massa corporal (kg) | 72,53 (65,97 a 79,10) | 73,22 (67,34 a 79,09) | 78,82 (71,44 a 86,19) | 0,322 |
| IMC (kg.m ⁻²) | 28,35 (25,61 a 31,10) | 29,34 (27,30 a 31,3) | 29,94 (26,80 a 33,08) | 0,667 |
| %G | 37,33 (35,37 a 39,29) | 36,64 (34,67 a 38,61) | 38,70 (36,59 a 40,80) | 0,343 |

IMC: índice de massa corporal; %G: percentual de gordura.

Frequência de treinamento

Durante a intervenção, a frequência ao treinamento não apresentou diferença entre os grupos (TA: 87,50 (85,05 a 89,94)%; TCER: 88,19 (85,01 a 91,37)%; TCSM: 88,12 (85,11 a 91,13)%; $p = 9,022$).

Variáveis cardiorrespiratórias

Os resultados das variáveis cardiorrespiratórias estão demonstrados na tabela 2. Previamente ao treinamento, não se observou diferença na capacidade cardiorrespiratória entre os grupos.

O $VO_{2\text{pico}}$ e o $\%VO_{2LV2}$ apresentaram um incremento significativo do pré-treinamento para pós-16 semanas de treinamento ($p < 0,001$) em todos os grupos, sem diferença entre eles. Os valores pós-8 semanas de treinamento não diferiram do pré-treinamento nem pós-16 semanas de treinamento. Todos os grupos, sem diferença entre eles, apresentaram um aumento significativo do VO_{2LV2} do pré-treinamento para pós-8 semanas de treinamento ($p < 0,001$) e do momento pós-8 para pós-16 semanas de treinamento ($p = 0,007$).

Não se observou diferença para as variáveis FC_{max} , FC_{LV2} e $\%FC_{LV2}$. A FC_{rep} apresentou um aumento significativo da avaliação pós-8 semanas para pós-16 semanas de treinamento ($p = 0,018$), no entanto, esses dois momentos não diferiram da avaliação pré-treinamento.

O tamanho de efeito calculado para as variáveis cardiorrespiratórias pode ser observado na tabela 3. Todos os grupos apresentaram tamanho de efeito de pequena magnitude para o

$VO_{2\text{pico}}$. O grupo TA e o grupo TCER apresentaram magnitude de efeito grande para o VO_{2LV2} , enquanto que o grupo TCSM apresentou tamanho de efeito de moderada magnitude. Já para o $\%VO_{2LV2}$, o grupo TA apresentou efeito de grande magnitude, enquanto que os demais grupos, de moderada magnitude. Para todas as variáveis de FC, a magnitude de efeito foi pequena em todos os grupos.

Tabela 2. Variáveis cardiorrespiratórias pré-treinamento, após 8 semanas de treinamento e após 16 semanas de treinamento.

| Variável | Grupo (n) | Pré-treinamento | Pós-8 semanas | Pós-16 semanas | Δ% | Tempo | Grupo | Tempo* Grupo |
|---|-----------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----|--------|-------|-----------------|
| | | Média (IC 95%) | Média (IC 95%) | Média (IC 95%) | | | | |
| VO ₂ pico (ml.O ₂ .kg ⁻¹ .min ⁻¹) | TA (18) | 25,31 (23,00 a 27,63) ^a | 26,78 (24,87 a 28,69) ^{ab} | 27,67 (25,15 a 30,18) ^b | 9 | <0,001 | 1,000 | 0,430 |
| | TCER (18) | 24,90 (22,13 a 27,68) ^a | 27,16 (24,63 a 29,70) ^{ab} | 27,63 (25,36 a 29,90) ^b | 11 | | | |
| | TCSM (15) | 26,16 (23,27 a 29,05) ^a | 26,05 (23,85 a 28,24) ^{ab} | 27,51 (24,85 a 30,16) ^b | 5 | | | |
| VO ₂ LV ₂ (ml.O.kg ⁻¹ .min ⁻¹) | TA (18) | 19,27 (17,53 a 21,01) ^a | 22,14 (20,18 a 24,11) ^b | 23,49 (21,35 a 25,62) ^c | 22 | <0,001 | 0,935 | 0,282 |
| | TCER (18) | 18,96 (17,14 a 20,77) ^a | 22,02 (19,53 a 24,51) ^b | 22,62 (20,50 a 24,73) ^c | 19 | | | |
| | TCSM (15) | 20,35 (18,08 a 22,62) ^a | 20,99 (19,29 a 22,69) ^b | 23,42 (21,51 a 25,33) ^c | 15 | | | |
| % VO ₂ LV ₂ | TA (18) | 76,67 (72,76 a 80,57) ^a | 82,38 (78,83 a 85,94) ^{ab} | 83,99 (79,99 a 87,99) ^b | 9 | <0,001 | 0,498 | 0,803 |
| | TCER (18) | 77,11 (73,36 a 80,86) ^a | 80,77 (76,71 a 84,84) ^{ab} | 81,96 (78,62 a 85,30) ^b | 6 | | | |
| | TCSM (15) | 78,39 (73,05 a 83,73) ^a | 80,98 (77,36 a 84,59) ^{ab} | 85,80 (82,46 a 89,14) ^b | 9 | | | |
| FC _{max} (bpm) | TA (18) | 148,58 (139,14 a 158,03) | 150,16 (140,97 a 159,35) | 148,31 (138,25 a 158,37) | 0 | 0,845 | 0,870 | 0,739 |
| | TCER (18) | 146,52 (135,68 a 157,36) | 147,31 (136,22 a 158,40) | 147,80 (137,39 a 158,20) | 1 | | | |
| | TCSM (15) | 144,92 (133,50 a 156,35) | 145,23 (137,26 a 153,19) | 147,30 (140,80 a 153,81) | 1 | | | |
| FC _{LV₂} (bpm) | TA (18) | 139,00 (130,33 a 147,66) | 143,11 (134,79 a 151,43) | 141,13 (132,77 a 149,48) | 1 | 0,508 | 0,591 | 0,669 |
| | TCER (18) | 137,05 (126,69 a 147,42) | 139,00 (127,80 a 150,19) | 137,00 (126,98 a 147,01) | 0 | | | |
| | TCSM (15) | 135,21 (125,39 a 145,03) | 135,46 (128,90 a 142,01) | 136,76 (130,73 a 142,80) | 1 | | | |
| % FC _{LV₂} | TA (18) | 93,69 (91,67 a 95,71) | 95,45 (94,27 a 96,63) | 93,87 (92,25 a 95,48) | 0 | 0,086 | 0,535 | 0,817 |
| | TCER (18) | 93,55 (92,38 a 94,72) | 94,27 (92,57 a 95,97) | 92,76 (90,68 a 94,84) | -1 | | | |
| | TCSM (15) | 93,57 (91,62 a 95,52) | 93,49 (91,39 a 95,59) | 92,92 (90,87 a 94,97) | -1 | | | |
| FC _{rep} (bpm) | TA (18) | 75,29 (70,12-80,46) ^{ab} | 76,66 (70,77-82,54) ^a | 78,39 (72,01-84,77) ^b | 4 | 0,023 | 0,134 | 0,628 |
| | TCER (18) | 72,77 (68,18-77,35) ^{ab} | 70,51 (66,27-74,74) ^a | 72,21 (68,49-75,94) ^b | -1 | | | |
| | TCSM (15) | 70,15 (66,63-73,66) ^{ab} | 69,10 (65,07-73,13) ^a | 72,06 (68,35-75,76) ^b | 3 | | | |

VO₂: consumo de oxigênio; LV₂: segundo limiar ventilatório; % VO₂LV₂: percentual do consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório em relação a seu valor de pico; FC: frequência cardíaca; rep: repouso; % FC_{LV₂}: percentual da frequência cardíaca no segundo limiar ventilatório em relação a seu valor máximo; Δ%: percentual de mudança do pré- para pós-16 semanas de treinamento; IC: limites inferiores e superiores com intervalo de confiança de 95%. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tempos.

Tabela 3. Tamanho de efeito calculado para as variáveis cardiorrespiratórias.

| Variável | Grupo | Média (IC 95%) |
|------------------------------------|-------|----------------------|
| VO ₂ pico | TA | 0,44 (-0,22 a 1,10) |
| | TCER | 0,49 (-0,18 a 1,15) |
| | TCSM | 0,23 (-0,49 a 0,95) |
| VO ₂ LV ₂ | TA | 0,98 (0,29 a 1,67) |
| | TCER | 0,84 (0,16 a 1,52) |
| | TCSM | 0,68 (-0,05 a 1,42) |
| % VO ₂ LV ₂ | TA | 0,84 (0,16 a 1,52) |
| | TCER | 0,62 (-0,05 a 1,29) |
| | TCSM | 0,78 (0,03 a 1,52) |
| FC _{max} (bpm) | TA | -0,01 (-0,67 a 0,64) |
| | TCER | 0,05 (-0,60 a 0,71) |
| | TCSM | 0,12 (-0,60 a 0,84) |
| FC _{LV₂} (bpm) | TA | 0,11 (-0,54 a 0,77) |
| | TCER | 0,00 (-0,66 a 0,65) |
| | TCSM | 0,09 (-0,63 a 0,80) |
| %FC _{LV₂} | TA | 0,04 (-0,61 a 0,70) |
| | TCER | -0,21 (-0,87 a 0,44) |
| | TCSM | -0,15 (-0,87 a 0,56) |
| FC | TA | -0,24 (-0,90 a 0,41) |
| | TCER | 0,06 (-0,59 a 0,71) |
| | TCSM | -0,26 (-1,00 a 0,49) |

TA: treinamento aeróbio; TCER: treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para equipamento resistido; TCSM: treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para series múltiplas; VO₂: consumo de oxigênio; LV₂: segundo limiar ventilatório; % VO₂LV₂: percentual do consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório em relação a seu valor de pico; FC: frequência cardíaca; rep: repouso; % FC_{LV₂}: percentual da frequência cardíaca no segundo limiar ventilatório em relação a seu valor de pico

Força dinâmica máxima e força resistente de extensão de joelhos

A tabela 4 apresenta os resultados referentes às avaliações de força dinâmica máxima e força resistente.

A força dinâmica máxima apresentou um incremento significativo da avaliação pré-treinamento para a avaliação pós-8 semanas de treinamento ($p < 0,001$) e do momento pós-8 semanas para pós-16 semanas de treinamento ($p = 0,017$) em todos os grupos. Não foi observada diferença para a força resistente.

O tamanho de efeito calculado para a força muscular pode ser observado na tabela 5. A força dinâmica máxima apresentou tamanho de efeito de moderada magnitude para os grupos TA

e TCER e de pequena magnitude para o grupo TCSM. Já a força resistente apresentou tamanho de efeito de moderada magnitude para o grupo TCER e de pequena magnitude para os grupos TA e TCSM.

Tabela 4. Força dinâmica máxima e força resistente de extensão de joelhos pré-treinamento, após 8 semanas de treinamento e após 16 semanas de treinamento.

| Variável | Grupo (n) | Pré-treinamento | Pós-8 semanas | Pós-16 semanas | $\Delta\%$ | Tempo | Grupo | Tempo* Grupo |
|---------------------|-----------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------|--------|-------|-----------------|
| | | Média (IC 95%) | Média (IC 95%) | Média (IC 95%) | | | | |
| 1RM (kg) | TA (19) | 25,53 (22,91 a 28,14) ^a | 27,73 (24,46 a 31,10) ^b | 29,00 (26,43 a 31,57) ^c | 13 | <0,001 | 0,913 | 0,816 |
| | TCER (18) | 25,61 (22,80 a 28,42) ^a | 26,83 (24,01 a 29,66) ^b | 29,00 (26,06 a 31,94) ^c | 13 | | | |
| | TCSM (15) | 26,13 (23,11 a 29,16) ^a | 28,53 (24,86 a 32,20) ^b | 29,64 (25,56 a 33,72) ^c | 13 | | | |
| RML (repetições) | TA (19) | 11,74 (10,42 a 13,04) | 13,29 (12,31 a 14,28) | 12,18 (10,91 a 13,44) | 4 | 0,229 | 0,211 | 0,166 |
| | TCER (18) | 11,00 (9,84 a 12,16) | 12,05 (11,19 a 12,92) | 12,39 (11,17 a 13,61) | 12 | | | |
| | TCSM (15) | 11,60 (10,53 a 12,67) | 10,80 (9,53 a 12,07) | 11,86 (10,61 a 13,11) | 2 | | | |

1RM: uma repetição máxima; RML: resistência muscular localizada. TA: treinamento aeróbio; TCER: treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para equipamento resistido; TCSM: treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para series múltiplas; $\Delta\%$: percentual de mudança do pré-para pós-16 semanas de treinamento; IC: limites inferiores e superiores com intervalo de confiança de 95%. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tempos.

Tabela 5. Tamanho de efeito calculado para a força dinâmica máxima e força resistente.

| Variável | Grupo | Média (IC 95%) |
|---------------------|-------|---------------------|
| 1RM (kg) | TA | 0,59 (-0,06 a 1,24) |
| | TCER | 0,53 (-0,13 a 1,20) |
| | TCSM | 0,46 (-0,27 a 1,18) |
| RML (repetições) | TA | 0,15 (-0,49 a 0,79) |
| | TCER | 0,53 (-0,14 a 1,19) |
| | TCSM | 0,10 (-0,61 a 0,82) |

1RM: uma repetição máxima; RML: resistência muscular localizada. TA: treinamento aeróbio; TCER: treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para equipamento resistido; TCSM: treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para series múltiplas.

DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foram os incrementos semelhantes promovidos pelo treinamento aeróbio e pelos treinamentos combinados na capacidade cardiorrespiratória e na força muscular de mulheres idosas.

No presente estudo, foram observados incrementos de 5 a 11% no $VO_{2\text{pico}}$, corroborando demais pesquisas que observaram melhora do $VO_{2\text{pico}}$ em mulheres idosas após programas de hidroginástica (TAKESHIMA et al., 2002; COSTA et al., 2018; ANDRADE et al., 2020). Costa et al. (2018) verificaram aumentos de 13% após 10 semanas (duas sessões semanais) de treinamento aeróbio, enquanto Takeshima et al. (2002) constataram incrementos de 12% após um treinamento combinado de 12 semanas (três sessões semanais). Embora existam divergências no período de intervenção e na frequência semanal entre os estudos, os percentuais de incrementos são semelhantes, o que pode ser justificado pelos semelhantes métodos de prescrição de treinamento e intensidades empregados. Tanto no presente estudo quanto nos estudos citados, a intensidade foi prescrita pela frequência cardíaca correspondente ao limiar anaeróbio e altas intensidades (próximas e correspondentes ao limiar anaeróbio) foram utilizadas. Além disso, os achados do presente estudo também são semelhantes aos observados por Andrade et al. (2020) que encontraram incrementos de 8 a 9% após treinamento aeróbio contínuo e intervalado de hidroginástica, respectivamente. Embora o estudo mencionado tenha utilizado um método diferente de prescrição de intensidade (esforço percebido), os incrementos semelhantes podem ser explicados pelo fato de ambos os estudos terem proposto progressão da intensidade para intensidades próximas e correspondentes ao limiar anaeróbio.

Em contrapartida, Bocalini et al. (2008) observaram melhoras no $VO_{2\text{pico}}$ superiores aos já registrados na literatura. Após 12 semanas de treinamento combinado de hidroginástica, mulheres idosas apresentaram um incremento de 42% no $VO_{2\text{pico}}$. Uma possível explicação para o maior incremento observado é a menor capacidade cardiorrespiratória apresentada pela amostra desse estudo no momento pré-treinamento ($VO_{2\text{pico}}$ aproximado de $20 \text{ ml.O}_2.\text{kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), o que pode ter conferido a essas mulheres uma maior janela de treinamento em comparação com as participantes dos demais estudos. Ainda, o estudo de Bocalini et al. (2008) apresentou um maior volume total de treinamento aeróbio (12 semanas, 3 sessões semanais, 45 minutos por sessão), o que pode ajudar a explicar os maiores incrementos observados. Além disso, é importante destacar que o treinamento aquático desse estudo possivelmente foi realizado em uma intensidade aeróbia maior que a do treinamento em meio terrestre, visto que a prescrição foi realizada com base na frequência cardíaca máxima estimada e sabe-se que essa variável apresenta uma menor resposta em meio aquático.

No presente estudo, previamente ao treinamento, a aptidão cardiorrespiratória dos três grupos era classificada como regular ($22,89$ a $27,17 \text{ ml.O}_2.\text{kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), enquanto que, após a intervenção, a classificação passou a ser boa ($27,18$ a $30,03 \text{ ml.O}_2.\text{kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) quando considerados os valores de referência para mulheres de 55 a 64 anos (HERDY & CAIXETA, 2016). Se considerada a classificação para mulheres de 65 a 74 anos, a capacidade cardiorrespiratória passou de boa ($23,85$ a $26,35 \text{ ml.O}_2.\text{kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) para excelente ($>26,36 \text{ ml.O}_2.\text{kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) (HERDY & CAIXETA, 2016). O aumento do $VO_{2\text{pico}}$ apresenta grande relevância clínica, visto que uma baixa aptidão cardiorrespiratória é um fator de risco independente para doença cardiovascular (JOHANSEN et al., 2013), principal causa de morte em todo o mundo. Além disso, uma baixa aptidão cardiorrespiratória é um forte preditor de mortalidade cardiovascular e por todas as causas (KODAMA et al., 2009). Em contrapartida, o incremento da capacidade cardiorrespiratória está associado a diminuição de mortalidade: estima-se que o incremento de 1 MET ($3,5 \text{ ml.O}_2.\text{kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) reduza o risco de mortalidade por doença cardiovascular em 13% e por todas as causas em 15% (KODAMA et al., 2009).

No presente estudo, também observamos benefícios na capacidade cardiorrespiratória submáxima, evidenciado pelo incremento do VO_{2LV2} (15 a 22%) e do $\%VO_{2LV2}$ (6 a 9%). A magnitude de melhora observada vai ao encontro de outros estudos da literatura que aplicaram treinamentos de hidroginástica em mulheres idosas. Costa et al. (2018) verificaram incremento

de 16% e Takeshima et al. (2002) de 20% no VO_{2LV2} . O aumento no VO_{2LV2} sugere que para mesma intensidade submáxima, um menor consumo de oxigênio é necessário, o que pode refletir um menor gasto energético (TAKESHIMA et al., 2002). A melhora nos parâmetros cardiorrespiratórios submáximos pode repercutir em uma maior capacidade de realização das atividades da vida diária com maior conforto, uma vez que até o limiar anaeróbio não é necessária grande contribuição anaeróbica para atender à demanda de trabalho.

Ressalta-se que, embora sem diferença significativa, os grupos TA e TCER apresentaram maior percentual de melhora nos parâmetros cardiorrespiratórios em comparação ao grupo TCSM. Os valores do tamanho do efeito também foram mais altos para os grupos TA e TCER. Poderia-se pensar que os menores ganhos observados no grupo TCSM estariam atribuídos à redução no volume de treinamento aeróbio que esse grupo sofreu após a nona semana de intervenção. No entanto, ao observar os valores absolutos, os maiores aumentos ocorreram justamente nesse período. Uma segunda hipótese para os menores ganhos registrados pelo grupo TCSM seria seus valores iniciais mais altos, o que pode ter diminuído a janela de treinamento desse grupo.

Embora o presente estudo tenha demonstrado benefícios dos treinamentos de hidroginástica no VO_{2pico} e no VO_{2LV2} , cabe destacar que as melhoras no parâmetro submáximo foram evidenciadas já após as primeiras 8 semanas, enquanto que, o VO_{2pico} apresentou aumento significativo somente após as 16 semanas de intervenção. Além disso, os incrementos percentuais promovidos no VO_{2LV2} foram superiores aos do VO_{2pico} . Esses achados são suportados pela literatura que afirma que indicadores submáximos de esforço, como o VO_2 associado ao limiar ventilatório, demonstram mais sensibilidade em relação aos efeitos do treinamento em comparação ao $VO_{2máx}$ (BASSET & HOWLEY, 2000).

Em relação aos valores de FC, a FC_{max} não apresentou diferenças significativas após o treinamento. Esse resultado já era esperado, uma vez que as principais alterações nos níveis máximos de exercício ocorrem no volume sistólico e no débito cardíaco (POWERS e HOWLEY, 2015). Nesse sentido, Takeshima et al. (2002) e Costa et al. (2018) também não observaram mudança na FC_{max} . A FC_{rep} não apresentou diferença do momento pré para o pós-treinamento. Acredita-se que os baixos valores de FC_{rep} (70 a 75 bpm) já no pré-treinamento possa explicar esse resultado. Fortalecendo essa hipótese, Takeshima et al. (2002) também observaram que um treinamento de hidroginástica não promoveu adaptações na FC_{rep} em idosas com valores iniciais

de 77 bpm, enquanto uma redução significativa foi observada em mulheres idosas cujos valores iniciais foram de 92 bpm (BOCALINI et al., 2008).

Em relação aos resultados de força muscular, o treinamento aeróbio de hidroginástica se mostrou eficiente em promover ganhos de força máxima de forma similar aos treinamentos combinados tanto a curto quanto a longo prazo. Costa et al. (2018) e Andrade et al. (2020) já haviam demonstrado que o treinamento aeróbio de hidroginástica promoveu ganhos na força máxima de extensão de joelhos em mulheres idosas previamente sedentárias após 10 e 12 semanas de intervenção, respectivamente. Nossos dados corroboram esses estudos e acrescentam novas informações na literatura, demonstrando que o treinamento aeróbio de hidroginástica pode promover ganhos de força em mulheres idosas previamente sedentárias e já treinadas. Aumentos na força muscular após o treinamento aquático, mesmo com objetivos aeróbios, podem ser explicados pela influência da resistência ao avanço. De acordo com a equação dos fluidos ($R = 0,5 CR \cdot \rho \cdot A_p \cdot V^2$; em R é a força de arrasto, CR indica o coeficiente de arrasto, ρ representa a densidade da água, A_p é a área de projeção frontal do corpo/segmento e V indica a velocidade relativa do corpo/segmento em relação à água), podemos observar que a força de arrasto é influenciada principalmente pela velocidade de movimento (ALEXANDER, 1977). No presente estudo, para atingir a alta intensidade do treinamento aeróbio, altas velocidades de movimento foram necessárias, resultando na necessidade de maior produção de força muscular para que a intensidade fosse mantida. Portanto, acredita-se que a alta intensidade do treinamento aeróbio e a progressão da intensidade durante a intervenção tenham sido fundamentais para os ganhos de força observados a curto e a longo prazo no grupo TA.

Além da ausência de diferença entre os efeitos do treinamento aeróbio e combinado na força muscular, também não se observou diferença entre os efeitos dos dois modelos de treinamento combinado. O aumento da força muscular após as primeiras oito semanas de treinamento já era esperado, uma vez que a literatura aponta que o treinamento combinado e de força promove ganhos neuromusculares em idosos previamente sedentários após 10 a 12 semanas de treinamento (TAKESHIMA et al., 2002; KANITZ et al., 2015b; PINTO et al., 2015; COSTA et al., 2018; REICHERT et al., 2018). O presente estudo adiciona novos dados na literatura, pois demonstra que o uso de equipamentos resistidos e o aumento no número de séries são estratégias de progressão que podem ser utilizadas para estimular ganhos de força após as primeiras semanas de treinamento.

Os incrementos da força dinâmica máxima observados após os treinamentos combinados no presente estudo são semelhantes aos registrados na literatura (TAKESHIMA et al., 2012; BENTO et al., 2015). Bento et al. (2015) observaram incremento de 12% e Takeshima et al. (2002) de 8 a 16% na força de extensão de joelhos após um treinamento combinado de hidroginástica. Entretanto, o ganho na força dinâmica de extensão de joelhos após treinamento combinado de hidroginástica registrado por Tsourlou et al. (2006) é superior ao observado no presente estudo (29%). Essa divergência pode ser explicada pelo maior período de intervenção e maior frequência semanal apresentada no estudo citado (24 semanas, 3 sessões por semana, totalizando 72 sessões).

O aumento de força dos extensores de joelho é de suma importância para o público idoso, uma vez que essa musculatura está envolvida em tarefas básicas da vida diária como caminhar, subir degraus, levantar de uma cadeira, etc. Por esse motivo, acredita-se que a melhora da força observada no presente estudo possa refletir em uma melhor capacidade das idosas de realizar suas atividades diárias. Além disso, a força muscular de membros inferiores é inversamente proporcional ao risco de mortalidade por qualquer causa (RUIZ et al., 2008). Dessa forma, o resultado do presente estudo reflete um menor risco de mortalidade para as idosas.

Surpreendentemente, não foi observada melhora da força resistente de extensores de joelhos no presente estudo. Esse achado vai de encontro à literatura, que aponta para incrementos nesse desfecho de 8 a 50% após treinamento aeróbio (ZAFFARI, 2014; ANDRADE et al., 2020), de força (REICHERT et al., 2018) e combinado (ZAFFARI, 2014) na hidroginástica em mulheres idosas.

Possíveis limitações do presente estudo são a ausência de um grupo controle e de avaliações da força muscular de membros superiores. No entanto, destaca-se os pontos fortes do trabalho, como a randomização dos participantes entre os grupos, cegamento dos avaliadores e avaliação das adaptações a curto e a longo prazo, adicionando novos dados na literatura.

CONCLUSÃO

O treinamento aeróbio e os treinamentos combinados de hidroginástica promoveram melhoras semelhantes na capacidade cardiorrespiratória de mulheres idosas a curto e a longo prazo. Ainda, o treinamento aeróbio de hidroginástica promoveu ganhos de força muscular em magnitude semelhante aos treinamentos combinados a curto e a longo prazo. Além disso, o uso

de equipamentos resistidos e o aumento do número de séries são estratégias eficazes para a progressão do treinamento de força no meio aquático.

Uma vez que os três modelos de treinamento promoveram adaptações semelhantes, qualquer um deles pode ser prescrito quando se deseja estimular simultaneamente ganhos cardiorrespiratórios e de força muscular em mulheres idosas. Considerar a preferência do participante pode ser interessante a fim de aumentar a aderência ao treinamento. Para aquelas mulheres que não gostam de se exercitar em velocidade máxima, o treinamento aeróbio pode ser prescrito. Por outro lado, para as mulheres que gostam de realizar o treinamento de força no meio aquático, esse pode ser prescrito tanto com progressão para equipamentos resistidos quanto para séries múltiplas.

REFERÊNCIAS

ALBERTON, C.L.; FINATTO, P.; PINTO, S.S.; ANTUNES, A.H.; CADORE, E.L.; TARTARUGA, M.P.; KRUEL, L.F.M. Vertical ground reaction force responses to different head-out aquatic exercises performed in water and on dry land. *J Sports Sci*, 33: 795-805, 2014.

ALBERTON, C.L.; KANITZ, A.C.; PINTO, S.S.; ANTUNES, A.H.; FINATTO, P.; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F. Determining the anaerobic threshold in water aerobic exercises: a comparison between the heart rate deflection point and the ventilatory method. *J Sports Med, Phys Fitness* 53(4): 358-67, 2013.

ALEXANDER, R. Mechanic and energetics of animal locomotion. In: Alexander R, Goldspink G, eds. *Swimming*. London, UK: Chapman & Hall :222–248, 1997.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE; CHODZKO-ZAJKO, W.J.; PROCTOR, D.N.; FIATARONE, M.A.; MINSON, C.T.; NIGG, C.R.; SALEM, G.J.; SKINNER, J.S. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med. Sci. Sports Exerc*, 41(7): 1510-30, 2009.

ANDRADE, L.S.; PINTO, S.S.; SILVA, M.R.; SCHAUN, G.Z.; PORTELLA, E.G.; NUNES, G.N.; DAVID, G.B.; WILHELM, E.N.; ALBERTON, C.L. Water-based continuous and interval training in older women: Cardiorespiratory and neuromuscular outcomes (WATER study). *Exp Gerontol*, 5;134:110914, 2020.

BASSETT, D.R.; HOWLEY, E.T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(1): 70-84, 2000.

BENTO, P.C.; RODACKI, A.L. Muscle function in aged women in response to a water-based exercises program and progressive resistance training. *Geriatr Gerontol Int*, 15(11): 1193-200, 2015.

BOCALINI, D.S.; SERRA, A.J.; MURAD, N.; LEVY, R.F. Water- versus land-based exercise effects on physical fitness in older women. *Geriatr Gerontol Int*, 8(4): 265–271, 2008.

BRUCE, R.A.; KUSUMI, F.; HOSMER, D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J*, 85: 546–62, 1973.

CHARLIER, R.; KNAEPS, S.; MERTENS, E.; ROIE, E.V.; DELECLUSE, C.; LEFEVRE, J.; THOMIS, M. Age-related decline in muscle mass and muscle function in Flemish Caucasians: a 10-year follow-up. *Age (Dordr)*, 38(2): 36, 2016.

COHEN, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, 2 ed. Laurence Erlbaum Associates, New York, 1988.

CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIOGLIO, P.; DROGHETTI, P.; CODECA, L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol*, 52(4): 869-73, 1982.

COOKE, C.B.; ESTON, R.; REILLY, T. *Metabolic rate and energy balance. Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual*. London: E & FN Spon, 1996.

COSTA, R.R.; KANITZ, A.C.; REICHERT, T.; PRADO, A.K.G.; COCONCELLI, L.; BUTTELLI, A.C.K.; PEREIRA, L.F.; MASIERO, M.P.B.; MEINERZ, A.P.; CONCEIÇÃO, M.O.; SBEGHEN, I.L.; KRUEL, L.F.M. Water-based aerobic training improves strength parameters and cardiorespiratory outcomes in elderly women. *Exp Gerontol*, 15(108): 231-9, 2018.

DELEVATTI, R. S.; ALBERTON, C. L.; KANITZ, A. C. ; MARSON, E. C.; KRUEL, L. F. M. Vertical ground reaction force during land- and water-based exercise performed by patients with type 2 diabetes. *Med Sportiva*, v. XI: 2501-2508, 2015.

EKBLOM-BAK, E.; EKBLOM, B.; SÖDERLING, J.; BÖRJESSON, M.; BLOM, V.; KALLINGS, L.V.; HEMMINGSSON, E.; ANDERSSON, G.; WALLIN, P.; EKBLOM, Ö. Sex- and age-specific associations between cardiorespiratory fitness, CVD morbidity and all-cause mortality in 266.109 adults. *Prev Med*, 127: 105799, 2019.

FLEG, J.L.; MORREL, C.H.; BOS, A.G.; BRANT, L.J.; TALBOT, L.A.; WRIGHT, J.G.; LAKATTA, E.G. Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation*, 112(5): 674–82, 2005.

FRONTERA, W.R.; HUGHES, V.A.; FIELDING, R.A.; FIATARONE, M.A.; EVANS, W.J.; ROUBENOFF, R. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol*, 88(4): 1321-6, 2000.

GOODPASTER, B.H.; PARK, S.W.; HARRIS, T.B.; KRITCHEVSKY, S.B.; NEVITT, M.; SCHWARTZ, A.V.; SIMONSICK, M.; TYLAVSKY, F.A.; VISSER, M.; NEWMAN, A.B. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 61: 1059–64, 2006.

HERDY, A.H.; CAIXETA, A.. Classificação nacional da aptidão cardiorrespiratória pelo consumo máximo de oxigênio. *Arq Bras Cardiol*, 106(5): 389-395, 2016.

HOWLEY, E.T.; BASSET JR.; WELCH, H.G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc*, 27: 1292–1301, 1995.

IMBODEN, M.T.; KAMINSKY, L.A.; PETERMAN, J.E.; HUTZLER, H.L.; WHALEY, M.H.; FLEENOR, B.S.; HARBER, M.P. Cardiorespiratory fitness normalized to fat-free mass and mortality risk. *Med Sci Sports Exerc*, 24, 2020.

KANITZ, A.C.; REICHERT, T.; LIEDTKE, G.V.; PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; ANTUNES, AH ; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F.M. Respostas cardiorrespiratórias máximas e no

limiar anaeróbio da corrida em piscina funda. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum, 17: 41-50, 2015a.

KANITZ, A.C.; DELEVATTI, R.S.; REICHERT, T.; LIEDTKE, G.V.; FERRARI, R.; ALMADA, B.P.; PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; KRUEL, L.F. Effects of two deep water training programs on cardiorespiratory and muscular strength responses in older adults. Exp Gerontol, 64: 55–61, 2015b.

KRUEL, L.F.M. Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água. Tese de doutorado, 2000.

KRUEL, L.F.M.; COSTA, R.R.; KANITZ, A.C.; LIEDTKE, G.V. Treinamento de força no meio aquático: uma revisão sobre os aspectos históricos, fisiológicos e metodológicos. R Bras Ci e Mov, 26(2): 176-185, 2018.

KRUEL, L.F.; BEILKE, D.D.; KANITZ, A.C.; ALBERTON, C.L.; ANTUNES, A.H.; PANTOJA, P.D.; SILVA, E.M.; PINTO, S.S. Cardiorespiratory responses to stationary running in water and on land. J Sci Med Sport, 12: 594-600, 2013.

KODAMA, S.; SAITO, K.; TANAKA, S.; MAKI, M.; YACHI, Y.; ASUMI, M.; SUGAWARA, A.; TOTSUKA, K.; SHIMANO, H.; OHASHI, Y.; YAMADA, N.; SONE, H. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. JAMA, 301(19): 2024–2035, 2009.

LOMBARDI, V.P. Beginning weight training: the safe and effective way. Dubuque, 1989.

PENDERGAST, D.R.; MOON, R.E.; KRASNEY, J.J.; HELD, H.E.; ZAMPARO, P. Human physiology in an aquatic environment. Compr Physiol, 20;5(4):1705-50, 2015.

PETROSKI, E.L. Desenvolvimento e validação de equações generalizadas para a estimativa da densidade corporal em adultos. Tese de Doutorado. Santa Maria: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; BAGATINI, N.C.; ZAFFARI, P.; CADORE, E.L.; RADAELLI, R.; BARONI, B.M.; LANFERDINI, F.J.; FERRARI, R.; KANITZ, A.C.; PINTO,

R.S.; VAZ, M.A.; KRUEL, L.F. Neuromuscular adaptations to water-based concurrent training in postmenopausal women: effects of intrasession exercise sequence. *Age (Dordr)*, 37(1):9751, 2015.

PRADO, A.K.; REICHERT, T.; CONCEIÇÃO, M.O.; DELEVATTI, R.S.; KANITZ, A.C.; KRUEL, L.F. Effects of aquatic exercise on muscle strength in young and elderly adults: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *J Strength Cond Res*, [published online ahead of print, 2016.

POWERS, S.K.; HOWLEY, E.T. *Fisiologia do exercício: Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho*. Editora Manole, 9ª Edição, 2017.

REICHERT, T.; DELEVATTI, R.S.; PRADO, A.K.G.; BAGATINI, N.C.; SIMMER, N.M.; MEINERZ, A.P.; BARROSO, B.M.; COSTA, R.R.; KANITZ, A.C.; KRUEL, L.F.M. Low- and high-volume water-based resistance training induces similar strength and functional capacity improvements in older women: a randomized study. *J Phys. Act. Health*. 1;15(8):592-599, 2018.

REICHERT, T.; DELEVATTI, R.S.; PRADO, A.K.G.; BAGATINI, N.C.; SIMMER, N.M.; MEINERZ, A.P.; BARROSO, B.M.; COSTA, R.R.; KANITZ, A.C.; KRUEL, L.F.M. Effects of three water-based resistance trainings on maximal strength, rapid strength and muscular endurance of sedentary and trained older women. *Arch Med Deporte*, 36(3):138-144, 2019.

RUIZ, J.R.; SUI, X.; LOBELO, F.; MORROW, J.R.; JACKSON, A.W.; SJÖSTRÖM, M.; BLAIR, S.N. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *BMJ*, 1:337:439, 2008.

SIRI, W.E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. *Nutrition* 9(5):480-491, 1993.

TAKESHIMA, N.; ROGERS, M.E.; WATANABE, E.; BRECHUE, W.F.; OKADA, A.; YAMADA, T.; ISLAM, M.M.; HAYANO, J. Water based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. *Med Sci Sports Exerc*, 34(3):544-551, 2002.

TSOURLOU, T.; BENIK, A.; DIPLA, K.; ZAFEIRIDIS, A.; KELLIS, S. The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *J Strength Cond Res*, 20(1): 811-818, 2006.

WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J.; KOYAL, S.N.; BEAVER, W.L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol*, 35, 236–243, 1973.

ZAFFARI, P. Efeitos de um treinamento combinado na hidrogenástica sobre variáveis neuromusculares, cardiorrespiratórias e funcionais de mulheres idosas. Dissertação de mestrado, 2014.

ESTUDO II: EFEITOS A CURTO E A LONGO PRAZO DE TRÊS TREINAMENTOS DE HIDROGINÁSTICA NAS ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES E MORFOLÓGICAS DE MULHERES IDOSAS

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos a curto e a longo prazo de três tipos de treinamento aquático na força máxima e explosiva, na atividade neuromuscular e na espessura muscular de mulheres idosas. Cinquenta e sete participantes foram randomizados em três grupos: 1) treinamento aeróbio (TA); 2) treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamentos resistidos (TCER); 3) treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas (TCSM). Os treinamentos foram realizados durante 16 semanas e as avaliações foram realizadas previamente ao treinamento, após 8 e após 16 semanas de treinamento. A força isométrica máxima, a atividade neuromuscular dos músculos reto femoral e vasto lateral e a força explosiva foram avaliadas durante a contração isométrica máxima de extensão do joelho. A espessura muscular (EM) dos do quadríceps femoral foi avaliada por ultrassom. A força isométrica máxima, a atividade neuromuscular e a força explosiva apresentaram incremento significativo do pré- para pós-16 semanas de treinamento em todos os grupos, sem diferença entre eles. A EM dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto intermédio não apresentou diferença significativa ao longo do tempo. No entanto, observou-se uma redução da EM do vasto medial e do quadríceps femoral do pré- para pós-16 semanas de treinamento no grupo TA. Conclui-se que o treinamento aeróbio de hidrogenástica promoveu melhoras na força isométrica máxima, na atividade neuromuscular e na força explosiva em magnitude semelhante ao treinamento combinado. No entanto, o treinamento aeróbio aquático resultou em um efeito indesejado de redução da EM, enquanto os treinamentos combinados apresentaram uma manutenção da EM.

INTRODUÇÃO

O envelhecimento está associado a uma redução na força máxima e, principalmente, na força explosiva (FRONTERA et al., 1991; FRONTERA et al., 2000; JANSSEN et al., 2000; GOODPASTER et al., 2006; CHARLIER et al., 2016). Estudos sugerem que a capacidade reduzida de produzir força é provocada por fatores neurais e musculares. Dentre os fatores

neurais, destaca-se a redução da excitabilidade cortical (KIDO et al., 2004; KLASS et al., 2007; CLARK et al., 2010), a apoptose de neurônios espinais (DOHERTY et al., 1993; AAGAARD et al., 2010; KAYA et al., 2013) e a redução do número e do diâmetro de axônios mielinizados, causando uma queda na taxa de disparo de unidades motoras (CONNELLY et al., 1999; AAGAARD et al., 2010). Dentre os fatores morfológicos, ressalta-se a diminuição da rigidez tendínea (KARAMANIDIS et al., 2006), a infiltração de lipídios inter e intramusculares (GOODPASTER et al., 2001) e a redução da massa muscular (FRONTERA et al., 2000; GOODPASTER, et al., 2006; CHARLIER et al., 2016). A diminuição da força muscular em idosos é preocupante, uma vez que uma força reduzida está associada a uma menor capacidade funcional (RANTANEN et al., 2001; HAIRI et al., 2010; MANINI & CLARK, 2012), maior risco de quedas (BENTO et al., 2010; MAFFIULETTI et al., 2016) e maior risco de mortalidade (LAUKKANEN et al., 1995; NEWMAN et al., 2006; RUIZ et al., 2008; ARTERO et al., 2011; VOLAKLIS et al., 2015; KIM et al., 2018).

O exercício físico, principalmente o treinamento combinado abrangendo exercícios aeróbios e de força, é indicado aos idosos a fim de minimizar os efeitos deletérios do envelhecimento (ACSM, 2009). Dentre as modalidades que podem ser propostas para esse fim, a hidroginástica atrai a atenção do público idoso, principalmente das mulheres. Diversos estudos já demonstraram que o treinamento combinado de hidroginástica promove melhorias na força máxima (TAKESHIMA et al., 2002; TSOURLOU et al., 2006; GRAEF et al., 2010; BENTO et al., 2012; BENTO et al., 2015; COSTA et al., 2018) em idosos. No entanto, poucos estudos investigaram os efeitos do treinamento combinado na força explosiva, uma manifestação de força muscular que está mais associada à capacidade funcional do que a força máxima (MAFFIULETTI et al., 2010; MAFFIULETTI et al., 2016) e os resultados encontrados são controversos (BENTO et al., 2012; BENTO et al., 2015). Além disso, não foram encontrados estudos que investigassem os efeitos do treinamento combinado nas adaptações neuromusculares e morfológicas em amostra exclusivamente composta por idosos.

Interessantemente, Costa et al. (2018) demonstraram que o treinamento aeróbio de hidroginástica promoveu ganhos na força máxima em mulheres idosas em magnitude semelhante ao treinamento de força na hidroginástica. No entanto, esses ganhos foram observados após 10 semanas de treinamento em mulheres previamente sedentárias, portanto, não é sabido se o treinamento aeróbio é capaz de promover ganhos de força máxima isométrica similares ao

treinamento de força em maiores períodos de treinamento. Ainda, nenhum estudo foi encontrado investigando os efeitos do treinamento aeróbio de hidroginástica na força explosiva. Em um estudo recente, 12 semanas de treinamento aeróbio de hidroginástica também promoveram melhoras neuromusculares e morfológicas em mulheres idosas previamente sedentárias (ANDRADE et al., 2020). Apesar dos resultados promissores do treinamento aeróbio de hidroginástica, faltam estudos que comparem essas adaptações com as promovidas pelo treinamento combinado, a fim de identificar se as magnitudes de melhora são semelhantes. Além disso, faltam estudos que acompanhem as adaptações na força muscular e nos parâmetros neuromusculares e morfológicos por um maior período de intervenção (>12 semanas). Investigar adaptações a longo prazo é importante, pois esse é o cenário encontrado em clubes e academias.

A progressão do treinamento é uma questão extremamente importante no planejamento do treinamento, especialmente em maiores períodos de intervenção. A progressão do treinamento aeróbio de hidroginástica é semelhante à progressão do treinamento aeróbio realizado em meio terrestre e geralmente é realizada pelo aumento da intensidade e/ou do volume do treinamento (COSTA et al., 2018; PINTO et al., 2015). Atualmente, a progressão do treinamento de força na hidroginástica é realizada a partir do aumento do número de séries por exercício (KRUEL et al., 2018). No entanto, essa estratégia acarreta em um aumento no tempo da sessão e, atualmente, a literatura aponta para uma tendência em identificar intervenções tempo-eficientes (EL HAJJ BOUTROS et al., 2019), visto que uma das principais barreiras à adesão ao exercício é a falta de tempo. Em vista disso, uma possível estratégia para a progressão do treinamento de força na hidroginástica seria a utilização de equipamentos resistidos. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos a curto e a longo prazo de três treinamentos de hidroginástica (treinamento aeróbio, treinamento combinado cujo treinamento de força progride para o uso de equipamentos resistidos e treinamento de força cujo treinamento de força progride para séries) sobre a força máxima e explosiva, atividade neuromuscular e espessura muscular de mulheres idosas.

MÉTODOS

Participantes

A amostra do presente estudo foi constituída por 60 mulheres com idades entre 60 e 75 anos. Para serem incluídas no estudo, as mulheres não deveriam praticar exercício regular e

estruturado há pelo menos três meses, não deveriam ter problemas osteoarticulares que limitassem o exercício ou as avaliações e não poderiam ser fumantes ou apresentar qualquer tipo de trauma relacionado ao ambiente aquático. Todas as participantes deveriam apresentar autorização médica para a prática de exercício. Após o treinamento, foram excluídos os dados dos participantes que não obtiveram pelo menos 80% de participação em sessões de treinamento.

Os participantes foram informados dos riscos e benefícios do estudo antes de qualquer coleta de dados e, em seguida, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi realizado de acordo com a Declaração de Helsinque e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CEP/UFRGS) (2.672.567).

Os participantes foram randomizados em três grupos (taxa de alocação 1: 1: 1), utilizando uma lista aleatória gerada por computador. Os seguintes grupos foram compostos: treinamento aeróbio (TA), treinamento combinado cujo treinamento de força progride para o uso de equipamentos resistidos (TCER) e treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas (TCSM). Esse procedimento foi realizado por um pesquisador cegado. Os processos de randomização e alocação foram realizados após a conclusão da avaliação pré-treinamento.

Treinamentos

Os treinamentos tiveram a duração de 16 semanas, com frequência semanal de duas sessões. Cada sessão de treinamento consistiu em aquecimento (aquecimento das articulações e deslocamento pela piscina por 5 minutos), parte principal (exercícios específicos para cada grupo de treinamento) e volta à calma (alongamento por 5 minutos). O grupo TA também realizou um relaxamento de 5 minutos a fim de igualar o tempo total da sessão de 45 minutos para os três grupos. Previamente ao treinamento, os participantes foram familiarizados com exercícios de hidroginástica em quatro sessões.

O mesmo instrutor e monitor, ambos experientes na prática de hidroginástica, acompanharam todas as sessões de treinamento dos três grupos. Durante o período de treinamento, a temperatura da água foi mantida em 31° C e a profundidade de imersão foi fixada entre o processo xifoide e os ombros.

Treinamento aeróbio

O treinamento aeróbio foi composto pelos exercícios de corrida estacionária, deslize frontal e chute frontal com diferentes combinações de exercícios para os membros superiores. O treinamento intervalado foi utilizado até a 12ª semana. Para isso, foram realizados seis blocos de cinco minutos cada. Em cada bloco, quatro minutos foram destinados ao estímulo do treinamento em alta intensidade e, no minuto seguinte, os participantes realizaram a recuperação em menor intensidade. Durante as semanas 13 a 16, o treinamento contínuo foi implementado. A intensidade do treinamento aeróbio foi prescrita a partir da frequência cardíaca no limiar anaeróbio (FC_{LAN}) obtida no teste progressivo no meio aquático. O quadro 1 apresenta a periodização do treinamento aeróbio. Durante as sessões de treinamento, cada participante utilizou um monitor de frequência cardíaca (Polar, modelo FT1™, Xangai, China) para controlar a intensidade do treinamento.

Quadro 1. Periodização do treinamento aeróbio.

| Semana | Blo-cos | Exercício de membro inferior | Exercício de membro superior | Tempo | Intensidade | Volume |
|--------|---------|---|--|---|--|--------|
| 1-4 | 6 | Corrida estacionária Corrida estacionária Chute frontal Chute frontal Deslize frontal | Empurra frente Flex/Ext. Cot. Empurra frente Flex/ext. Cot. ombros abd. Empurra frente | 1 min 1 min 1 min 1 min 1 min | 4 min a 90-95% FC_{LAN} + 1 min <85% FC_{LAN} | 30 min |
| 5-8 | 6 | Corrida estacionária Corrida estacionária Chute frontal Chute frontal Deslize frontal | Empurra frente Flex/Ext. Cot. Empurra frente Flex/ext. Cot. ombros abd. Empurra frente | 1 min 1 min 1 min 1 min 1 min | 4 min a 95-100% FC_{LAN} + 1 min <85% FC_{LAN} | 30 min |
| 9-12 | 6 | Corrida estacionária Corrida estacionária Chute frontal Chute frontal Deslize frontal | Empurra frente Flex/Ext. Cot. Empurra frente Flex/ext. Cot. ombros abd. Empurra frente | 1 min 1 min 1 min 1 min 1 min | 4 min a 100% FC_{LAN} + 1 min <85% FC_{LAN} | 30 min |
| 13-16 | 6 | Corrida estacionária Corrida estacionária Chute frontal Chute frontal Deslize frontal | Empurra frente Flex/Ext. Cot. Empurra frente Flex/ext. Cot. ombros abd. Empurra frente | 1 min 1 min 1 min 1 min 1 min | 100% FC_{LAN} | 30 min |

Flex/ext: flexão e extensão; Cot: cotovelos; Flex/ext. Cot. ombros abd.: flexão e extensão de cotovelos com ombros abduzidos a 90°; min: minuto; FC_{LAN} : frequência cardíaca correspondente ao limiar anaeróbio.

Treinamentos combinados

Os dois grupos de treinamento combinado realizaram o treinamento de força seguido do treinamento aeróbico.

O treinamento de força foi realizado em dois blocos de exercícios. O bloco um foi composto pelos exercícios flexão/extensão de cotovelos (realizado bilateralmente) e flexão/extensão do joelho (realizado unilateralmente). O bloco dois foi composto pelos exercícios flexão/extensão de cotovelos com ombros abduzidos a 90° (realizado bilateralmente) e flexão/extensão do quadril (realizado unilateralmente). A partir da nona semana de treinamento, foram realizados apenas os exercícios dos membros inferiores de cada bloco, a fim de priorizar o treinamento dessa musculatura. Foi respeitado um intervalo passivo de dois minutos entre os blocos. Durante toda a intervenção, os exercícios de força foram realizados na intensidade correspondente ao índice de esforço percebido 19 (extremamente intenso) na Escala de Percepção de Esforço de Borg (6-20).

O treinamento combinado foi o mesmo para os dois grupos durante as primeiras 8 semanas de intervenção. No entanto, a partir da nona semana de treinamento, o grupo TCER realizou os exercícios de força utilizando equipamento resistido, enquanto o grupo TCSM realizou os exercícios de força em séries múltiplas.

Treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamentos resistidos

Durante as primeiras oito semanas de treinamento, cada exercício foi realizado por 30 segundos. A partir da nona semana de intervenção, os exercícios foram realizados com equipamentos resistidos (*hydro resistant leg trainers*, Speedo, United States) por 20 segundos. A periodização do treinamento de força realizado pelo grupo TCER pode ser visualizada no quadro 2. O treinamento aeróbico desse grupo foi o mesmo realizado pelo grupo TA e cada participante utilizou um monitor de frequência cardíaca (Polar, modelo FT1™, Shanghai, China) para controlar a intensidade do treinamento.

Quadro 2. Periodização do treinamento de força do grupo treinamento combinado com progressão para equipamento resistido.

| Semana | Séries | Bloco de exercícios | Duração | Intensidade | Intervalo entre blocos | Equipamentos resistidos | Volume total |
|--------|--------|---|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|--------------|
| 1-8 | 1 | Bloco 1: Flex/ext cotovelos Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 30 s 30 s 30 s | IEP 19 de Borg (6-20) | 2 min (passivo) | - | 5 min |
| | 1 | Bloco 2: Flex/ext cot. omb. abd. Flex/ext quadril D Flex/ext quadril E | 30 s 30 s 30 s | | | | |
| 9-16 | 1 | Bloco 1: Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 20 s 20 s | IEP 19 de Borg (6-20) | 2 min (passivo) | Em membros inferiores | 4 min |
| | 1 | Bloco 2: Flex/ext quadril D Flex/ext quadril E | 20 s 20 s | | | | |

Flex/ext: flexão/extensão; Cot: cotovelos; D: direito; E: esquerdo; cot. omb. abd: de cotovelos com ombros abduzidos a 90°; s: segundos; min: minutos; IEP: índice de esforço percebido

Treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas

Durante as primeiras oito semanas de treinamento, cada exercício foi realizado por 30 segundos. A partir da nona semana de treinamento, os exercícios foram realizados em três séries de 20 segundos. Um intervalo passivo de um minuto e 40 segundos foi respeitado entre as séries. A periodização do treinamento de força realizado pelo grupo TCSM é apresentada no quadro 3. O treinamento aeróbico desse grupo foi o mesmo realizado pelo grupo TA. No entanto, devido ao aumento do volume total do treinamento de força a partir da nona semana, o treinamento aeróbico desse grupo foi reduzido para 20 minutos nesse período. Durante as sessões de treinamento, cada participante utilizou um monitor de frequência cardíaca (Polar, modelo FT1™, Xangai, China) para controlar a intensidade do treinamento.

Quadro 3. Periodização do treinamento de força do grupo treinamento combinado com progressão para séries múltiplas.

| Semana | Séries | Bloco de exercícios | Duração | Intensidade | Intervalo entre séries | Intervalo entre blocos | Volume total |
|--------|--------|---|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------|
| 1-8 | 1 | Bloco 1: Flex/ext cotovelos Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 30 s 30 s 30 s | IEP 19 de Borg (6-20) | - | 2 min (passivo) | 5 min |
| | 1 | Bloco 2: Flex/ext cot. omb. abd. Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 30 s 30 s 30 s | | | | |
| 9-16 | 3 | Bloco 1: Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 20 s 20 s | IEP 19 de Borg (6-20) | 1 min 40s (passivo) | 2 min (passivo) | 12 min 40 s |
| | 3 | Bloco 2: Flex/ext quadril D Flex/ext quadril E | 20 s 20 s | | | | |

Flex/ext: flexão/extensão; Cot: cotovelos; D: direito; E: esquerdo cot. omb. abd: de cotovelos com ombros abduzidos a 90°; s: segundos; min: minutos; IEP: índice de esforço percebido.

Procedimentos

As avaliações foram divididas em três visitas com intervalo mínimo de 48 horas entre elas: 1) contração voluntária isométrica máxima (CVIM); 2) espessura muscular (EM); 3) teste progressivo em meio aquático. Cada teste foi supervisionado pelo mesmo pesquisador, o qual foi cegado para o grupo ao qual o participante pertencia. A familiarização com os testes foi realizada previamente em duas sessões.

Caracterização da amostra

Medidas de composição corporal foram realizadas para fim de caracterização da amostra. As medidas de massa corporal e estatura foram realizadas em uma balança Asimed (resolução de 100g) e em um estadiômetro Asimed (resolução de 1mm), respectivamente.

Força e atividade neuromuscular

A força isométrica máxima, a atividade neuromuscular e a taxa de produção de força (TPF) foram avaliadas durante a extensão de joelho. A força isométrica máxima foi utilizada como medida da força máxima e a TPF foi considerada para força explosiva. O teste foi realizado com a perna direita de cada participante. Para o teste, o participante foi posicionado em

uma cadeira extensora (Aparatto) com 90° de flexão do quadril e 60° de flexão do joelho. Os ângulos foram medidos usando um goniômetro.

As voluntárias foram instruídas a exercer a força máxima o mais rápido possível. Os pesquisadores forneceram incentivo verbal para que os participantes se sentissem motivados a produzir sua força máxima. Foram realizadas três tentativas, cada uma com duração de 5 segundos, com 2 minutos de intervalo entre elas. Para a avaliação da força, foi utilizada uma célula de carga conectada a um conversor analógico digital (A / D) Miotool (marca MIOTEC, Porto Alegre, Brasil). A contração com o maior valor de força estável foi utilizada para análise. Juntamente com a aquisição da força isométrica máxima, a atividade neuromuscular dos músculos reto femoral (RF) e vasto lateral (VL) foi obtida através do sinal eletromiográfico (EMG). Para isso, eletrodos foram posicionados em uma configuração bipolar (distância entre os eletrodos de 20 mm) em paralelo com a orientação das fibras musculares, de acordo com as recomendações do projeto SENIAM (www.seniam.org). Foi realizada tricotomia e abrasão da pele do local de interesse a fim de manter a impedância abaixo de 3 k Ω . O eletrodo de referência foi fixado na crista anterior da tíbia. O sinal EMG bruto foi adquirido simultaneamente com a CVIM utilizando um sistema de 4 canais (Miotool400, MIOTEC, Porto Alegre, Brasil) com taxa de amostragem de 2000 Hz por canal. Para a análise, foi utilizado o sinal eletromiográfico correspondente à curva de força selecionada. Para facilitar o reposicionamento dos eletrodos no pós-treinamento, foram realizados mapas com lâminas transparentes, nos quais foi desenhado o posicionamento dos eletrodos relacionados a pontos e sinais anatômicos na pele (NARICI et al., 1989).

Os arquivos de força e os sinais EMG de cada participante foram exportados do sistema de aquisição Miograph para o *software* Labview (versão 18.0). Nesse programa, o sinal de força foi filtrado utilizando filtro passa-baixa Butterworth de 5ª ordem com frequência de corte de 9 Hz. Após, foi realizado um recorte de um segundo na maior força estável no platô da curva de força. A partir desse recorte, o valor médio da força foi visualizado, em quilogramas, e definido como força isométrica máxima. Para a análise da atividade neuromuscular, o sinal EMG foi filtrado usando o filtro passa-banda Butterworth de 5ª ordem, com frequência de corte entre 20 e 500 Hz. Após, o sinal EMG foi recortado exatamente em 1 segundo do maior valor de força estável (1 segundo) e o valor RMS foi calculado.

A análise isométrica força-tempo na escala absoluta incluiu a TPF máxima, definida como o maior aumento na força (o maior aumento de força em intervalos fixos de 20 milissegundos) e a TPF em 50, 100 e 250 ms, definidos como o maior aumento na força no primeiro período de 50, 100 e 250 ms, respectivamente. As variáveis de TPF foram calculadas a partir do início da força, considerado o ponto em que a força excedeu 2,5 vezes o desvio padrão da média do sinal da força em repouso e foram determinadas pelo *software* MATLAB.

Economia neuromuscular

A economia neuromuscular dos músculos RF e VL foi avaliada durante a extensão de joelho. A participante realizou uma contração isométrica sustentada por 10 segundos a 50% do valor da contração isométrica máxima. Foi exigido que durante essa contração, a participante mantivesse uma estabilização da força durante cinco segundos, para que um segundo estável fosse utilizado para posterior análise. Nas avaliações pós-treinamento, foi utilizado o mesmo valor absoluto de força do pré-treinamento.

Os sinais EMG de cada participante foram exportados do sistema de aquisição Miograph para o *software* Labview (versão 18.0). Nesse *software* foi realizada a remoção dos componentes contínuos do sinal EMG e em seguida foi realizada a filtragem digital do sinal EMG, através do filtro passa-banda Butterworth, de 5ª ordem com frequência de corte entre 20 e 500Hz, e remove picos automáticos, quando necessário. Para a análise da economia neuromuscular, o sinal foi recortado em um segundo na força estável para obtenção do valor RMS.

Espessura muscular

A EM do quadríceps femoral foi avaliada utilizando-se um ultrassom Bmode (LOGIC P6, GE Healthcare, Waukesha, Washington, USA). Um transdutor linear (50 mm, 15MHz – GE Healthcare, Waukesha, Washington, USA) foi colocado sobre o músculo avaliado de modo perpendicular e, para aquisição da imagem, foi utilizado um gel à base de água que promove um aumento do contato acústico sem a necessidade de causar pressão sobre a pele. Avaliou-se a EM do músculo VL (metade da distância entre o trocânter maior do fêmur e o epicôndilo lateral do fêmur) (MIYATANI et al., 2002), do vasto medial (VM; 1/3 da distância entre trocânter maior e epicôndilo lateral do fêmur) (KORHONEN et al., 2009) e do vasto intermediário (VI) e RF (2/3 da distância entre o trocânter maior do fêmur e o epicôndilo lateral do fêmur e 3 cm lateral da linha média do membro) (CHILIBECK et al., 2004). As imagens foram digitalizadas e posteriormente analisadas no software ImageJ (National Institutes of Health, EUA, versão 1.37).

As interfaces subcutâneas tecido adiposo-músculo e as interfaces músculo-osso foram identificadas a partir da imagem ultrassônica, e a distância da interface tecido adiposo-músculo à interface músculo-osso foi definida como EM (ABE et al., 2000). Para garantir o mesmo posicionamento da sonda nas avaliações pós-treinamento, foi realizado um mapeamento em uma lâmina transparente registrando-se o posicionamento da sonda em relação a marcas e sinais da pele da coxa da participante (NARICI et al., 1989). As participantes foram avaliadas em decúbito dorsal, após 15 minutos de repouso na posição deitada e após 72 horas sem atividade física vigorosa.

Teste progressivo em meio aquático

Um teste progressivo em meio aquático foi realizado para determinar a frequência cardíaca (FC) correspondente ao limiar anaeróbio, dado que foi utilizado para realizar a prescrição da intensidade do treinamento aeróbio. O teste foi realizado com o exercício de corrida estacionária e o protocolo consistiu em uma cadência inicial de 85 b.min⁻¹ por 3 minutos, com incremento de 15 b.min⁻¹ na cadência a cada 2 minutos até que o esforço máximo fosse alcançado (ALBERTON et al., 2013). Durante o teste, a FC foi medida a cada 10 segundos (Monitor Polar, modelo FT1™, Xangai, China), e o limiar anaeróbio foi determinado a partir do ponto de deflexão da FC, observado pela plotagem da FC pela intensidade em um gráfico (CONCONI et al., 1982). Este teste foi realizado previamente ao treinamento e repetido após 8 semanas de treinamento para reajuste da intensidade do treinamento.

Análise Estatística

Os dados são apresentados em média e limites inferiores e superiores com intervalo de confiança de 95%. Os testes Kolmogorov-Smirnov e Levene foram utilizados para analisar a normalidade e homogeneidade dos dados, respectivamente. A ANOVA One-way foi utilizada para comparar os dados de caracterização da amostra entre os três grupos. As Equações de Estimativa Generalizada (GEE) com post hoc de Bonferroni foram utilizadas para comparar a força, a atividade neuromuscular e a espessura muscular entre os grupos e entre os diferentes momentos. Para todas as análises, o nível de significância foi estabelecido em $\alpha = 0,05$ e foi utilizado o software estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, versão 20, IBM, EUA).

O tamanho de efeito intragrupo foi calculado utilizando o método d de Cohen (1988) a partir dos valores pré-treinamento e pós-16 semanas de treinamento de cada grupo. O tamanho

de efeito foi classificado como pequeno (entre 0,2 e 0,5), moderado (entre 0,5 e 0,8) ou grande (0,8 ou mais) (Cohen, 1988).

RESULTADOS

Fluxograma dos participantes e caracterização da amostra

Sessenta mulheres idosas apresentaram os critérios de elegibilidade e foram incluídas no presente estudo. Durante as avaliações pré-treinamento, três participantes abandonaram o estudo, dessa forma, 57 mulheres foram randomizadas entre os três grupos de treinamento, resultando na alocação de 19 participantes por grupo. Cinco participantes se retiraram do estudo durante o período de intervenção (uma do TCER e quatro do TCSM), representando uma taxa de abandono de 9%. Assim, 52 participantes permaneceram no estudo e completaram todas as avaliações (Figura 1).

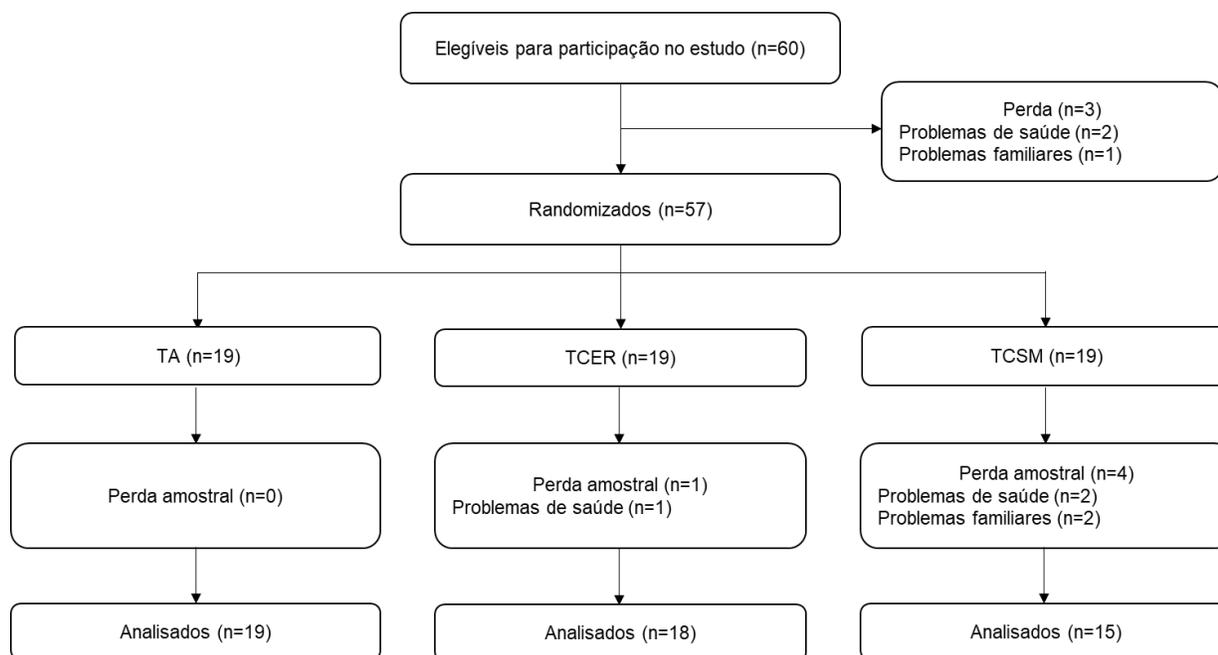


Figura 1. Fluxograma de participantes.

As variáveis de caracterização da amostra não apresentaram diferença entre os grupos (tabela 1).

Tabela 1. Valores de idade, estatura, massa corporal, índice de massa corporal e percentual de gordura do grupo treinamento aeróbico (TA), grupo treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para equipamento resistido (TCER) e grupo treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para series múltiplas (TCSM).

| | TA (n=19) | TCER (n=18) | TCSM (n=15) | |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| | Mean (IC 95%) | Mean (IC 95%) | Mean (IC 95%) | p |
| Idade (anos) | 66,94 (64,88 a 69,01) | 65,00 (63,11 a 66,88) | 65,53 (63,87 a 67,19) | 0,280 |
| Estatura (m) | 1,60 (1,57 a 1,63) | 1,57 (1,54 a 1,60) | 1,62 (1,58 a 1,66) | 0,131 |
| Massa corporal (kg) | 72,53 (65,97 a 79,10) | 73,22 (67,34 a 79,09) | 78,82 (71,44 a 86,19) | 0,322 |
| IMC (kg.m ⁻²) | 28,35 (25,61 a 31,10) | 29,34 (27,30 a 31,3) | 29,94 (26,80 a 33,08) | 0,667 |

IMC: índice de massa corporal.

Efeitos de treinamento

Os resultados de força isométrica máxima, atividade neuromuscular e TPF podem ser observados na tabela 2. A força isométrica máxima da extensão do joelho apresentou um incremento do pré- para pós-16 semanas de treinamento ($p = 0,002$) em todos os grupos, sem diferença entre eles. A avaliação realizada após 8 semanas não diferiu da avaliação pré-treinamento nem da avaliação pós-16 semanas.

A atividade neuromuscular do RF e do VL apresentou um aumento em todos os grupos, do pré- para pós-16 semanas de treinamento (FR: $p = 0,028$; VL: $p = 0,005$). A avaliação realizada após 8 semanas não diferiu do pré-treinamento nem da avaliação pós-16 semanas de treinamento.

A TPF em 50 ms apresentou uma diferença significativa no fator tempo da GEE, no entanto, o teste complementar de Bonferroni não foi capaz de detectar quando essa diferença ocorreu (pré-treinamento x pós-8 semanas: $p = 0,126$; pré-treinamento x pós-16 semanas: $p = 0,070$; pós-8 semanas x pós-16 semanas: $p = 1,000$). Um incremento significativo na TPF a 100 ms foi observado do pré- para pós-16 semanas ($p = 0,017$) em todos os grupos. A avaliação pós-8 semanas não diferiu dos demais momentos de avaliação. Além disso, o fator grupo apresentou diferença significativa, de modo que o TA apresentou valores superiores ao grupo TCER ($p = 0,031$). Não se verificou diferença na TPF a 250 ms. A TPF máxima apresentou diferença no fator grupo, de modo que o TA apresentou valores superiores aos do grupo TCER ($p = 0,030$).

A economia neuromuscular do RF não apresentou diferença significativa. Por outro lado, a economia neuromuscular do VL apresentou interação tempo*grupo significativa, demonstrando que somente o grupo TCSM apresentou uma melhora significativa do momento pré-treinamento para o pós-8 semanas ($p=0,034$) e do pré- para o pós-16 ($p=0,005$), sem diferença entre os dois últimos momentos ($p=0,092$).

O tamanho de efeito calculado para as variáveis supracitadas pode ser observado na tabela 3. Foi verificado um tamanho de efeito de pequena magnitude em todos os grupos para as variáveis de força isométrica, EMG RF e EMG VL. A TPF em 50ms apresentou efeito de pequena magnitude para os grupos TA e TCER, enquanto que para o grupo TCSM a magnitude de efeito foi moderada. Um tamanho de efeito moderado foi observado para a TPF em 100 ms para todos os grupos. A TPF em 250 ms e a TPF máxima apresentaram tamanho de efeito de pequena magnitude em todos os grupos. Verificou-se efeito de pequena magnitude para a economia neuromuscular do RF em todos os grupos, já para a economia neuromuscular do VL o tamanho de efeito foi de pequena magnitude para os grupos TA e TCER, enquanto que para o grupo TCSM, de grande magnitude.

Tabela 2. Resultados das variáveis neuromusculares.

| Variável | Grupo (n) | Pré-treinamento | Pós-8 semanas | Pós-16 semanas | Δ% | Tempo | Grupo | Tempo* Grupo |
|---------------------------------------|-----------|---|--|--|----|-------|-------|-----------------|
| | | Média (IC 95%) | Média (IC 95%) | Média (IC 95%) | | | | |
| CIVM (kg) | TA (19) | 19,18 (15,41 a 22,96) ^a | 19,08 (14,67 a 23,49) ^{ab} | 21,78 (17,17 a 26,39) ^b | 13 | 0,003 | 0,185 | 0,166 |
| | TCER (18) | 14,53 (11,18 a 17,88) ^a | 18,31 (15,16 a 21,46) ^{ab} | 17,31 (14,72 a 19,91) ^b | 19 | | | |
| | TCSM (15) | 18,26 (14,01 a 22,50) ^a | 20,63 (17,65 a 23,61) ^{ab} | 22,14 (17,97 a 26,31) ^b | 21 | | | |
| EMG RF (μV) | TA (19) | 119,98 (79,17 a 160,79) ^a | 126,85 (97,32 a 156,38) ^{ab} | 125,75 (94,19 a 157,32) ^b | 5 | 0,031 | 0,330 | 0,177 |
| | TCER (18) | 69,78 (42,15 a 97,42) ^a | 106,27 (59,45 a 153,08) ^{ab} | 101,20 (63,04 a 139,36) ^b | 45 | | | |
| | TCSM (15) | 89,14 (65,05 a 113,22) ^a | 92,06 (77,86 a 106,27) ^{ab} | 115,88 (83,11 a 148,66) ^b | 30 | | | |
| EMG VL (μV) | TA (19) | 164,65 (81,22 a 248,08) ^a | 186,06 (117,89 a 254,23) ^{ab} | 223,62 (143,29 a 303,96) ^b | 36 | 0,006 | 0,187 | 0,376 |
| | TCER (18) | 117,81 (92,58 a 143,03) ^a | 139,17 (109,81 a 168,53) ^{ab} | 131,51 (100,71 a 162,30) ^b | 12 | | | |
| | TCSM (15) | 129,46 (89,61 a 169,32) ^a | 161,76 (127,56 a 195,97) ^{ab} | 164,52 (119,82 a 209,23) ^b | 27 | | | |
| TPF 50ms (N.s ⁻¹) | TA (19) | 321,20 (151,45 a 490,95) | 542,26 (279,04 a 805,49) | 527,17 (247,47 a 806,86) | 64 | 0,031 | 0,055 | 0,405 |
| | TCER (18) | 214,61 (112,79 a 316,42) | 217,28 (134,94 a 299,61) | 324,72 (199,20 a 450,25) | 51 | | | |
| | TCSM (15) | 198,57 (83,00 a 314,14) | 289,17 (193,88 a 384,46) | 375,76 (227,37 a 524,16) | 89 | | | |
| TPF 100ms (N.s ⁻¹) | TA (19) | 461,15 (248,30 a 674,00) ^{Aa} | 670,92 (379,91 a 961,92) ^{Aab} | 775,47 (482,03 a 1068,91) ^{Ab} | 68 | 0,016 | 0,036 | 0,954 |
| | TCER (18) | 280,83 (149,99 a 411,68) ^{Ba} | 367,47 (214,83 a 520,10) ^{Bab} | 440,10 (294,67 a 585,54) ^{Bb} | 57 | | | |
| | TCSM (15) | 293,29 (130,82 a 455,77) ^{ABa} | 411,28 (288,35 a 534,21) ^{ABab} | 512,20 (310,87 a 713,53) ^{ABb} | 74 | | | |
| TPF 250ms (N.s ⁻¹) | TA (19) | 560,69 (389,02 a 732,37) | 541,50 (373,41 a 709,59) | 511,41 (365,01 a 657,80) | -8 | 0,709 | 0,173 | 0,650 |
| | TCER (18) | 331,36 (236,26 a 426,45) | 444,18 (320,58 a 567,77) | 397,87 (270,13 a 525,60) | 20 | | | |
| | TCSM (15) | 477,60 (321,74 a 633,45) | 475,93 (396,40 a 555,46) | 464,74 (319,88 a 609,59) | -2 | | | |
| TPF máxima (N.s ⁻¹) | TA (19) | 1436,81 (960,01 a 1913,61) ^A | 1424,00 (918,98 a 1929,02) ^A | 1451,83 (1000,34 a 1903,32) ^A | 1 | 0,391 | 0,028 | 0,139 |
| | TCER (18) | 638,71 (425,81 a 851,61) ^B | 1049,97 (557,01 a 1542,94) ^B | 898,76 (633,75 a 1163,77) ^B | 40 | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|-----------|--|--|---|-----|-------|-------|-------|
| | TCSM (15) | 1320,83 (682,77 a 1958,88) ^{AB} | 1370,99 (941,77 a 1800,20) ^{AB} | 909,63 (594,06 a 1225,20) ^{AB} | -31 | | | |
| Economia | TA (19) | 84,08 (44,75 a 123,41) | 78,89 (65,84 a 91,95) | 80,46 (64,22 a 96,71) | -4 | | | |
| RF (%) | TCER (18) | 72,57 (57,19 a 87,95) | 58,20 (48,23 a 68,18) | 65,04 (54,84 a 75,25) | -10 | 0,472 | 0,114 | 0,961 |
| | TCSM (15) | 82,12 (67,19 a 97,05) | 73,86 (63,48 a 84,23) | 73,47 (53,67 a 93,26) | -10 | | | |
| Economia | TA (19) | 85,92 (63,20 a 108,65) ^a | 84,38 (69,23 a 99,53) ^a | 71,89 (62,46 a 81,33) ^a | -16 | | | |
| VL (%) | TCER (18) | 74,82 (62,47 a 87,16) ^a | 59,86 (50,05 a 69,67) ^a | 69,18 (57,78 a 80,58) ^a | -7 | 0,009 | 0,127 | 0,032 |
| | TCSM (15) | 96,41 (78,49 a 114,33) ^a | 71,78 (63,03 a 80,52) ^b | 61,54 (51,89 a 71,19) ^b | -36 | | | |

CIVM: contração isométrica voluntária máxima; EMG: atividade neuromuscular máxima; RF: reto femoral; VL: vasto lateral; TPF: taxa de produção de força. TA: treinamento aeróbico; TCER: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamento resistido; TCSM: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para series múltiplas; $\Delta\%$: percentual de mudança do pré- para pós-16 semanas de treinamento; IC: limites inferiores e superiores com intervalo de confiança de 95%. Letras minúsculas diferentes representam diferença ao longo do tempo. Letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os grupos no mesmo momento.

Tabela 3. Tamanho de efeito calculado para as variáveis neuromusculares.

| Variável | Grupo | Média (IC 95%) |
|-------------|-------|---------------------|
| CIVM | TA | 0,27 (-0,37 a 0,91) |
| | TCER | 0,42 (-0,24 a 1,08) |
| | TCSM | 0,43 (-0,29 a 1,15) |
| EMG RF | TA | 0,07 (-0,57 a 0,71) |
| | TCER | 0,43 (-0,23 a 1,09) |
| | TCSM | 0,43 (-0,29 a 1,16) |
| EMG VL | TA | 0,32 (-0,32 a 0,96) |
| | TCER | 0,22 (-0,44 a 0,88) |
| | TCSM | 0,39 (-0,34 a 1,11) |
| TPF 50ms | TA | 0,39 (-0,25 a 1,03) |
| | TCER | 0,44 (-0,23 a 1,10) |
| | TCSM | 0,62 (-0,11 a 1,35) |
| TPF 100ms | TA | 0,54 (-0,11 a 1,19) |
| | TCER | 0,52 (-0,14 a 1,18) |
| | TCSM | 0,56 (-0,17 a 1,29) |
| TPF 250ms | TA | 0,14 (-0,50 a 0,77) |
| | TCER | 0,27 (-0,39 a 0,92) |
| | TCSM | 0,04 (-0,68 a 0,76) |
| TPF máxima | TA | 0,01 (-0,62 a 0,65) |
| | TCER | 0,49 (-0,17 a 1,15) |
| | TCSM | 0,38 (-0,34 a 1,10) |
| Economia RF | TA | 0,05 (-0,58 a 0,69) |
| | TCER | 0,26 (-0,40 a 0,92) |
| | TCSM | 0,23 (-0,49 a 0,95) |
| Economia VL | TA | 0,35 (-0,29 a 1,00) |
| | TCER | 0,21 (-0,44 a 0,87) |
| | TCSM | 1,31 (0,36 a 1,90) |

CIVM: contração isométrica voluntária máxima; EMG: atividade neuromuscular máxima; RF: reto femoral; VL: vasto lateral; TPF: taxa de produção de força. TA: treinamento aeróbio; TCER: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamento resistido; TCSM: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para series múltiplas.

Em relação às variáveis morfológicas (tabela 4), não se observou diferença na EM do RF, VI e VL. Por outro lado, a EM do VM apresentou uma interação tempo*grupo significativa, demonstrando que o TA apresentou uma redução significativa do pré- para pós-16 semanas de treinamento ($p = 0,002$). A avaliação pós-8 semanas não apresentou diferença em relação ao pré-treinamento, mas apresentou uma redução para pós-16 semanas ($p = 0,006$). A EM do quadríceps femoral apresentou interação significativa tempo*grupo, revelando que o TA apresentou redução do pré-treinamento para as pós-16 semanas ($p = 0,024$). A medida pós-8 semanas não diferiu dos demais momentos de avaliação.

O tamanho de efeito calculado para todas as variáveis de EM demonstrou um efeito de pequena magnitude para todos os grupos.

Tabela 4. Resultados das variáveis morfológicas.

| Variável | Grupo (n) | Pré-treinamento | Pós-8 semanas | Pós-16 semanas | Δ% | Tempo | Grupo | Tempo* Grupo |
|---------------|-----------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----|-------|-------|-----------------|
| | | Média (IC 95%) | Média (IC 95%) | Média (IC 95%) | | | | |
| EM RF (mm) | TA (19) | 14,83 (13,33 a 16,33) | 14,99 (13,59 a 16,40) | 14,61 (13,03 a 16,20) | -1 | 0,250 | 0,903 | 0,352 |
| | TCER (18) | 14,19 (12,84 a 15,53) | 14,27 (12,79 a 15,76) | 14,63 (13,23 a 16,03) | 3 | | | |
| | TCSM (15) | 14,12 (12,89 a 15,34) | 14,46 (13,03 a 15,88) | 15,16 (13,81 a 16,51) | 7 | | | |
| EM VI (mm) | TA (19) | 13,21 (11,86 a 14,56) | 12,75 (11,51 a 14,00) | 12,23 (10,81 a 13,65) | -7 | 0,225 | 0,887 | 0,328 |
| | TCER (18) | 12,43 (10,53 a 14,32) | 12,72 (10,98 a 14,47) | 12,29 (10,37 a 14,21) | -1 | | | |
| | TCSM (15) | 12,00 (10,23 a 13,76) | 12,35 (10,55 a 14,15) | 12,33 (10,68 a 13,98) | 3 | | | |
| EM VL (mm) | TA (19) | 16,71 (15,06 a 18,35) | 16,32 (14,65 a 17,99) | 15,96 (14,17 a 17,75) | -4 | 0,383 | 0,676 | 0,134 |
| | TCER (18) | 16,48 (14,82 a 18,14) | 17,03 (15,43 a 18,64) | 16,76 (15,06 a 18,46) | 2 | | | |
| | TCSM (15) | 15,28 (13,79 a 16,76) | 15,98 (14,28 a 17,64) | 15,99 (14,17 a 17,80) | 5 | | | |
| EM VM (mm) | TA (19) | 17,98 (16,33 a 19,63) ^a | 17,36 (15,70 a 19,03) ^a | 16,08 (13,97 a 18,19) ^b | -10 | 0,008 | 0,853 | 0,050 |
| | TCER (18) | 17,07 (15,40 a 18,73) ^a | 17,24 (15,50 a 18,99) ^a | 16,85 (14,90 a 18,78) ^a | -1 | | | |
| | TCSM (15) | 16,63 (14,69 a 18,57) ^a | 16,34 (14,56 a 18,11) ^a | 16,37 (14,23 a 18,50) ^a | -1 | | | |
| EM QD (mm) | TA (19) | 63,13 (58,09 a 68,17) ^a | 62,04 (57,33 a 66,74) ^{ab} | 58,88 (53,12 a 64,64) ^b | -7 | 0,243 | 0,825 | 0,038 |
| | TCER (18) | 60,16 (54,30 a 66,01) ^a | 61,28 (55,47 a 67,09) ^a | 60,53 (54,34 a 66,72) ^a | 1 | | | |
| | TCSM (15) | 58,03 (52,52 a 63,53) ^a | 59,12 (53,32 a 64,92) ^a | 59,86 (53,82 a 65,88) ^a | 3 | | | |

EM: espessura muscular; RF: reto femoral; VI: vasto intermédio; VL: vasto lateral; VM: vasto medial; QD: quadríceps; TA: treinamento aeróbio; TCER: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamento resistido; TCSM: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para series múltiplas. Letras minúsculas diferentes representam diferença ao longo do tempo; Δ%: percentual de mudança do pré- para pós-16 semanas de treinamento; IC: limites inferiores e superiores com intervalo de confiança de 95%. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tempos.

Tabela 5. Tamanho de efeito calculado para a espessura muscular.

| Variável | Grupo | Média (IC 95%) |
|----------|-------|----------------------|
| EM RF | TA | -0,06 (-0,70 a 0,57) |
| | TCER | 0,14 (-0,51 a 0,80) |
| | TCSM | 0,38 (-0,35 a 1,10) |
| EM VI | TA | -0,31 (-0,95 a 0,33) |
| | TCER | 0,03 (-0,69 a 0,62) |
| | TCSM | 0,09 (-0,63 a 0,81) |
| EM VL | TA | -0,19 (-0,83 a 0,45) |
| | TCER | 0,08 (-0,58 a 0,73) |
| | TCSM | 0,20 (-0,52 a 0,92) |
| EM VM | TA | -0,44 (-1,09 a 0,20) |
| | TCER | -0,05 (-0,71 a 0,60) |
| | TCSM | -0,06 (-0,78 a 0,66) |
| EM QD | TA | -0,35 (-0,99 a 0,29) |
| | TCER | 0,03 (-0,63 a 0,68) |
| | TCSM | 0,15 (-0,57 a 0,86) |

EM: espessura muscular; RF: reto femoral; VI: vasto intermédio; VL: vasto lateral; VM: vasto medial; QD: quadríceps; TA: treinamento aeróbio; TCER: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamento resistido; TCSM: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para series múltiplas.

DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi que os três treinamentos promoveram incrementos semelhantes na força máxima, na força explosiva e na atividade neuromuscular. No entanto, o TA apresentou uma redução na EM, enquanto os grupos de treinamento combinado apresentaram uma manutenção nesse desfecho.

No presente estudo, observou-se que o TA promoveu uma melhora na força isométrica máxima de magnitude semelhante aos treinamentos combinados. A melhora na força dinâmica máxima advinda de um treinamento aeróbio aquático foi evidenciada em estudos anteriores (COSTA et al., 2018; ANDRADE et al., 2020). Exercícios realizados em meio aquático, mesmo os aeróbios, são realizados contra a resistência da água. Acredita-se que a força necessária para superar a resistência à água possa ser suficiente para estimular aumentos na força muscular. Além disso, de acordo com a equação geral dos fluidos ($R = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot V^2 \cdot Cd$, em que ρ representa a

densidade do fluido; A, a área projetada; V, a velocidade de movimento; e Cd, o coeficiente de arrasto) a velocidade de execução do movimento é o principal fator que influencia a resistência ao avanço (ALEXANDER, 1997) e, conseqüentemente, a intensidade do exercício. Para alcançar as altas intensidades de treinamento aeróbio prescritas no presente estudo, as participantes realizaram os exercícios em alta velocidade, possivelmente recrutando fibras musculares do tipo II, o que pode ter contribuído para os ganhos observados na força muscular.

Os ganhos de força isométrica máxima demonstrados no presente estudo corroboram Tsourlou et al. (2006) que observaram incrementos de 10% na força isométrica máxima de extensão do joelho em mulheres idosas após 24 semanas de treinamento combinado na hidroginástica. Embora com menor tempo de intervenção e menor frequência semanal, os percentuais de aumento observado no presente estudo (13 a 21%) são superiores aos registrados por Tsourlou et al. (2006). Uma possível justificativa para essa divergência é a diferente prescrição do treinamento de força: enquanto no presente estudo os exercícios foram realizados na velocidade máxima, maximizando a intensidade do exercício; no estudo de Tsourlou et al. (2006) o ritmo de execução foi controlado por batida musical (de 60 a 120 bpm), o que pode ter minimizado a velocidade de execução e, conseqüentemente, a intensidade do exercício.

A melhora na força máxima é um resultado clínico importante, uma vez que diversos estudos já demonstraram que uma maior força muscular está associada a um menor risco de morte (LAUKKANEN et al., 1995; NEWMAN et al., 2006; RUIZ et al., 2008; ARTERO et al., 2011; VOLAKLIS et al., 2015; KIM et al., 2018). Estima-se que uma maior força muscular diminua o risco de morte por todas as causas em 21 a 34% (RUIZ et al., 2008; ARTERO et al., 2011; KIM et al., 2018), devido a doenças cardiovasculares em 29% (RUIZ et al., 2008; KIM et al., 2018) e devido ao câncer em 10 a 32% (RUIZ et al., 2008; KIM et al., 2018). Além disso, a redução da força muscular está associada à limitação funcional e à incapacidade física, refletindo uma menor capacidade do idoso de realizar suas atividades da vida diária, comprometendo sua independência funcional (RANTANEN et al., 2001; HAIRI et al., 2010; MANINI & CLARK, 2012).

A força explosiva, avaliada pela TPF, também apresentou uma melhora semelhante em todos os grupos após o treinamento. Esse resultado diverge de Bento et al. (2015), que não observaram melhora nesse desfecho após 12 semanas de treinamento combinado de hidroginástica em mulheres idosas. Possivelmente, a ausência de alteração no estudo mencionado

possa ser explicada pelo fato de que os exercícios de força nesse estudo foram realizados em velocidade submáxima (Borg 12 a 16). Reforçando essa hipótese, Reichert et al. (2019) observaram que um treinamento de força no meio aquático cujos exercícios foram realizados em velocidade máxima promoveu melhoras na TPF de mulheres idosas. De fato, as evidências sugerem que, para gerar aumentos na TPF, ações musculares explosivas devem ser realizadas durante o treinamento (HÄKKINEN et al., 1998). De acordo com os presentes achados, acredita-se que tanto os movimentos de velocidade máxima realizados no treinamento de força quanto os movimentos de alta velocidade realizados no treinamento aeróbio promovam estímulos para a melhora da força explosiva.

Estudos demonstraram que a TPF possui uma melhor associação com o desempenho de tarefas funcionais da vida diária em comparação com a força máxima (MAFFIULETTI et al., 2010; MAFFIULETTI et al., 2016). Assim, o aumento da TPF dos membros inferiores registrado no presente estudo pode representar uma melhor capacidade para o idoso de realizar suas tarefas diárias, contribuindo para a independência funcional. Além disso, uma maior capacidade de produzir força em um curto período de tempo pode servir como um mecanismo de proteção durante uma possível queda, já que os indivíduos conseguirão restaurar o equilíbrio mais rapidamente (AAGAARD et al., 2002). Esse é um resultado relevante, uma vez que as quedas são fenômenos frequentes em idosos e podem levar à incapacidade e até à morte, sendo responsáveis por 70% das mortes acidentais em pessoas acima de 75 anos (FULLER, 2000).

Ressalta-se que melhoras na TPF foram observadas apenas nos períodos iniciais de contração (50 e 100ms). Folland et al. (2014) verificaram que a atividade neuromuscular agonista é o principal fator que explica a variação da TPF na fase inicial da contração (25-75 ms), principalmente em 50ms, enquanto a força isométrica máxima contribui para a variação da força em períodos de 100 a 150ms. Esse é um dado interessante e corrobora os achados do presente estudo. Supõe-se que as melhoras na atividade neuromuscular agonista contribuíram para a melhora da força explosiva em 50ms, enquanto a melhora da força isométrica máxima, em 100ms.

De fato, no presente estudo, foram observados aumentos na atividade neuromuscular em todos os grupos, o que possivelmente explica os aumentos na força máxima e na força explosiva. Nossos achados corroboram os resultados de Andrade et al. (2020) que encontraram incrementos na atividade neuromuscular após um treinamento aeróbio de hidroginástica e de Pinto et al.

(2015) que observaram melhoras nesse parâmetro após um treinamento combinado de hidroginástica. Por outro lado, não foi observada melhora da economia neuromuscular do RF em nenhum grupo, enquanto que melhora da economia neuromuscular do VL foi registrada somente para o grupo TCSM. Esse resultado sugere que para exercer a mesma força, as participantes do grupo TCSM necessitaram de um menor número de unidades motoras e uma menor frequência de disparo dessas unidades motoras após o treinamento, sendo mais econômicas no quesito neuromuscular. Acredita-se que a melhora observada somente nesse grupo não esteja atribuída somente ao tipo de treinamento realizado, mas sim, aos seus maiores valores iniciais no pré-treinamento, o que pode ter conferido uma maior janela de treinamento. Poucos estudos avaliaram o efeito do treinamento de hidroginástica sobre a economia neuromuscular (ZAFFARI, 2014; PINTO et al., 2015). A melhora na economia neuromuscular dos músculos RF e VL foi observada após treinamento aeróbio (ZAFFARI, 2014) e combinado na hidroginástica (ZAFFARI, 2014; PINTO et al., 2015) em mulheres idosas (ZAFFARI, 2014) e pós-menopáusicas (PINTO et al., 2015). Embora esses resultados sejam opostos aos verificados no presente estudo, as melhoras percentuais do presente estudo (4 a 36%) se assemelham aos registrados por Pinto et al. (2015) (7 a 16%).

Em relação à espessura muscular, os músculos RF, VI e VL não apresentaram diferença entre os diferentes momentos de avaliação. No entanto, de maneira geral, o grupo TA apresentou redução nessas variáveis, enquanto que os grupos TCER e TCSM apresentaram um aumento. Pinto et al. (2015) observaram aumentos de 4% na EM do VL após 12 semanas de treinamento combinado. Embora sem diferença significativa, vale ressaltar que os incrementos observados nos grupos de treinamento combinado do presente estudo, principalmente no grupo TCSM, são semelhantes aos percentuais encontrados na literatura (PINTO et al., 2015). Por outro lado, a EM do VM e do quadríceps apresentou uma redução significativa após as 16 semanas de treinamento no grupo TA. Esse resultado corrobora a literatura que aponta que o treinamento aeróbio pode reduzir a área transversal do músculo (KRAEMER et al., 1995; BAECHLE, 2008).

Em relação às adaptações a curto (pós-8 semanas) e a longo prazo (pós-16 semanas), a força isométrica máxima só apresentou incremento após 16 semanas de treinamento. Esse resultado parece corroborar outros achados da literatura, considerando que estudos não observaram melhoras na força isométrica em idosos após 12 semanas de treinamento de hidroginástica (BENTO et al., 2012, BENTO et al., 2015, REICHERT et al., 2019), enquanto que

o único estudo que observou melhoras nesse desfecho em idosos propôs uma intervenção de 24 semanas (TSOURLOU et al., 2006). Por outro lado, incrementos na força dinâmica máxima já foram observados após menor período de intervenção, 10 semanas (COSTA et al., 2018) e 12 semanas (TAKESHIMA et al., 2002, GRAEF et al., 2010, BENTO et al., 2015; REICHERT et al., 2018, ANDRADE et al., 2020). Esses dados parecem indicar que os idosos necessitam de um maior período de treinamento, superior a 12 semanas, para transferir os ganhos de força advindos de um treinamento dinâmico para uma avaliação isométrica. Da mesma forma, no presente estudo, não foi observada adaptação a curto prazo à TPF, somente após 16 semanas. Reichert et al. (2019) observaram melhoras na TPF após 12 semanas de treinamento de força. Assim, supõe-se que adaptações nesse desfecho passem a ser observadas entre oito e 12 semanas. As adaptações neurais também foram observadas somente após 16 semanas de treinamento, o que corrobora e possivelmente explica os ganhos de força muscular nesse período. No entanto, a literatura aponta que as adaptações neurais ocorrem, principalmente, no período inicial de treinamento (BAECHLE et al., 2008). No presente estudo, após as primeiras oito semanas de treinamento, a atividade neuromuscular apresentou um aumento, embora não significativo. Além disso, no presente estudo somente avaliou-se a atividade neuromuscular de dois músculos (RF e VL), sendo assim, não é possível concluir sobre as adaptações nos demais músculos.

CONCLUSÃO

O treinamento aeróbio de hidroginástica promoveu incrementos na força máxima, na força explosiva e na atividade neuromuscular em magnitude semelhante ao treinamento combinado após 16 semanas de treinamento em mulheres idosas. No entanto, o TA também provocou uma diminuição na espessura muscular de membros inferiores, o que não foi observado após os treinamentos combinados. Por fim, observou-se que ambas as estratégias de progressão do treinamento de força promoveram melhoras neuromusculares semelhantes.

REFERÊNCIAS

AAGAARD, P.; SIMONSEN, E.B.; ANDERSEN, J.L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J App Physiol*, 93: 1318–1326, 2002.

AAGAARD, P.; SUETTA, C.; CASEROTTI, P.; MAGNUSSON, S.P.; KJAER, M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scand J Med Sci Sports*, 20: 49–64, 2010.

ABE, T.; DEHOYOS, D.V.; POLLOCK, M.L.; GARZARELLA, L. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *Eur J Appl Physiol*, 81: 174–180, 2000.

ALBERTON, C.L.; PINTO, S.S.; ANTUNES, A.H.; CADORE, E.L.; FINATTO, P.; TARTARUGA, M.P.; KRUEL, L.F.M. Maximal and ventilatory thresholds cardiorespiratory responses to three water aerobic exercises compared to treadmill on land. *J Strength Cond Res*, 1: 1679-87, 2013.

ALEXANDER, R. Mechanic and energetics of animal locomotion. In: Alexander R, Goldspink G, eds. *Swimming*. London, UK: Chapman & Hall :222–248, 1997.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE; CHODZKO-ZAJKO, W.J.; PROCTOR, D.N.; SINGH, M.A.; MINSON, C.T.; NIGG, C.R.; SALEM, G.J.; SKINNER, J.S. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(7): 1510-30, 2009.

ANDRADE, L.S.; PINTO, S.S.; SILVA, M.R.; SCHAUN, G.Z.; PORTELLA, E.G.; NUNES, G.N.; DAVID, G.B.; WILHELM, E.N.; ALBERTON, C.L. Water-based continuous and interval training in older women: Cardiorespiratory and neuromuscular outcomes (WATER study). *Exp Gerontol*, 5(134): 110914, 2020.

ARTERO, E.G.; LEE, D.C.; RUIZ, J.R.; SUI, X.; ORTEGA, F.B.; CHURCH, T.S. A prospective study of muscular strength and all-cause mortality in men with hypertension. *J Am Coll Cardiol*, 57: 1831-37, 2011.

BAECHLE, T.R.; EARLE, R.W. *Essentials of strength training and conditioning / National Strength and Conditioning Association*. -- 3rd ed. 2008

BENTO, P.C.; PEREIRA, G.; UGRINOWITSCH, C.; RODACKI, A.L. Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history. *Clin Biomech*, 25: 450–454, 2010.

BENTO, P.C.; PEREIRA, G.; UGRINOWITSCH, C.; RODACKI, A.L. The effects of a water-based exercise program on strength and functionality of older adults. *J Aging Phys Act*, 20(4): 469-83, 2012.

BENTO, P.C.; RODACKI, A.L. Muscle function in aged women in response to a water-based exercises program and progressive resistance training. *Geriatr Gerontol Int*, 15(11): 1193-200, 2015.

CHARLIER, R.; KNAEPS, S.; MERTENS, E.; ROIE, E.; DELECLUSE, C.; LEFEVRE, J.; THOMIS, M. Age-related decline in muscle mass and muscle function in Flemish Caucasians: a 10-year follow-up. *Age*, 38(2):36, 2016.

CHILIBECK, P.D.; STRIDE, D.; FARTHING, J.P.; BURKE, D.G. Effect of creatine ingestion after exercise on muscle thickness in males e females. *Med Sci Sports Exerc*, 36(10): 1781-1788, 2004.

CLARK, B.C.; MANINI, T.M. Functional consequences of sarcopenia and dynapenia in the elderly. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 13(3): 271-6, 2010.

COHEN, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2 ed. New York: Laurence Erlbaum Associates, 1988.

CONNELLY, D.M.; RICE, C.L.; ROOS, M.R.; VANDERVOORT, A.A. Motor unit firing rates and contractile properties in tibialis anterior of young and old men. *J Appl Physiol*, 87(2): 843-52, 1999.

COSTA, R.R.; KANTZ, A.C.; REICHERT, T.; PRADO, A.K.G.; COCONCELLI, L.; BUTTELLI, A.C.K.; PEREIRA, L.F.; MASIERO, M.P.B.; MEINERZ, A.P.; CONCEIÇÃO, M.O.; SBEGHEN, I.L.; KRUEL, L.F.M. Water-based aerobic training improves strength parameters and cardiorespiratory outcomes in elderly women. *Exp Gerontol*, 15(108): 231-239, 2018.

CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIOGLIO, P.; DROGHETTI, P.; CODECA, L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Phisiol*, 52(4): 869-73, 1982.

DOHERTY, T.J.; VANDERVOORT, A.A.; BROWN, W.F. Effects of ageing on the motor unit: a brief review. *Can J Appl Physiol*, 18(4): 331-58, 1993.

EL HAJJ, B.G.; MORAIS, J.A.; KARELIS, A.D. Current concepts in healthy aging and physical activity: A Viewpoint. *J Aging Phys Act*, 27: 1-7, 2019.

FOLLAND, J.P.; BUCKTHORPE, M.W.; HANNAH, R. Human capacity for explosive force production: neural and contractile determinants. *Scand J Med Sci Sports*, 24: 894–906, 2014.

FRONTERA, W.R.; HUGHES, V.A.; FIELDING, R.A.; FIATARONE, M.A.; EVANS, W.J.; ROUBENOFF, R. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol*, 88(4):1321-6, 2000.

FRONTERA, W.R.; HUGHES, V.A.; LUTZ, K.J.; EVANS, W.J. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45 to 78-year-old men and women. *J Appl Physiol*, 71(2): 644–650, 1991.

FULLER, GF. Falls in the elderly. *American Family Physician*, 61: 2159–2174, 2010.

GRAEF, F.I.; PINTO, R.S.; ALBERTON, C.L.; LIMA, W.C.; KRUEL, L.F.M. The effects of resistance training performed in water on muscle strength in the elderly. *J Strength Cond Res*, 24:3150-3156, 2010.

GOODPASTER, B.H.; CARLSON, C.L.; VISSER, M.; KELLEY, D.E.; SCHERZINGER, A.; HARRIS, T.B.; STAMM, E.; NEWMAN, A.B. Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The Health ABC Study. *J Appl Physiol*, 90: 2157–2165, 2001.

GOODPASTER, B.H.; PARK, S.W.; HARRIS, T.B.; KRITCHEVSKY, S.B.; NEVITT, M.; SCHWARTZ, A.V.; SIMONSICK, M.; TYLAVSKY, F.A.; VISSER, M.; NEWMAN, A.B. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 61: 1059–1064, 2006.

HAIRI, N.N.; CUMMING, R.G.; NAGANATHAN, V.; HANDELSMAN, D.J.; LE COUTEUR, D.G.; CREASEY, H.; WAITE, L.M.; SEIBEL, M.J.; SAMBROOK, P.N. Loss of muscle strength, mass (sarcopenia), and quality (specific force) and its relationship with functional

limitation and physical disability: the Concord Health and Ageing in Men Project. *J Am Geriatr Soc*, 58(11): 2055-62, 2010.

HÄKKINEN, K.; KALLINEN, M.; IZQUIERDO, M.; JOKELAINEN, K.; LASSILA, H.; MÄLKIÄ, E. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J App Physiol*, 84: 1341–1349, 1998.

JANSSEN, I.; HEYMSFIELD, S.B.; WANG, Z.M.; ROSS, R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J Appl Physiol*, 89: 81–88, 2000.

KARAMANIDIS, K.; ARAMPATZIS, A. Mechanical and morphological properties of human quadriceps femoris and triceps surae muscle-tendon unit in relation to aging and running. *J Biomech*, 39(3): 406-17, 2006.

KAYA, R.D.; NAKAZAWA, M.; HOFFMAN, R.L.; CLARK, B.C. Interrelationship between muscle strength, motor units, & aging. *Exp Gerontol*, 48(9): 920–925, 2013.

KIDO, A.; TANAKA, N.; STEIN, R.B. Spinal excitation and inhibition decrease as humans age. *Can J Physiol Pharmacol*, 82: 238–248, 2004.

KIM, Y.; WHITE, T.; WIJNDAELE, K.; WESTGATE, K.; SHARP, S.J.; HELGE, J.W.; WAREHAM, N.J.; BRAGE, S. The combination of cardiorespiratory fitness and muscle strength, and mortality risk. *Eur J Epidemiol*, 33(10): 953-964, 2018.

KLASS, M.; BAUDRY, S.; DUCHATEAU, J. Age-related decline in rate of torque development is accompanied by lower maximal motor unit discharge frequency during fast contractions. *J Appl Physiol*, 104: 739–746, 2008.

KORHONEN, M.T.; MERO, A.A.; ALÉN, M.; SIPILÄ, S.; HÄKKINEN, K.; LIIKAVAINIO, T.; VIITASALO, J.T.; HAVERINEN, M.T.; SUOMINEN, H. Biomechanical and skeletal muscle determinants of maximum running speed with aging. *Med Sci Sports Exerc*, 41(4): 844-856, 2009.

KRAEMER, W.J.; PATTON, J.F.; GORDON, S.E.; HARMAN, E.A.; DESCHENES, M.R.; REYNOLDS, K.; NEWTON, R.U.; TRIPLETT, N.T, DZIADOS, J.E. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J App Physiol*, 78(3): 976-989, 1995.

KRUEL, L.F.M.; COSTA, R.R.; KANITZ, A.C.; LIEDTKE, G.V. Treinamento de força no meio aquático: uma revisão sobre os aspectos históricos, fisiológicos e metodológicos. *R Bras Ci e Mov*, 26(2):176-185, 2018.

LAUKKANEN, P.; HEIKKINEN, E.; KAUPPINEN, M. Muscle strength and mobility as predictors of survival in 74-84-year-old people. *Age Aging*, 24: 468-73, 1995.

MAFFIULETTI, N.A.; BIZZINI, M.; WIDLER, K.; MUNZINGER, U. Asymmetry in quadriceps rate of force development as a functional outcome measure in TKA. *Clin Orthop Relat Res*, 468: 191–198, 2010.

MAFFIULETTI, N.A.; AAGAARD, P.; BLAZEVIČH, A.J.; FOLLAND, J.; TILLIN, N.; DUCHATEAU, J. Rate of force development: physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol*, 116(6): 1091-116, 2016.

MANINI, T.M.; CLARK, B.C. Dynapenia and aging: an update. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 67(1): 28-40, 2012.

MIYATANI, M.; KANEHISA, H.; KUNO, S.; NISHIJIMA, T.; FUKUNAGA, T. Validity of ultrasonograph muscle thickness measurements for estimating muscle volume of knee extensors in humans. *Eur J Appl Physiol*, 86:203–208, 2002.

NARICI, M.V.; ROI, G.S.; LANDONI, L.; MINETTI, A.E.; CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J App Physiol*, 59: 310-319, 1989.

NEWMAN, A.B.; KUPELIAN, V.; VISSER, M. Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the Health, Aging and Body Composition Study cohort. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 61A: 72–77, 2006.

PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; BAGATINI, N.C.; ZAFFARI, P.; CADORE, E.L.; RADAELLI, R.; BARONI, B.M.; LANFERDINI, F.J.; FERRARI, R.; KANITZ, A.C.; PINTO, R.S.; VAZ, M.A.; KRUEL, L.F. Neuromuscular adaptations to water-based concurrent training in postmenopausal women: effects of intrasession exercise sequence. *Age*, 37(1): 9751, 2015.

RANTANEN, T.; GURALNIK, J.M.; FERRUCCI, L. Coimpairments as predictors of severe walking disability in older women. *J Am Geriatr Soc*, 49: 21–27, 2001.

REICHERT, T.; BAGATINI, N.C.; SIMMER, N.M.; MEINERZ, A.P.; BARROSO, B.M.; PRADO, A.K.G.; DELEVATTI, R.S.; COSTA, R.R.; KANITZ, A.C.; KRUEL, L.F.M. Effects of different models of water-based resistance training on muscular function of older women. *Res Q Exerc Sport*, 90(1): 46-53, 2019.

RUIZ, J.R.; SUI, X.; LOBELO, F.; MORROW, J.R.; JACKSON, A.W.; SJÖSTRÖM, M.; BLAIR, S.N. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *BMJ*, 1: 337:439, 2008.

TAKESHIMA, N.; ROGERS, M.E.; WATANABE, E.; BRECHUE, W.F.; OKADA, A.; YAMADA, T.; ISLAM, M.M.; HAYANO, J. Water based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. *Med Sci Sports Exerc*, 34(3): 544-551, 2002.

TSOURLOU, T.; BENIK, A.; DIPLA, K.; ZAFEIRIDIS, A.; KELLIS, S. The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *J Strength Cond Res*, 20(1): 811-818, 2006.

VOLAKLIS, K.; HALLE, M.; MEISINGER, C. Muscular strength as a strong predictor of mortality: a narrative review. *Eur J Intern Med*, 26: 303-10, 2015.

ZAFFARI, P. Efeitos de um treinamento combinado na hidroginástica sobre variáveis neuromusculares, cardiorrespiratórias e funcionais de mulheres idosas. Dissertação de mestrado, 2014.

ESTUDO III: EFEITOS A CURTO E A LONGO PRAZO DE TRÊS TREINAMENTOS DE HIDROGINÁSTICA NA PRESSÃO ARTERIAL DE MULHERES IDOSAS

RESUMO

O objetivo do estudo foi comparar os efeitos de três treinamentos aquáticos sobre a pressão arterial (PA) de mulheres idosas. Cinquenta e sete participantes foram randomizados em três grupos: 1) treinamento aeróbio (TA); 2) treinamento combinado cujo treinamento de força progride para o uso de equipamento resistido (TCER); e 3) treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas (TCSM). As participantes treinaram duas vezes por semana durante 16 semanas. A PA sistólica apresentou uma redução significativa do pré- para pós-8 semanas de treinamento e do pós-8 para pós-16 semanas de treinamento (Δ pré- x pós-16 semanas: TA: -6,53 mmHg, TCER: -10,45 mmHg, TCSM: -10,73 mmHg). A PA diastólica apresentou uma redução do pré- para pós-8 e pós-16 semanas de treinamento (Δ pré- x pós-semanas: TA: -6,23 mmHg, CTRE: -4,61 mmHg, CTMS: -6,19 mmHg). Além disso, 16% dos participantes do TA, 23% do TCER e 28,5% do TCSM deixaram de ser classificados como hipertensos. Conclui-se que o treinamento aquático aeróbio e combinado realizados apenas duas vezes por semana promoveu uma redução significativa na PA de mulheres idosas. Embora sem diferença estatística, os treinamentos combinados promoveram maiores reduções da PA em comparação ao treinamento aeróbio isolado, o que pode ser clinicamente importante.

INTRODUÇÃO

A hipertensão é uma das doenças crônicas mais prevalentes em idosos, afetando cerca de 70% dessa população (MOZAFFARIAN et al., 2015). Ainda, a hipertensão é o fator de risco mais importante para doenças cardiovasculares, e é responsável por mais de 13% das mortes no mundo todo (LAWES et al., 2008). Logo, o controle da pressão arterial (PA) é de fundamental importância para a prevenção de eventos cardiovasculares na população idosa.

A prática regular de exercício físico tem sido indicada como uma ferramenta não-farmacológica para a prevenção e tratamento da hipertensão (PESCATELLO et al., 2004; PESCATELLO et al., 2015). A Associação Americana do Coração e o Colégio Americano de Medicina do Esporte recomendam o exercício aeróbio em combinação com o treinamento de força, caracterizando o treinamento combinado, para o controle dos níveis pressóricos. A

metanálise conduzida por Cornelissen e Smart (2013) evidenciou que o treinamento aeróbio é associado à redução da PA sistólica (PAS) e da PA diastólica (PAD) em 3,5 e 2,5 mmHg, respectivamente. A diminuição da PA após um treinamento aeróbio é decorrente da diminuição da resistência periférica total, na qual o sistema nervoso simpático e o sistema renina-angiotensina parecem estar envolvidos (FAGARD & CORNELISSEN, 2007). Acredita-se que ocorra uma diminuição na atividade do sistema nervoso simpático devido aos menores valores plasmáticos de noradrenalina e a menor atividade da renina em indivíduos treinados quando comparados aos não treinados (CORNELISSEN & FAGARD, 2005). A melhora da função endotelial é outro mecanismo importante que auxilia na redução da PA decorrente do exercício aeróbio (HIGASHI et al., 1999; PEDRALLI et al., 2020). O treinamento de força também tem se mostrado uma estratégia eficiente para o controle da PA, podendo inclusive promover reduções semelhantes ao treinamento aeróbio (CORNELISSEN & SMART, 2013). Entretanto, parece que a redução da PA resultante do treinamento de força não está associada a alterações no sistema nervoso simpático (FAGARD & CORNELISSEN, 2007), sugerindo que a diminuição da PA após o treinamento de força ocorra devido a diferentes fatores quando comparados ao treinamento aeróbio. Caso esses dois tipos de treinamento melhorem o controle pressórico por diferentes mecanismos, é hipotetizado que o treinamento combinado possa acarretar em uma maior redução da PA quando comparado ao treinamento aeróbio ou de força isolado.

Atualmente, o meio aquático tem sido identificado como um meio alternativo para a prática de exercícios. Nesse sentido, a realização de exercícios aquáticos pode ser vantajosa para os idosos, pois esses são realizados com menor sobrecarga osteoarticular (ALBERTON et al., 2014) devido ao efeito do empuxo. Além disso, o meio aquático fornece importantes alterações fisiológicas para o treinamento de hipertensos, como a redução da ativação simpática renal e a supressão do sistema renina-angiotensina-aldosterona, diminuindo a secreção de hormônios vasoconstritores, como renina, vasopressina e aldosterona, além de aumentar a secreção de hormônio vasodilatador, como peptídeo natriurético atrial (PENDERGAST et al., 2015). Essas alterações resultam em uma menor resistência vascular periférica, permitindo uma diminuição da PA (GABRIELSEN et al., 2002; PENDERGAST et al., 2015).

Uma recente metanálise evidenciou que o treinamento aquático é capaz de promover benefícios na PA em pessoas adultas e idosas (REICHERT et al., 2018). Os resultados desse estudo foram baseados principalmente nos efeitos do treinamento aeróbio, considerando que 9

dos 11 estudos incluídos abordaram esse tipo de exercício. Sendo assim, a literatura carece de estudos que investiguem se a adição do treinamento de força ao treinamento aeróbio, conforme recomendado pelas diretrizes para o tratamento da hipertensão (PESCATELLO et al., 2004; PESCATELLO et al., 2015), promove um melhor controle da PA. No entanto, a longo prazo, a combinação do treinamento de força e do treinamento aeróbio na mesma sessão pode comprometer o volume do treinamento aeróbio. A progressão do treinamento de força no meio aquático é baseada no aumento do número de séries (COSTA et al., 2018; PINTO et al., 2014; PINTO et al., 2015; KRUEL et al., 2018), o que aumenta o tempo necessário para sua execução e, conseqüentemente, reduz o tempo disponível para o treinamento aeróbio. Uma possível alternativa para essa questão seria promover a sobrecarga do treinamento de força por meio do uso de equipamento resistido.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos a curto e a longo prazo na PA de mulheres idosas de três tipos de treinamento de hidroginástica: 1) treinamento aeróbio (TA); 2) treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamento resistido (TCER); e 3) treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas (TCSM).

MÉTODOS

Desenho de estudo

Este é um estudo longitudinal. Três tipos de treinamento foram realizados para investigar os seus efeitos na PA de mulheres idosas. Todos os grupos foram submetidos a 16 semanas de treinamento e cada participante foi avaliado três vezes ao longo do estudo: antes de iniciar o treinamento, após 8 semanas de treinamento e após 16 semanas de treinamento. As medidas pós-8 e pós-16 semanas de treinamento foram realizadas 72 horas após a última sessão de treinamento. A avaliação foi realizada pelo mesmo pesquisador, o qual estava cegado em relação ao grupo de treinamento dos participantes. Durante todo o período de treinamento, a temperatura da água foi mantida em 31° C e a profundidade de imersão para todos os participantes foi fixada entre o processo xifoide e os ombros.

Participantes

A amostra foi composta por 60 mulheres com idade entre 60 e 75 anos que não estivessem praticando exercícios físicos regulares e estruturados (tempo igual ou superior a 20

minutos, três vezes por semana) há, no mínimo, três meses, que não possuíssem problemas osteoarticulares que limitassem a prática de exercício físico, que não fossem fumantes, que não possuíssem nenhum tipo de trauma relacionado ao meio aquático e que apresentassem liberação médica para a prática de exercícios físicos. Além disso, ao final do estudo, foram excluídos os dados das mulheres que não obtiveram uma frequência mínima de 80% nas sessões de treinamento. Todas as participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido após serem informados sobre os procedimentos do estudo e os possíveis riscos e desconfortos relacionados à sua participação.

As participantes foram randomizadas em três grupos (taxa de alocação 1:1:1), usando uma lista aleatória gerada por computador. Os seguintes grupos foram compostos: treinamento aeróbico (TA), treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamentos resistidos (TCER) e treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas (TCSM). Esse procedimento foi realizado por um pesquisador cego, após a conclusão das avaliações pré-treinamento. O estudo foi realizado de acordo com a Declaração de Helsinque e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CEP/UFRGS) (2.672.567).

Avaliações

Caracterização da amostra

A massa corporal e a estatura foram avaliadas utilizando-se uma balança analógica Asimed (resolução de 0,1 kg) e um estadiômetro (resolução de 1 mm), respectivamente. Com esses valores, foi calculado o índice de massa corporal (IMC).

Pressão arterial

Para a avaliação da PA, os participantes permaneceram sentados confortavelmente em uma cadeira, com as pernas descruzadas e as costas e os braços apoiados por 15 minutos em um ambiente sem ruídos e com temperatura entre 24 e 26°C (PICKERING et al. 2005). Em seguida, a PA foi mensurada (MAPA, MEDITECH, Brasília, Brasil) com o meio do manguito posicionado na parte superior do braço, no nível do átrio direito (aproximadamente no ponto médio do esterno) (PICKERING et al. 2005). Os participantes foram instruídos a relaxar o máximo possível e a não falar durante o procedimento de medição (PICKERING et al., 2005). A mensuração foi sempre realizada no braço esquerdo da participante.

A análise da pressão arterial incluiu uma análise de prevalência de hipertensão. Para isso, as participantes foram classificadas em dois grupos: normotensas e hipertensas. Foram classificadas como hipertensas aquelas mulheres que faziam uso de medicamento para controle da PA e aquelas cuja medida de PA classificou-se como hipertensão estágio I ou II, de acordo com os pontos de corte propostos por Whelton et al. (2018).

Teste progressivo em meio aquático

Um teste progressivo em meio aquático foi realizado para determinar o limiar anaeróbico das participantes, o qual foi utilizado para a prescrição da intensidade do treinamento aeróbico. O teste foi realizado com o exercício de corrida estacionária e o protocolo consistiu em uma cadência inicial de 85 b.min⁻¹ por 3 minutos, com aumento de 15 b.min⁻¹ na cadência a cada 2 minutos até que a participante atingisse sua exaustão (ALBERTON et al., 2013). Durante o teste, a frequência cardíaca (FC) foi coletada a cada 10 segundos usando um monitor cardíaco (Polar, modelo FT1™, Shanghai, China). O limiar anaeróbico foi determinado baseando-se no ponto de deflexão da FC, observado pela plotagem da FC pela intensidade em um gráfico de dispersão (CONCONI et al., 1982). Esse teste foi realizado previamente ao treinamento e repetido após 8 semanas de treinamento para reajustar a intensidade do exercício.

Treinamentos

As participantes foram submetidas a 16 semanas de treinamento realizado duas vezes por semana em dias não consecutivos. As sessões de treinamento apresentaram a duração de 45 minutos e cada sessão foi composta por um aquecimento inicial, parte principal e alongamento final. O mesmo instrutor e monitor, ambos experientes na prática de hidroginástica, acompanharam todas as sessões dos três grupos.

O grupo TA realizou apenas treinamento aeróbico, enquanto os grupos TCER e TCSM realizaram o treinamento de força e o treinamento aeróbico na mesma sessão de treinamento, nessa ordem. Os grupos TCER e TCSM realizaram exatamente o mesmo treinamento durante as primeiras oito semanas de intervenção. A partir da nona semana de treinamento, o grupo TCER passou a realizar os exercícios de força com equipamentos resistidos, enquanto o grupo TCSM passou a realizar séries múltiplas dos exercícios de força.

Treinamento aeróbico

O treinamento aeróbico foi composto por três exercícios de membros inferiores (corrida estacionária, deslize frontal e chute frontal) combinados com diferentes exercícios de membros

superiores. O treinamento intervalado foi utilizado até a 12ª semana. Para isso, foram realizados seis blocos de cinco minutos, dos quais quatro minutos foram destinados ao estímulo do treinamento em alta intensidade e, no último minuto, houve a recuperação em menor intensidade. Nas semanas 13 a 16, foi implementado o treinamento contínuo, dessa forma, a mesma intensidade foi adotada durante toda a sessão de treinamento. A intensidade do treinamento aeróbio foi prescrita utilizando-se a frequência cardíaca no limiar anaeróbio (FC_{LAn}) obtida no teste progressivo em meio aquático. Durante as sessões de treinamento, cada participante utilizou um monitor de frequência cardíaca (Polar, modelo FT1™, Shanghai, China) para controlar a intensidade do treinamento. A periodização do treinamento aeróbio pode ser observada no quadro 1.

Quadro 1. Periodização do treinamento aeróbio.

| Semana | Blo-cos | Exercício de membro inferior | Exercício de membro superior | Tempo | Intensidade | Volume |
|--------|---------|---|--|---|--|--------|
| 1-4 | 6 | Corrida estacionária Corrida estacionária Chute frontal Chute frontal Deslize frontal | Empurra frente Flex/Ext. Cot. Empurra frente Flex/ext. Cot. ombros abd. Empurra frente | 1 min 1 min 1 min 1 min 1 min | 4 min a 90-95% FC_{LAn} + 1 min <85% FC_{LAn} | 30 min |
| 5-8 | 6 | Corrida estacionária Corrida estacionária Chute frontal Chute frontal Deslize frontal | Empurra frente Flex/Ext. Cot. Empurra frente Flex/ext. Cot. ombros abd. Empurra frente | 1 min 1 min 1 min 1 min 1 min | 4 min a 95-100% FC_{LAn} + 1 min <85% FC_{LAn} | 30 min |
| 9-12 | 6 | Corrida estacionária Corrida estacionária Chute frontal Chute frontal Deslize frontal | Empurra frente Flex/Ext. Cot. Empurra frente Flex/ext. Cot. ombros abd. Empurra frente | 1 min 1 min 1 min 1 min 1 min | 4 min a 100% FC_{LAn} + 1 min <85% FC_{LAn} | 30 min |
| 13-16 | 6 | Corrida estacionária Corrida estacionária Chute frontal Chute frontal Deslize frontal | Empurra frente Flex/Ext. Cot. Empurra frente Flex/ext. Cot. ombros abd. Empurra frente | 1 min 1 min 1 min 1 min 1 min | 100% FC_{LAn} | 30 min |

Flex/ext: flexão e extensão; Cot: covotelos; omb: ombros; abd: abduzidos; min: minuto; FC_{LAn} : frequência cardíaca correspondente ao limiar anaeróbio.

Treinamento combinado cujo treinamento de força progride para o uso de equipamentos resistido

O treinamento de força foi composto por dois blocos de exercícios. O bloco 1 foi composto pelos exercícios de flexão/extensão de cotovelos (realizado de forma bilateral) e flexão/extensão do joelho (realizados de forma unilateral). O bloco 2 foi composto pelos exercícios flexão/extensão de cotovelos com ombros abduzidos a 90° (realizado de forma bilateral) e flexão/extensão do quadril (realizados de forma unilateral). Durante as primeiras oito semanas de treinamento, cada exercício foi realizado por 30 segundos na intensidade correspondente ao índice 19 (extremamente intenso) da Escala de Percepção de Esforço de Borg (6-20) (BORG, 1982). A partir da nona semana de treinamento, foram realizados apenas os exercícios dos membros inferiores de cada bloco. A partir desse momento, os exercícios foram realizados com equipamentos resistidos (*hydro resistant leg trainers*, Speedo, Estados Unidos) por 20 segundos, mantendo a intensidade em 19 (extremamente intenso). Durante todas as sessões de treinamento, respeitou-se um intervalo passivo de dois minutos entre os blocos de exercícios. O treinamento de força teve a duração aproximada de 5 minutos durante toda a intervenção. A periodização do treinamento de força do grupo TCER pode ser visualizada no quadro 2.

O treinamento aeróbio realizado por esse grupo foi o mesmo realizado pelo grupo TA e cada participante utilizou um monitor de frequência cardíaca (Polar, modelo FT1™, Shanghai, China) para controlar a intensidade do treinamento.

Quadro 2. Periodização do treinamento de força do grupo treinamento combinado com progressão para equipamento resistido.

| Semana | Séries | Bloco de exercícios | Duração | Intensidade | Intervalo entre blocos | Equipamentos resistidos | Volume total |
|--------|--------|---|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|--------------|
| 1-8 | 1 | Bloco 1: Flex/ext cotovelos Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 30 s 30 s 30 s | IEP 19 de Borg (6-20) | 2 min (passivo) | - | 5 min |
| | 1 | Bloco 2: Flex/ext cot. omb. abd. Flex/ext quadril D Flex/ext quadril E | 30 s 30 s 30 s | | | | |
| 9-16 | 1 | Bloco 1: Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 20 s 20 s | IEP 19 de Borg (6-20) | 2 min (passivo) | Em membros inferiores | 4 min |
| | 1 | Bloco 2: Flex/ext quadril D Flex/ext quadril E | 20 s 20 s | | | | |

Flex/ext: flexão/extensão; Cot: cotovelos; D: direito; E: esquerdo; cot. omb. abd: de cotovelos com ombros abduzidos a 90°; s: segundos; min: minutos; IEP: índice de esforço percebido

Treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas

O treinamento de força foi composto por dois blocos de exercícios. O bloco 1 foi composto pelos exercícios de flexão/extensão de cotovelos (realizado de forma bilateral) e flexão/extensão do joelho (realizados de forma unilateral). O bloco 2 foi composto pelos exercícios flexão/extensão de cotovelos com ombros abduzidos a 90° (realizado de forma bilateral) e flexão/extensão do quadril (realizados de forma unilateral). Durante as primeiras oito semanas de treinamento, cada exercício foi realizado por 30 segundos na intensidade correspondente ao índice 19 (extremamente intenso) da Escala de Percepção de Esforço de Borg (6-20) (BORG, 1982). A partir da nona semana de treinamento, foram realizados apenas os exercícios dos membros inferiores de cada bloco e os exercícios foram realizados em três séries de 20 segundos no índice 19 (extremamente intenso). Respeitou-se um intervalo passivo de um minuto e 40 segundos entre as séries. Durante todo o período de treinamento, um intervalo passivo de dois minutos entre os blocos de exercícios foi respeitado. A duração do treinamento de força apresentou um aumento de 5 (semanas 1-8) para 13 minutos (semanas 9-16). A periodização do treinamento de força realizado pelo grupo TCSM é apresentada no quadro 3.

Quadro 3. Periodização do treinamento de força do grupo treinamento combinado com progressão para séries múltiplas.

| Semana | Séries | Bloco de exercícios | Duração | Intensidade | Intervalo entre séries | Intervalo entre blocos | Volume total |
|--------|--------|---|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------|
| 1-8 | 1 | Bloco 1: Flex/ext cotovelos Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 30 s 30 s 30 s | IEP 19 de Borg (6-20) | - | 2 min (passivo) | 5 min |
| | 1 | Bloco 2: Flex/ext cot. omb. abd. Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 30 s 30 s 30 s | | | | |
| 9-16 | 3 | Bloco 1: Flex/ext joelho D Flex/ext joelho E | 20 s 20 s | IEP 19 de Borg (6-20) | 1 min 40s (passivo) | 2 min (passivo) | 12 min 40 s |
| | 3 | Bloco 2: Flex/ext quadril D Flex/ext quadril E | 20 s 20 s | | | | |

Flex/ext: flexão/extensão; Cot: cotovelos; D: direito; E: esquerdo cot. omb. abd: de cotovelos com ombros abduzidos a 90°; s: segundos; min: minutos; IEP: índice de esforço percebido.

O treinamento aeróbio desse grupo foi o mesmo realizado pelo grupo TA. No entanto, devido ao aumento do tempo dispendido para o treinamento de força a partir da nona semana, o treinamento aeróbio desse grupo foi reduzido para 20 minutos nesse período. Durante as sessões de treinamento, cada participante usou um monitor de frequência cardíaca (Polar, modelo FT1™, Shanghai, China) para controlar a intensidade do treinamento.

Análise Estatística

Os dados são apresentados em média e intervalo de confiança de 95%. Os testes de Kolmogorov-Smirnov e Levene foram adotados para analisar a normalidade e homogeneidade dos dados, respectivamente. A ANOVA One-way e o teste Qui-quadrado foram realizados para comparar os dados dos três grupos no pré-treinamento. As Equações de Estimativa Generalizada (GEE) com *post hoc* de Bonferroni foram utilizadas para comparar a pressão arterial e a prevalência de hipertensão entre os diferentes grupos e momentos de avaliação. Para todas as análises, o nível de significância foi estabelecido em $\alpha = 0,05$ e foi utilizado o software estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, versão 22.0, IBM, EUA).

O tamanho de efeito intragrupo foi calculado utilizando o método d de Cohen (1988) a partir dos valores pré-treinamento e pós-16 semanas de treinamento de cada grupo. O tamanho de efeito foi classificado como pequeno (entre 0,2 e 0,5), moderado (entre 0,5 e 0,8) ou grande (0,8 ou mais) (COHEN, 1988).

RESULTADOS

Fluxograma de participantes e caracterização da amostra

Sessenta mulheres idosas apresentaram os critérios de elegibilidade para a participação no presente estudo. Durante as avaliações pré-treinamento, três participantes abandonaram o estudo, uma devido a problemas familiares e duas, a problemas de saúde. Dessa forma, 57 mulheres foram randomizadas entre os três grupos de treinamento, resultando na alocação de 19 participantes por grupo.

Após a randomização, cinco participantes abandonaram o estudo, representando uma taxa de abandono de 9%. Assim, 52 participantes finalizaram as 16 semanas de treinamento. No entanto, duas participantes modificaram a medicação para o controle da PA durante o estudo e, por esse motivo, seus dados foram excluídos da análise. Assim, os dados de 50 mulheres foram incluídos na análise. A figura 1 apresenta o fluxograma de participantes.

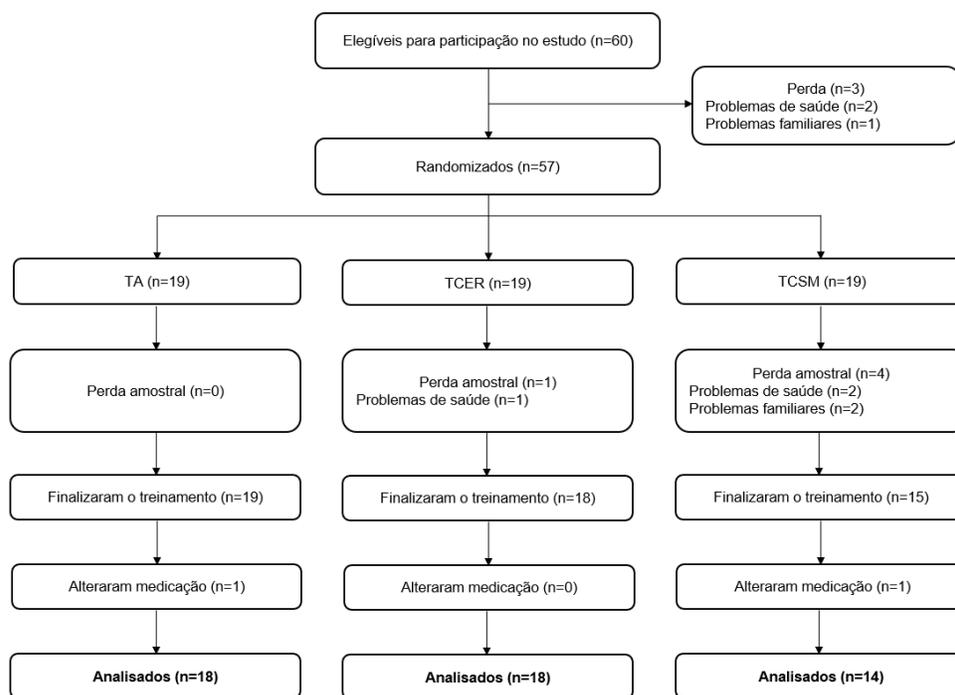


Figura 1. Fluxograma de participantes durante as fases da pesquisa.

As características iniciais da amostra são apresentadas na Tabela 1. Não houve diferenças entre os grupos em idade, massa corporal, altura, índice de massa corporal e número de usuárias de medicamentos para controle da PA.

Tabela 1. Valores de idade, estatura, massa corporal, índice de massa corporal e medicamentos utilizados dos grupos treinamento aeróbio (TA), treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para uso de equipamento resistido (TCER) e treinamento combinado cujo treinamento de força progrediu para séries múltiplas (TCSM).

| | TA (n=18) | TCER (n=18) | TCSM (n=14) | |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| | Média (IC 95%) | Média (IC 95%) | Média (IC 95%) | <i>p</i> |
| Idade (anos) | 67,16 (65,02 a 69,30) | 65,00 (63,11 a 66,88) | 65,50 (63,70 a 67,29) | 0,219 |
| Estatura (m) | 1,60 (1,56 a 1,64) | 1,57 (1,54 a 1,60) | 1,63 (1,59 a 1,67) | 0,070 |
| Massa corporal (kg) | 72,57 (65,57 a 79,56) | 73,22 (67,34 a 79,09) | 80,19 (72,88 a 87,50) | 0,202 |
| Índice de massa corporal (kg.m ⁻²) | 28,26 (25,34 a 31,18) | 29,34 (27,30 a 31,3) | 30,24 (26,91 a 33,56) | 0,571 |
| Medicações (n) | | | | |
| Betabloqueador | 1 | 5 | 4 | 0,160 |
| BRA | 5 | 8 | 3 | 0,342 |
| IECAs | 1 | 1 | 4 | 0,080 |
| Diurético | 5 | 4 | 2 | 0,658 |
| AAS | 1 | 2 | 2 | 0,703 |
| BCC | 1 | 0 | 0 | 0,404 |
| Usuárias de medicamento para controle da PA | 9 | 12 | 10 | 0,408 |

BRA: bloqueador do receptor da angiotensina II; IECAs: inibidores da enzima conversora de angiotensina; ASA: ácido acetilsalicílico ; CCB: Bloqueadores dos canais de cálcio; PA: pressão arterial; IC: limites inferiores e superiores, com intervalo de confiança de 95%.

Pressão arterial

Os resultados da PA podem ser observados na figura 2. A PAS apresentou diminuição significativa do momento pré-treinamento para os momentos pós-8 ($p=0,035$) e pós-16 semanas de treinamento ($p < 0,001$). Além disso, houve diferença significativa entre os valores pós-8 e pós-16 semanas de intervenção ($p=0,030$). A redução da PAS após as 16 semanas de intervenção foi de 6,53 mmHg para o TA, 10,45 mmHg para o TCER e 10,73 mmHg para o TCSM. Não foi observada diferença entre os grupos ($p=0,950$), nem interação tempo*grupo significativa ($p=0,495$). A pressão arterial diastólica (PAD) apresentou redução significativa do momento pré-treinamento para os momentos pós-8 semanas ($p < 0,001$) e pós-16 semanas de treinamento ($p < 0,001$), sem diferença entre os dois últimos momentos ($p=0,999$). A redução na PAD após as 16 semanas de intervenção foi de 6,23 mmHg para o TA, 4,61 mmHg para o TCER e 6,19 mmHg para o TCSM. Não foi verificada diferença entre os grupos ($p=0,139$), nem interação significativa ($p=0,949$).

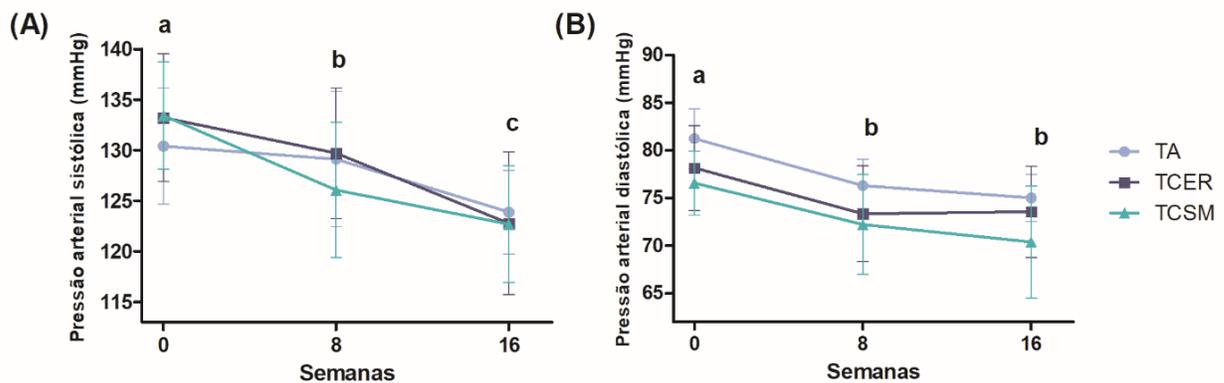


Figura 2. Pressão arterial sistólica (A) e pressão arterial diastólica (B) pré-treinamento, após 8 e 16 semanas de treinamento. TA: treinamento aeróbio; TCER: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamento resistido; TCSM: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas.

Os resultados da análise do tamanho de efeito para a PAS e PAD estão demonstrados na tabela 2.

Tabela 2. Média e limites inferiores e superiores (IC95%) do tamanho de efeito calculado para as comparações pré *versus* pós-16 semanas de treinamento para cada grupo de intervenção.

| Variável | Grupo | Média (IC 95%) |
|----------|-------|---------------------|
| PAS | TA | 0,59 (-0,08 a 1,26) |
| | TCER | 0,70 (0,03 a 1,38) |
| | TCSM | 0,94 (0,16 a 1,72) |
| PAD | TA | 0,99 (0,30 a 1,69) |
| | TCER | 0,45 (-0,21 a 1,11) |
| | TCSM | 0,62 (-0,13 a 1,38) |

PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; TA: treinamento aeróbico; TCER: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamento resistido; TCSM: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas; IC: limites inferiores e superiores, com intervalo de confiança de 95%.

Em relação à prevalência de hipertensão (tabela 3), anteriormente ao treinamento, 64% das participantes se encontravam na classificação de hipertensão estágio I ou II; após 16 semanas de treinamento, esse percentual foi reduzido para 42%, demonstrando que 22% das participantes deixaram a classificação da hipertensão.

Houve uma redução significativa na prevalência de hipertensão do pré- para o pós-treinamento ($p = 0,006$), sem diferença entre os grupos ($p = 0,745$) nem interação tempo*grupo ($p = 0,870$). No grupo TA, 16% das mulheres saíram da classificação de hipertensão, no grupo TCER esse percentual foi de 23% e no grupo TCSM, de 28,5%.

Tabela 3. Prevalência de hipertensão nos diferentes grupos pré e pós-intervenção.

| Grupo | Classificação | Pre-treinamento (%) | Pós-16 semanas (%) |
|--------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|
| TA | Normal | 11,11 | 33,33 |
| | Elevada | 22,22 | 16,66 |
| | Hipertensão estágio I | 33,33 | 38,88 |
| | Hipertensão estágio II | 33,33 | 11,11 |
| TCER | Normal | 11,11 | 44,44 |
| | Elevada | 27,77 | 16,66 |
| | Hipertensão estágio I | 22,22 | 11,11 |
| | Hipertensão estágio II | 38,88 | 27,77 |
| TCSM | Normal | 7,14 | 35,71 |
| | Elevada | 28,57 | 28,57 |
| | Hipertensão estágio I | 35,71 | 21,42 |
| | Hipertensão estágio II | 28,57 | 14,28 |

TA: treinamento aeróbio; TCER: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para uso de equipamento resistido; TCSM: treinamento combinado cujo treinamento de força progride para séries múltiplas.

DISCUSSÃO

A redução da PA observada após o treinamento aeróbio e combinado de hidroginástica é o principal achado do presente estudo. Embora sem diferença significativa, cabe destacar a maior redução promovida pelos treinamentos combinados em comparação com o treinamento aeróbio. A PAS diminuiu progressivamente ao longo da intervenção, ou seja, do pré-treinamento para pós-8 semanas de treinamento e desse momento para o pós-16 semanas de treinamento, enquanto que a PAD apresentou uma diminuição do pré-treinamento para o pós-8 semanas de treinamento e se manteve até o final da intervenção. Acredita-se que a diferença de comportamento entre a PAS e PAD pode ser explicada por seus valores iniciais. Antes do treinamento, os grupos apresentavam uma PAS média que pode ser classificada como hipertensão estágio I (WHELTON et al., 2018) e, após oito semanas de treinamento, esse valor reduzido à classificação de PA elevada. Portanto, após esse período inicial, ainda havia uma amplitude para melhora da PAS e, após 16 semanas de

treinamento, os valores se aproximaram da classificação de normalidade. Diferentemente, a PAD apresentou valores classificados como hipertensão no pré-treinamento e, após as primeiras 8 semanas, seus valores já foram reduzidos à classificação de normalidade.

Evidências sugerem que a redução da PA esteja associada a um risco reduzido de mortalidade, de acidente vascular cerebral e de desenvolvimento de doença arterial coronariana (PESCATELLO et al., 2004; WHELTON et al., 2018). Estima-se que uma diminuição de 2 mmHg na PAS e na PAD reduza o risco de acidente vascular cerebral em 14% e 17% e o risco de doença arterial coronariana em 9% e 6%, respectivamente (PESCATELLO et al., 2004). Esses dados ressaltam a importância da redução da PA observada nos grupos do presente estudo, que variou entre 4 e 10 mmHg.

Em relação à magnitude da redução da PA nos diferentes grupos de treinamento, embora sem diferença significativa, os grupos de treinamento combinado apresentaram uma redução de 10 mmHg na PAS, enquanto o grupo aeróbico, de 6 mmHg. Como pequenas reduções na PA já refletem importantes benefícios à saúde, vale ressaltar a maior redução promovida pelos treinamentos combinados. Possivelmente, por esse motivo, esses dois grupos também apresentaram uma maior redução do percentual de participantes classificados como hipertensos ao final da intervenção. Embora o presente estudo não tenha avaliado possíveis mecanismos, acreditamos que o treinamento aeróbico aquático também promova redução da PA a partir da diminuição da atividade do sistema nervoso simpático e do sistema renina-angiotensina, reduzindo a resistência periférica total, como ocorre com o treinamento aeróbico realizado em meio terrestre (FAGARD & CORNELISSEN, 2007). Essa hipótese é reforçada pelos estudos realizados por Delevatti et al. (2016) e Cruz et al. (2017) que observaram reduções na atividade da renina plasmática e na concentração de angiotensina II após o treinamento aeróbico aquático. Além disso, Cruz et al. (2017) também observaram aumento do óxido nítrico e diminuição da endotelina-1, o que pode ajudar a explicar a redução da PA, via melhora da função endotelial. Por outro lado, os mecanismos que explicam a redução da PA resultante do treinamento de força ainda não são claros. No entanto, parece que não estão associados a alterações no sistema nervoso simpático (FAGARD & CORNELISSEN, 2007), sugerindo que a diminuição da PA após o treinamento de força ocorre por diferentes fatores quando comparada ao treinamento aeróbico. Se, de fato, o treinamento aeróbico e de força promovem uma redução da PA por diferentes mecanismos, isso pode explicar as maiores reduções observadas nos grupos de treinamento

combinado no presente estudo. Corroborando esse achado, na meta-análise de rede conduzida por Naci et al. (2018) também observou-se que o treinamento combinado promoveu reduções ligeiramente maiores na PAS do que o treinamento aeróbio (-6 mmHg, IC 95% -8 a -4 e -4 mmHg, IC 95% -5 a -4, respectivamente). Ressalta-se que as reduções observadas no presente estudo são semelhantes à redução promovida por diferentes classes de medicamentos anti-hipertensivos (-8 mmHg, IC 95% -9 a -8) (NACI et al., 2018).

Os dois treinamentos combinados do presente estudo promoveram reduções semelhantes na PA. Esse resultado demonstra que a progressão do treinamento de força no meio aquático pode ser realizada mantendo-se o volume do treinamento e implementando o uso de equipamentos resistidos ou aumentando-se o volume do treinamento, mesmo que isso reduza o tempo disponível para treinamento aeróbio.

A redução da PA observada no presente estudo corrobora recente metanálise que demonstrou que o treinamento aquático reduz a PAS em 10 mmHg e a PAD em 4 mmHg em adultos e idosos (REICHERT et al., 2018). A literatura apresenta poucos estudos que avaliaram os efeitos do treinamento aquático na PA de idosos (NUTTAMONWARAKUL et al., 2012; YOO et al., 2013; REICHERT et al., 2016). Reichert et al. (2016) verificaram que um treinamento aeróbio intervalado de corrida em piscina funda reduziu a PAS e PAD em 10 e 6 mmHg, respectivamente, após 28 semanas de intervenção. Reduções semelhantes foram observadas no presente estudo com a mesma frequência semanal e duração da sessão, no entanto, em menor tempo de acompanhamento. No estudo citado, a diminuição da PA foi observada apenas na avaliação realizada após 28 semanas de treinamento, não sendo encontrada redução após as primeiras 12 semanas de intervenção. Os autores justificaram que a PA foi reduzida apenas no segundo período de treinamento porque uma maior intensidade de treinamento (próxima e correspondente ao limiar anaeróbio) foi prescrita nesse período. A redução semelhante observada em menor tempo de seguimento no presente estudo pode ser justificada pelas maiores intensidades propostas já no início do treinamento.

Da forma semelhante, Yoo et al. (2013) e Nuttamonwarakul et al. (2012) submeteram idosos a 12 semanas de treinamento aquático aeróbio de intensidade leve a moderada. Mesmo com maior frequência semanal (3 sessões por semana), as reduções na PAS e PAD observadas por Yoo et al. (2013) (8 e 3 mmHg, respectivamente) e Nuttamonwarakul et al. (2012) (2 e 3

mmHg, respectivamente) foram inferiores aos observados no presente estudo, o que pode estar associado à menor intensidade de treinamento.

Possíveis limitações do presente estudo são a ausência de um grupo controle e a ausência de um monitoramento 24h da PA. No entanto, destaca-se os pontos fortes do trabalho, como randomização, cegamento dos avaliadores e avaliação das adaptações a curto e a longo prazo. Além disso, ao que sabemos, este é o primeiro estudo a investigar os efeitos do treinamento combinado, tipo de treinamento recomendado para idosos, no meio aquático, sobre a PA dessa população.

CONCLUSÃO

Conclui-se que o treinamento aquático aeróbio e combinado realizados apenas duas vezes por semana promoveu uma redução significativa na PA de mulheres idosas. Embora sem diferença estatística, os treinamentos combinados promoveram maiores reduções da PAS em comparação ao treinamento aeróbio isolado, o que pode ser clinicamente importante. As estratégias de sobrecarga de treinamento de força no meio aquático de inclusão de equipamento resistido e aumento no número de série resultaram em semelhantes adaptações, sugerindo que ambas podem ser utilizadas.

REFERÊNCIAS

ALBERTON, C.L.; FINATTO, P.; PINTO, S.S.; ANTUNES, A.H.; CADORE, E.L.; TARTARUGA, M.P.; KRUEL, L.F.M. Vertical ground reaction force responses to different head-out aquatic exercises performed in water and on dry land. *J Sports Sci*, 33,795-805, 2014.

ALBERTON, C.L.; PINTO, S.S.; ANTUNES, A.H.; CADORE, E.L.; FINATTO, P.; TARTARUGA, M.P.; KRUEL, L.F.M. Maximal and ventilatory thresholds cardiorespiratory responses to three water aerobic exercises compared to treadmill on land. *J Strength Cond Res*, 1,1679-87, 2013.

BORG, G.A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(5),377-81, 1982.

COHEN, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, 2 ed. Laurence Erlbaum Associates, New York, 1988.

CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIOGLIO, P.; DROGHETTI, P.; CODECA, L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol*, 52(4): 869-73, 1982.

COSTA, R.R.; KANITZ, A.C.; REICHERT, T.; PRADO, A.K.G.; COCONCELLI, L.; BUTTELLI, A.C.K.; PEREIRA, L.F.; MASIERO, M.P.B.; MEINERZ, A.P.; CONCEIÇÃO, M.O.; SBEGHEN, I.L.; KRUEL, L.F.M. Water-based aerobic training improves strength parameters and cardiorespiratory outcomes in elderly women. *Exp Gerontology*, 15(108),231-239, 2018.

CORNELISSEN, V.A.; FAGARD, R.H. Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure regulating mechanisms and cardiovascular risk factors. *Hypertension*, 46:667–675, 2005.

CORNELISSEN, V.A.; SMART, N.A. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc*, 1;2(1):e004473, 2013.

CRUZ, L.G.; BOCCHI, E.A.; GRASSI, G.; GUIMARAES, G.V. Neurohumoral and Endothelial Responses to Heated Water-Based Exercise in Resistant Hypertensive Patients. *Circulation J*, 81(3): 339-345, 2017.

DELEVATTI, R.S.; KANITZ, A.C.; ALBERTON, C.L.; MARSON, E.C.; LISBOA, S.C.; PINHO, C.D.; LOVATEL, G.A.; KORB, A.; BERTOLDI, K.; MACEDO, R.C.; SIQUEIRA, I.R.; SCHAAN, B.D.; KRUEL, L.F. *J Sci Med Sport*, 19(8):688-93, 2016.

FAGARD, R.H.; CORNELISSEN, V.A. Effect of exercise on blood pressure control in hypertensive patients. *Eur J Cardio Prev R*, 14(1):12-7, 2007.

GABRIELSEN, A.; PUMP, B.; BIE, P.; CHRISTENSEN, N.J.; WARBERG, J.; NOR, S.K.P. Atrial distension, haemodilution, and acute control of renin release during water immersion in humans. *Acta Physiol Scand*, 174,91–9, 2002.

HIGASHI, Y.; SASAKI, S.; KURISU, S.; YOSHIMIZU, A.; SASAKI, N.; MATSUURA, H.; KAJIYAMA, G.; OSHIMA, T. Regular aerobic exercise augments endothelium dependent

vascular relaxation in normotensive as well as hypertensive subjects: role of endothelium-derived nitric oxide. *Circulation*, 100:1194–1202, 1999.

KRUEL, L.F.M.; COSTA, R.R.; KANITZ, A.C.; LIEDTKE, G.V. Treinamento de força no meio aquático: uma revisão sobre os aspectos históricos, fisiológicos e metodológicos. *R Bras Ci e Mov*, 26(2): 176-185, 2018.

LAWES, C.M.; VANDER HOORN, S.; RODGERS, A. Global burden of blood-pressure-related disease. *Lancet*, 371(9623),1513–8, 2008.

MOZAFFARIAN, D.; BENJAMIN, E.J.; GO, A.S.; ARNETT, D.K.; BLAHA, M.J.; CUSHMAN, M.; DE FERRANTI, S.; DESPRES, J.P.; FULLERTON, H.J.; HOWARD, V.J.; HUFFMAN, M.D.; JUDD, S.E.; KISSELA, B.M.; LACKLAND, D.T.; LICHTMAN, J.H.; LISABETH, L.D.; LIU, S.; MACKEY, R.H.; MATCHAR, D.B.; MCGUIRE, D.K.; MOHLER, E.R.; MOY, C.S.; MUNTNER, P.; MUSSOLINO, M.E.; NASIR, K.; NEUMAR, R.W.; NICHOL, G.; PALANIAPPAN, L.; PANDEY, D.K.; REEVES, M.J.; RODRIGUEZ, C.J.; SORLIE, P.D.; STEIN, J.; TOWFIGHI, A.; TURAN, T.N.; VIRANI, S.S.; WILLEY, J.Z.; WOO, D.; YEH, R.W.; TURNER, M.B. American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart disease and stroke statistics--2015 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*, 131,e29–322, 2015.

NACI, H.; SALCHER-KONRAD, M.; DIAS, S.; BLUM, M.R.; SAHOO, S.A.; NUNAN, D.; IOANNIDIS, J.P.A. How does exercise treatment compare with antihypertensive medications? A network meta-analysis of 391 randomised controlled trials assessing exercise and medication effects on systolic blood pressure. *Br J Sports Med*, 0:1–12, 2018.

NUTTAMONWARAKUL, A.; AMATYAKUL, S.; SUKSOM, D. Twelve weeks of aqua-aerobic exercise improve physiological adaptations and glycemic control in elderly patients with type 2 diabetes. *J Exerc Physiol Online*, 2,64–70, 2012.

PEDRALLI, M.L.; MARSCHNER, R.A.; KOLLET, D.P.; NETO, S.G.; EIBEL, B.; TANAKA, H.; LEHNEN, A.M. Different exercise training modalities produce similar endothelial function

improvements in individuals with prehypertension or hypertension: a randomized clinical trial exercise, endothelium and blood pressure. *Sci Rep*, 6;10(1):7628, 2020.

PESCATELLO, L.S.; FRANKLIN, B.A.; FAGARD, R.; FARQUHAR, W.B.; KELLEY, G.A.; RAY, C.A. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc*, 36,533–53, 2004.

PESCATELLO, L.S.; MACDONALD, H.V.; LAMBERTI, L.; JOHNSON, B.T. Exercise for hypertension: a prescription update integrating existing recommendations with emerging research. *Curr Hypertens Rep*, 17,87, 2015.

PENDERGAST, D.R.; MOON, R.E.; KRASNEY, J.J.; HELD, H.E.; ZAMPARO, P. Human physiology in an aquatic environment. *Compr Physiol*, 5,1705–50, 2015.

PICKERING, T.G.; HALL, J.E.; APPEL, L.J.; FALKNER, B.E.; GRAVES, J.; HILL, M.N.; JONES, D.W.; KURTZ, T.; SHEPS, S.G.; ROCCELLA, E.J. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public education of the American Heart Association council on high blood pressure research. *Circulation*, 111(5),697–71, 2005.

PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; ALBERTON, C.L.; ZAFFARI, P.; BAGATINI, N.C.; BARONI, B.M.; RADAELLI, R.; LANFERDINI, F.J.; COLADO, J.C.; PINTO, R.S.; VAZ, M.A.; BOTTARO, M.; KRUEL, L.F. Effects of intra-session exercise sequence during water-based concurrent training. *Int J Sports Med*, 35(1),41-8, 2014.

PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; BAGATINI, N.C.; ZAFFARI, P.; CADORE, E.L.; RADAELLI, R.; BARONI, B.M.; LANFERDINI, F.J.; FERRARI, R.; KANITZ, A.C.; PINTO, R.S.; VAZ, M.A.; KRUEL, L.F. Neuromuscular adaptations to water-based concurrent training in postmenopausal women: effects of intrasession exercise sequence. *Age (Dordr)*, 37(1),9751, 2015.

REICHERT, T.; KANITZ, A.C.; DELEVATTI, R.S.; BAGATINI, N.C.; BARROSO, B.M.; KRUEL, L.F. Continuous and interval training programs using deep water running improves functional fitness and blood pressure in the older adults. *Age (Dordr)*, 38(1),20, 2016.

REICHERT, T.; COSTA, R.R.; BARROSO, B.M.; DA ROCHA, V.M.B.; DELEVATTI, R.S.; KRUEL, L.F.M. Aquatic training in upright position as an alternative to improve blood pressure in adults and elderly: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 48(7),1727-1737, 2018.

United Nations. World Population Prospects 2017: <https://esa.un.org/unpd/wpp/>.

WHELTON, P.K.; CAREY, R.M.; ARONOW, W.S.; CASEY, D.E.; COLLINS, K.J.; DENNISON C.; DEPALMA, S.M.; GIDDING, S.; JAMERSON, K.A.; JONES, D.W.; MACLAUGHLIN, E.J.; MUNTNER, P.; OVBIAGELE, B.; SMITH, S.C.; SPENCER, C.C.; STAFFORD, R.S.; TALER, S.J.; THOMAS, R.J.; WILLIAMS, K.A.; WILLIAMSON, J.D.; WRIGHT, J.T. 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 Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Hypertension*, 71(6),1269-1324, 2018.

YOO, W.K.; KIM, S.K.; SONG, M.S. Effects of muscular and aqua aerobic combined exercise on metabolic indices in elderly women with metabolic syndrome. *J Exerc Nutrition Biochem*, 17,133–41, 2013.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se afirmar que o presente estudo agrega à literatura informações relevantes sobre a prescrição de treinamento de hidroginástica para mulheres idosas.

O treinamento aeróbio de hidroginástica é capaz de promover melhoras da força dinâmica máxima, da força isométrica máxima e da força explosiva em magnitude semelhante ao treinamento combinado. Destaca-se que os incrementos da força dinâmica máxima já são percebidos após as primeiras oito semanas de treinamento, enquanto que as demais manifestações da força apresentaram incrementos somente após as 16 semanas de treinamento (força explosiva e força isométrica máxima). Possivelmente, a melhora da força muscular possa estar atribuída à melhora da atividade neuromuscular que foi observada nos três grupos de treinamento após as 16 semanas de intervenção. Muito embora o treinamento aeróbio tenha se mostrado tão eficiente quanto os treinamentos combinados para a melhora da força muscular, em relação à espessura muscular, observamos uma redução no grupo de treinamento aeróbio, enquanto que os grupos combinados apresentaram uma manutenção.

Os três treinamentos propostos promoveram melhora significativa do $VO_{2\text{pico}}$ e do $\%VO_{2LV2}$ após 16 semanas de intervenção, enquanto que adaptações positivas no VO_{2LV2} foram encontradas após oito e após 16 semanas de treinamento. Por fim, os três grupos de treinamento apresentaram redução da pressão arterial sistólica após oito e após 16 semanas de intervenção. Ainda que sem diferença estatística, destaca-se a maior redução observada nos grupos de treinamento combinado, que pode ser clinicamente importante. A pressão arterial diastólica apresentou uma redução em todos os grupos após as primeiras oito semanas de treinamento, se mantendo constante até o final da intervenção.

A partir dos resultados observados, recomenda-se a prática de um treinamento combinado de hidroginástica para mulheres idosas, uma vez que esse tipo de treinamento promove os mesmos incrementos de força muscular e de capacidade cardiorrespiratória que o treinamento aeróbio. Além disso, o treinamento combinado parece maximizar a redução da pressão arterial e promover um efeito protetor contra a redução de massa muscular.

TRABALHOS PUBLICADOS VINCULADOS COM A PRESENTE TESE DE DOUTORADO

Os dados apresentados nesta tese geraram até a presente data as seguintes publicações:

Reichert T, Costa RR, Preissler AAB, Oliveira HB, Bracht CG, Barroso BM, de Mello Bones da Rocha V, Correia AF, Kruel LFM. Short and long-term effects of water-based aerobic and concurrent training on cardiorespiratory capacity and strength of older women. *Exp Gerontol.* 14;142:111103, 2020

Reichert T, Costa RR, Barroso BM, da Rocha VMB, Oliveira HB, Bracht CG, de Azevedo AG, Kruel LFM. Long-Term Effects of Three Water-Based Training Programs on Resting Blood Pressure in Older Women. *J Aging Phys Act.* 25;1-9, 2020

REFERÊNCIAS

AAGAARD, P.; SUETTA, C.; CASEROTTI, P.; MAGNUSSON, S.P.; KJAER, M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scand J Med Sci Sports*, 20:49–64, 2010.

ALBERTON, C.L.; ANTUNES, A.H.; BEILKE, D.D.; PINTO, S.S.; KANITZ, A.C.; TARTARUGA, M.P.; KRUEL, L.F.M. Maximal and ventilatory thresholds of oxygen uptake and rating of perceived exertion responses to water aerobic exercises. *J Strength Cond Res*, 27(7):1897-1903, 2013a.

ALBERTON, C.L.; KANITZ, A.C.; PINTO, S.S.; ANTUNES, A.H.; FINATTO, P.; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F.M. Determining the anaerobic threshold in water aerobic exercises: A comparison between the heart rate deflection point and the ventilatory method. *J Sports Med Phys Fitness (Testo stampato)*, 53:358-367, 2013b.

ALBERTON, C.L.; CADORE, E.L.; PINTO, S.S.; TARTARUGA, M.P.; SILVA, E.M.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory, neuromuscular and kinematic responses to stationary running performed in water and on dry land. *Eur J App Physiol*, 111:1157-1166, 2011.

ALEXANDER, R. Mechanics and energetics of animal locomotion. In Alexander R, Goldspink G (eds.). *Swimming* London: Chapman & Hall 222-248, 1977.

ALLEY, D.E.; KOSTER, A.; MACKEY, D.; CAWTHON, P.; FERRUCCI, L.; SIMONSICK, E.M.; YU, B.; HARDY, S.; GOODPASTER, B.; SARKISIAN, C.; HOUSTON, D.K.; KRITCHEVSKY, S.B.; CUMMINGS, S.; LEE, J.S.; TYLAVSKY, F.A.; NEWMAN, A.; HARRIS, T.; Health, Aging and Body Composition Study. Hospitalization and change in body composition and strength in a population-based cohort of older persons. *J Am Geriatr Soc*, 58(11):2085-91, 2010.

ANDRADE, R.M.; MATSUDO, S.M.M. Relação da força explosiva e potência muscular com a capacidade funcional no processo de envelhecimento. *Rev Bras Med Esporte*[online], 16(5):344-348, 2010.

ANDRADE, L.S.; PINTO, S.S.; SILVA, M.R.; SCHAUN, G.Z.; PORTELLA, E.G.; NUNES, G.N.; DAVID, G.B.; WILHELM, E.N.; ALBERTON, C.L. Water-based continuous and interval training in older women: Cardiorespiratory and neuromuscular outcomes (WATER study). *Exp Gerontol*, 5;134:110914, 2020.

ARBORELIUS, M.J.R.; BALLIDIN, U.I.; LILJA, B.; LUNDGREN, C.E. Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. *Aerosp Med*. 43(6):592-8, 1972.

ARTERO, E.G.; LEE, D.C.; RUIZ, J.R.; SUI, X.; ORTEGA, F.B.; CHURCH, T.S.; LAVIE, C.J.; CASTILLO, M.J.; BLAIR, S.N. A prospective study of muscular strength and all-cause mortality in men with hypertension. *J Am Coll Cardiol*, 3;57(18):1831-7, 2010.

BAGATINI, N.C. Respostas biomecânicas e fisiológicas de um exercício de hidroginástica executado com e sem equipamentos. Dissertação de mestrado, 2016.

BARNETT, K., MERCER, S.W.; NORBURY, M.; WATT, G.; WYKE, S.; GUTHRIE, B. Epidemiology of multimorbidity and implications for health care, research, and medical education: a cross-sectional study. *Lancet*, 7;380(9836):37-43, 2012.

BENTO, P. C.; PEREIRA, G.; UGRINOWITSCH, C.; RODACKI, A. L. The effects of a water-based exercise program on strength and functionality of older adults. *J Aging Phys Act*, 20(4):469-83, 2012.

BENTO, P.C.; RODACKI, A.L. Muscle function in aged women in response to a water-based exercises program and progressive resistance training. *Geriatr Gerontol Int*, 15(11):1193-200, 2015.

BLACK, G.L. Estudo comparativo entre respostas eletromiográficas realizado com exercícios de velocidade e resistência variável no meio líquido. Dissertação de mestrado, 2005.

BLAIR, S.N.; KOHL, H.W.; BARLOW, C.E.; PAFFENBARGER JR., GIBBONS, L.W.; MACERA C.A. Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA*, 12;273(14):1093-8, 1995.

BOCALINI, D.S.; SERRA, A.J.; MURAD, N.; LEVY, R.F. Water- versus land-based exercise effects on physical fitness in older women. *Geriatr Gerontol In*, 8(4):265-71, 2008.

BOHANNON, R.W. Hand-grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults. *J Geriatr Phys Ther*, 31(1):3-10, 2008.

BOOTH, F.W.; WEEDEN, S.H.; TSENG, B.S. Effect of aging on human skeletal muscle and motor function. *Med Sci Sports Exerc*, 26(5):556-60, 1994.

BORREANI, S.; COLADO, J.C.; FURIO, J.; MARTIN, F.; TELLA, V. Muscle activation in young men during a lower limb resistance exercise with different devices. *The Phys and Sports Med*, 42(2): 80-86, 2014.

BOUTCHER, Y.N.; BOUTCHER, S.H. Exercise intensity and hypertension: what's new? *J Hum Hypertens*. 31(3):157-164, 2017.

BROOK, R.D.; APPEL, L.J.; RUBENFIRE, M.; OGEDEGBE, G.; BISOGNANO, J.D.; ELLIOTT, W.J. Beyond medications and diet: alternative approaches to lowering blood pressure: a scientific statement from the American Heart Association. *Hypertension*, 61:1360–83, 2013.

CHARLIER, R.; KNAEPS, S.; MERTENS, E.; ROIE, E.; DELECLUSE, C.; LEFEVRE, J.; THOMIS, M. Age-related decline in muscle mass and muscle function in Flemish Caucasians: a 10-year follow-up. *Age*, 38(2):36, 2016.

CHODZKO-ZAJKO, W.; PROCTOR, D.N.; SINGH, M.A.F.; MINSON, C.T.; NIGG, C.R.; SALEM, G.J.; SKINNER, J.S. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(7):1510-1530, 2004.

CLARK, B.C.; MANINI, T.M. Functional consequences of sarcopenia and dynapenia in the elderly. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 13(3):271-6, 2010.

CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIOGLIO, P.; DROGHETTI, P.; CODECA, L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol*, 52(4): 869-73, 1982.

CONNELLY, D.M.; RICE, C.L.; ROOS, M.R.; VANDERVOORT, A.A. Motor unit firing rates and contractile properties in tibialis anterior of young and old men. *J Appl Physiol*, 87(2):843-52, 1999.

COLADO, J.C.; BORREANI, S.; PINTO, S.S.; TELLA, V.; MARTIN, F.; FLANDEZ, J.; KRUEL, L.F.M. Neuromuscular responses during aquatic resistance exercise with different devices and depths. *J Strength and Cond Resear*, 27(12):3384-3390, 2013.

COSTA, R.R. Efeitos de dois modelos de treinamento de hidroginástica em parâmetros fisiológicos de mulheres idosas dislipidêmicas: um ensaio clínico randomizado controlado. Tese de Doutorado, 2015.

COSTA, R.R.; KANITZ, A.C.; REICHERT, T.; PRADO, A.K.G.; COCONCELLI, L.; BUTTELLI, A.C.K.; PEREIRA, L.F.; MASIERO, M.P.B.; MEINERZ, A.P.; CONCEIÇÃO, M.O.; SBEGHEN, I.L.; KRUEL, L.F.M. Water-based aerobic training improves strength parameters and cardiorespiratory outcomes in elderly women. *Exp Gerontol*, 15(108): 231-9, 2018.

DELEVATTI, R. S.; ALBERTON, C. L.; KANITZ, A. C. ; MARSON, E. C.; KRUEL, L. F. M. . Vertical ground reaction force during land- and water-based exercise performed by patients with type 2 diabetes. *Med Sportiva*, v. XI: 2501-2508, 2015.

DELEVATTI, R.S.; KANITZ, A.C.; BRACHT, C.G.; LISBOA, S.D.C.; MARSON, E.C.; REICHERT, T.; BONES, V.; KRUEL, L.F.M. Effects of 2 models of aquatic exercise training on cardiorespiratory responses of patients with type 2 diabetes: the diabetes and aquatic training study-a randomized controlled trial. *J Phys Act Health*, 29:1-9, 2020.

DENADAI, B.S. limiar anaeróbio: considerações fisiológicas e metodológicas. *Rev Bras Ativ Fís Saúde*, 1(2), 1995.

DOHERTY, T.J.; VANDERVOORT, A.A.; BROWN, W.F. Effects of ageing on the motor unit: a brief review. *Can J Appl Physiol*, 18(4):331-58, 1993.

ECKEL, R.H.; JAKICIC, J.M.; ARD, J.D.; DE JESUS, J.M.; HOUSTON MILLER, N.; HUBBARD, V.S. 2013 AHA/ACC guideline on lifestyle management to reduce cardiovascular risk: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines. *J Am Coll Cardiol*, 63:2960–84, 2014.

EPSTEIN, M. Renal effects of head-out water immersion in humans: a 15-year update. *Physiol Rev*, 72(3):563-621, 1992.

FABBRI, E.; ZOLI, M.; GONZALEZ-FREIRE, M.; SALIVE, M.E.; STUDENSKI, S.A.; FERRUCCI, L. Aging and multimorbidity: new tasks, priorities, and frontiers for integrated gerontological and clinical research. *J Am Med Dir Assoc*, 1;16(8):640-7, 2015.

FLEG, J.L.; LAKATTA, E.G. Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO_{2max} . *J Appl Physiol*, 65(3):1147-51, 1988.

FLEG, J.L.; MORREL, C.H.; BOS, A.G.; BRANT, L.J.; TALBOT, L.A.; WRIGHT, J.G. Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation*, 112(5): 674-82, 2005.

FOLDVARI, M.; CLARK, M.; LAVIOLETTE, L.C.; BERNSTEIN, M.A.; KALITON, D.; CASTANEDA, C.; PU, C.T.; HAUSDORFF, J.M.; FIELDING, R.A.; SINGH, M.A. Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55(4):M192-9, 2000.

FRONTERA, W.R.; HUGHES, V.A.; LUTZ, K.J.; EVANS, W.J. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- 70 78-yr-old- men and women. *J App Physiol*, 71:644-650, 1991.

FRONTERA, W.R.; HUGHES, V.A.; FIELDING, R.A.; FIATARONE, M.A.; EVANS, W.J.; ROUBENOFF, R. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol*, 88(4):1321-6, 2000.

GABRIELSEN, A.; PUMP, B.; BIE, P.; CHRISTENSEN, N.J.; WARBERG, J.; NOR, S.K.P. Atrial distension, haemodilution, and acute control of renin release during water immersion in humans. *Acta Physiol Scand*, 174,91-9, 2002.

GARBER, C.E.; BLISSMER, B.; DESCHENES, M.R.; FRANKLIN, B.A.; LAMONTE, M.J.; LEE, I.; NIEMAN, D.C.; SWAIN, D.P. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory,

musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 43(7):1334-59, 2011.

GOODPASTER, B.H.; CARLSON, C.L.; VISSER, M.; KELLEY, D.E.; SCHERZINGER, A.; HARRIS, T.B.; STAMM, E.; NEWMAN, A.B. Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The Health ABC Study. *J Appl Physiol*, 90:2157–2165, 2001.

GOODPASTER, B.H.; PARK, S.W.; HARRIS, T.B.; KRITCHEVSKY, S.B.; NEVITT, M.; SCHWARTZ, A.V.; SIMONSICK, M.; TYLAVSKY, F.A.; VISSER, M.; NEWMAN, A.B. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 61:1059–1064, 2006.

GOKCE, N.; HOLBROOK, M.; DUFFY, S.J.; DEMISSIE, S.; CUPPLES, L.A.; BIEGELSEN, E.; KEANEY, J.F.; LOSCALZO, J.; VITA, J.A. Effects of race and hypertension on flow-mediated and nitroglycerin-mediated dilation of the brachial artery. *Hypertension*, 38, 1349–1354, 2001.

GRAEF, F.I.; ALBERTON, C.L.; KRUEL, L.F. Frequência cardíaca em homens imersos em diferentes temperaturas de água. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, Porto - Portugal*, 5, 3, 266-272, 2005.

GRAEF, F.I.; PINTO, R.S.; ALBERTON, C.L.; LIMA, W.C.; KRUEL, L.F.M. The effects of resistance training performed in water on muscle strength in the elderly. *J Strength Cond Res*, 24:3150-3156, 2010.

HUGHES, V.A.; FRONTERA, W.R.; WOOD, M.; EVANS, W.J.; DALLAL, G.E.; ROUBENOFF, R.; SINGH, M.A. Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity, and health. *J Gerontol Biol Sci*, 56(5):209-217, 2001.

JACKSON, A.S.; BEARD, E.F.; WIER, L.T.; ROSS, R.M.; STUTEVILLE, J.E.; BLAIR, S.N. Changes in aerobic power of men, ages 25-70 yr. *Med Sci Sports Exerc*, 27(1):113-20, 1995.

JAMES, P.A.; OPARIL, S.; CARTER, B.L.; CUSHMAN, W.C.; DENNISON, C.; HANDLER, J. Evidence-based guideline for the management of high blood pressure in adults: Report from

the panel members appointed to the eighth Joint National Committee (JNC 8). *JAMA*, 311:507–20, 2014.

KANITZ, A.C. Efeitos de dois modelos de treinamento de hidroginástica nas respostas cardiorrespiratórias e na força de mulheres idosas: um ensaio clínico randomizado controlado. Porto Alegre, 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

KANITZ, A.C.; DELEVATTI, R.S.; REICHERT, T.; LIEDTKE, G.V.; FERRARI, R.; ALMADA, B.P.; PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; KRUEL, L.F. Effects of two deep water training programs on cardiorespiratory and muscular strength responses in older adults. *Exp Gerontol*, 64: 55–61, 2015a.

KANITZ, A.C.; REICHERT, T.; LIEDTKE, G.V.; PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; Antunes, A.H.; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F.M. Respostas cardiorrespiratórias máximas e no limiar anaeróbio da corrida em piscina funda. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*, 17: 41-50, 2015b.

KARAMANIDIS, K.; ARAMPATZIS, A. Mechanical and morphological properties of human quadriceps femoris and triceps surae muscle-tendon unit in relation to aging and running. *J Biomech*, 39(3):406-17, 2006.

KLASS, M.; BAUDRY, S.; DUCHATEAU, J. Age-related decline in rate of torque development is accompanied by lower maximal motor unit discharge frequency during fast contractions. *J Appl Physiol*, 104:739–746, 2008.

KAYA, R.D.; NAKAZAWA, M.; HOFFMAN, R.L.; CLARK, B.C. Interrelationship between muscle strength, motor units, & aging. *Exp Gerontol*, 48(9):920–925, 2013.

KODAMA, S.; SAITO, K.; TANAKA, S.; MAKI, M.; YACHI, Y.; ASUMI, M.; SUGAWARA, A.; TOTSUKA, K.; SHIMANO, H.; OHASHI, Y.; YAMADA, N.; SONE, H. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA*, 301(19): 2024–2035, 2009.

KRUEL, L.F.M. Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água. Tese de doutorado, 2000.

KRUEL, L.F.; BEILKE, D.D.; KANITZ, A.C.; ALBERTON, C.L.; ALBERTON, C.L.; ANTUNES, A.H.; PANTOJA, P.D.; SILVA, E.M.; PINTO, S.S. Cardiorespiratory responses to stationary running in water and on land. *J Sci Med Sport*, 12: 594-600, 2013.

KRUEL, L.F.; PEYRE-TARTARUGA, L.A.; COERTJENS, M.; DIAS, A.B.C.; SILVA, R.C.; RANGEL, A.C.B. Using heart rate to prescribe physical exercise during head-out water immersion. *J Strength Cond Res*, 28:281-289, 2014.

KRUEL, L.F.; DIAS, A.B.C.; SILVA, R.C.; PICANÇO, P.P.; RANGEL, A.C.B. Frequência cardíaca durante imersão no meio líquido. *Fitness and Performance Journal*, Rio de Janeiro, 1(6): 46-51, 2002.

KRUEL, L.F.M.; COSTA, R.R.; KANITZ, A.C.; LIEDTKE, G.V. Treinamento de força no meio aquático: uma revisão sobre os aspectos históricos, fisiológicos e metodológicos. *R Bras Ci e Mov*, 26(2): 176-185, 2018.

LAKATTA, E.G. Age-associated cardiovascular changes in health: impact on cardiovascular disease in older persons. *Heart Fail Ver*, 7(1): 29–49, 2002.

LAKATTA, E.G.; LEVY, D. Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises: part I: aging arteries: a “set up” for vascular disease. *Circulation*, 107(1):139–146, 2003.

LEWINGTON, S.; CLARKE, R.; QIZILBASH, N.; PETO, R.; COLLINS, R. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *Lancet*, 14;360(9349):1903-13, 2002.

LIEDTKE, G.V. Comparação dos efeitos de diferentes métodos de treinamento de hidroginástica no equilíbrio corporal e na aptidão física de mulheres idosas. Porto Alegre, 2014. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LIM, S.S.; VOS, T.; FLAXMAN, A.D.; DANAEI, G. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010 : a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 380 (9859): 2224-60, 2012.

LING, C.H.Y.; TAEKEMA, D.; CRAEN, A.J.M.; GUSSEKLOO, J.; WESTENDORP, R.G.J., MAIER, A.B. Handgrip strength and mortality in the oldest old population: the Leiden 85-plus study. *CMAJ*, 23; 182(5): 429–435, 2010.

LOPEZ, A.L.D.; MATHERS, C.D.; EZZATI, M.; JAMISON, D.T.; MURRAY, C.J.L. Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: systematic analysis of population health data. *Lancet*, 367:1747–1757, 2006.

LYNCH, N.A.; METTER, E.J.; LINDLE, R.S. Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J Appl Physiology*, 86(1):188-194, 1999.

MAGEL, J.R.; MCARDLE, W.D.; GLASER, R.M. Telemetered heart rate response to selected competitive swimming events. *J Appl Physiol*, 26: 764-70, 1969.

MANINI, T.M.; CLARK, B.C. Dynapenia and aging: an update. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 67(1):28-40, 2012.

MASORO, E. Handbook of Physiology Section 11. In: Masoro E, editor. New York (NY): Oxford University Press; 3–21, 1995.

MATSUDO, S.M.M. Envelhecimento, Exercício e Saúde. Londrina: Midiograf, 2013.

MAUGHAN, R.J.; WATSON, J.S.; WEIR, J. Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle. *J Physiol*, 338:37– 49, 1983.

MYERS, J.; PRAKASH, M.; FROELICHER, V.; DO, D.; PARTINGTON, S.; ATWOOD, J.E. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*, 14;346(11):793-801, 2002.

MOZAFFARIAN, D.; BENJAMIN, E.J.; GO, A.S.; ARNETT, D.K.; BLAHA, M.J.; CUSHMAN, M.; DE FERRANTI, S.; DESPRES, J.P.; FULLERTON, H.J.; HOWARD, V.J.; HUFFMAN, M.D.; JUDD, S.E.; KISSELA, B.M.; LACKLAND, D.T.; LICHTMAN, J.H.; LISABETH, L.D.; LIU, S.; MACKEY, R.H.; MATCHAR, D.B.; MCGUIRE, D.K.; MOHLER, E.R.; MOY, C.S.; MUNTNER, P.; MUSSOLINO, M.E.; NASIR, K.; NEUMAR, R.W.; NICHOL, G.; PALANIAPPAN, L.; PANDEY, D.K.; REEVES, M.J.; RODRIGUEZ, C.J.; SORLIE, P.D.; STEIN, J.; TOWFIGHI, A.; TURAN, T.N.; VIRANI, S.S.; WILLEY, J.Z.;

WOO, D.; YEH, R.W.; TURNER, M.B. American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart disease and stroke statistics--2015 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*, 131,e29–322, 2015.

NARICI, M.V.; MAGANARIS, C.N.; REEVES, N.D.; CAPODAGLIO, P. Effect of aging on human muscle architecture. *J Appl Physiol*, 95(6):2229-34, 2003.

NELSON, M.E.; REJESKI, W.J.; BLAIR, S.J.; DUNCAN, P.W.; JUDGE, J.O.; KING, A.C.; MACERA, C.A.; CASTANEDA-SCEPPA, C. 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*, 39(8):1435-45, 2007.

NUTTAMONWARAKUL, A.; AMATYAKUL, S.; SUKSOM, D. Twelve weeks of aqua-aerobic exercise improve physiological adaptations and glycemic control in elderly patients with type 2 diabetes. *J Exerc Physiol Online*, 2:64-70, 2012.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DAS NAÇÕES UNIDAS, 2019. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/>

PARAHYBAI, M.I.; VERASII, R.; MELZERIII, D. Incapacidade funcional entre as mulheres idosas no Brasil. *Rev Saúde Pública*. 39(3), 2005.

PENDERGAST, D.R.; MOON, R.E.; KRASNEY, J.J.; HELD, H.E.; ZAMPARO, P. Human Physiology in an Aquatic Environment. *Compr Physiol*, 20;5(4):1705-50, 2015.

PESCATELLO, L.S.; FRANKLIN, B.A.; FAGARD, R.; FARQUHAR, W.B.; KELLEY, G.A.; RAY, C.A. American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc*, 36(3):533-53, 2004.

PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; ALBERTON, C.L.; SILVA, E.M.; KANITZ, A.C.; TARTARUGA, M.P.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory and neuromuscular responses during water aerobics exercise performed with and without equipment. *Int J Sports Med*, 32: 916-923, 2011.

PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; ALBERTON, C.L.; ZAFFARI, P.; BAGATINI, N.C.; BARONI, B.M.; RADAELLI, R.; LANFERDINI, F.J.; COLADO, J.C.; PINTO, R.S.; VAZ,

M.A.; BOTTARO, M.; KRUEL, L.F. Effects of intra-session exercise sequence during water-based concurrent training. *Int J Sports Med*, 35(1):41-8, 2014.

PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; BAGATINI, N.C.; ZAFFARI, P.; CADORE, E.L.; RADAELLI, R.; BARONI, B.M.; LANFERDINI, F.J.; FERRARI, R.; KANITZ, A.C.; PINTO, R.S.; VAZ, M.A.; KRUEL, L.F. Neuromuscular adaptations to water-based concurrent training in postmenopausal women: effects of intrasession exercise sequence. *Age*, 37(1):9751, 2015a.

PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; CADORE, E.L.; ZAFFARI, P.; BARONI, B.M.; LANFERDINI, F.J.; RADAELLI, R.; PANTOJA, P.D.; PEYRE-TARTARUGA, L.A.; SHOENELL, M.; VAZ, M.A.; KRUEL, L.F.M. Water-based concurrent training improves peak oxygen uptake, rate of force development, jump height and neuromuscular economy in young women. *J Strength Cond Res*, 29: 1846-1854, 2015b.

PINTO, S.S. Efeitos de um treinamento concorrente na hidroginástica sobre as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias de mulheres jovens e pós-menopáusicas. Dissertação de mestrado, 2009.

REICHERT, T.; DELEVATTI, R.S.; PRADO, A.K.G.; BAGATINI, N.C.; SIMMER, N.M.; MEINERZ, A.P.; BARROSO, B.M.; COSTA, R.R.; KANITZ, A.C.; KRUEL, L.F.M. Low- and high-volume water-based resistance training induces similar strength and functional capacity improvements in older women: a randomized study. *J Phys. Act. Health*. 1;15(8):592-599, 2018.

REICHERT, T.; BAGATINI, N.C.; SIMMER, N.M.; MEINERZ, A.P.; BARROSO, B.M.; PRADO, A.K.G.; DELEVATTI, R.S.; COSTA, R.R.; KANITZ, A.C.; KRUEL, L.F.M. Effects of different models of water-based resistance training on muscular function of older women. *Res Q Exerc Sport*, 90(1): 46-53, 2019a.

REICHERT, T.; DELEVATTI, R.S.; PRADO, A.K.G.; BAGATINI, N.C.; SIMMER, N.M.; MEINERZ, A.P.; BARROSO, B.M.; COSTA, R.R.; KANITZ, A.C.; KRUEL, L.F.M. Effects of three water-based resistance trainings on maximal strength, rapid strength and muscular endurance of sedentary and trained older women. *Arch Med Deporte*, 36(3):138-144, 2019b.

REINHARD, U.; MULLER, P.H.; SCHMULLING, R.M. Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. *Respiration*, 38(36):42, 1979.

RUIZ, J.R.; SUI, X.; LOBELO, F.; MORROW, J.R.; JACKSON, A.W.; SJÖSTRÖM, M.; BLAIR, S.N. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *BMJ*, 337:-439, 2008.

RUOTI, R.C.; TROUP, J.T.; BERGER, R.A. The effects of nonswimming water exercises on older adults. *J Orthop Sports Phys Ther*, 19(3):140–145, 1994.

SARKI, A.M.; NDUKA, C.U.; STRANGES, S.; KANDALA, N.B.; UTHMAN, O.A. Prevalence of hypertension in low- and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*, 94(50):e1959, 2015.

SHEPHARD, R.J. Maximal oxygen intake and independence in old age. *Br J Sports Med*, 43(5):342-6, 2009.

SOVA, R. *Aquatics: The Complete Reference Guide for Aquatic Fitness Professionals*. Boston, IL: Jones & Bartlett Publishers, 1992

SUN, Z. Aging, Arterial stiffness and hypertension. *Hypertension*, 65(2): 252–256, 2016.

TAKESHIMA, N.; ROGERS, M.E.; WATANABE, E.; BRECHUE, W.F.; OKADA, A.; YAMADA, T.; ISLAM, M.M.; HAYANO, J. Water based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. *Med Sci Sports Exerc*, 34(3):544-551, 2002.

TAUNTON, J.E.; RHODES, E.C.; WOLSKI, L.A.; DONNELLY, M.; WARREN, J.; ELLIOT, J.; MCFARLANE, L.; LESLIE, J.; MITCHELL, J.; LAURIDSEN, B. Effect of land-based and water-based fitness programs on the cardiovascular fitness, strength and flexibility of women aged 65-75 years. *Gerontology*, 42(4):204-10, 1996.

TSOURLOU, T.; BENIK, A.; DIPLA, K.; ZAFEIRIDIS, A.; KELLIS, S. The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *J Strength Cond Res*, 20(1):811-818, 2006.

WANG, M.; MONTICONE, R.E.; LAKATTA, E.G. Arterial aging: a journey into subclinical arterial disease. *Curr Opin Nephrol Hypertens*, 19(2):201–207, 2010.

WESTERTERP K. Daily physical activity and ageing. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 3:485–8, 2000.

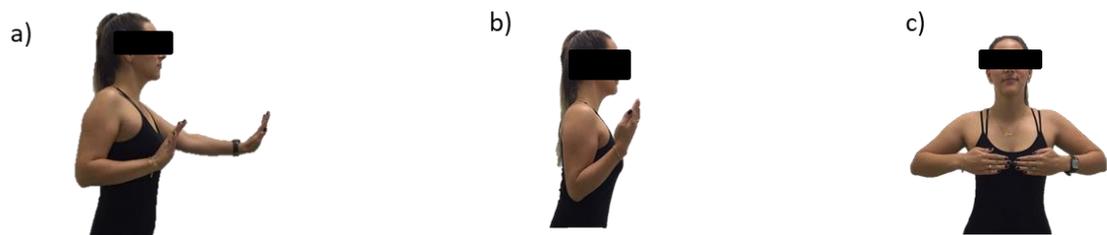
YOO, W.K.; KIM, S.K.; SONG, M.S. Effects of muscular and aqua aerobic combined exercise on metabolic índices in elderly women with metabolic syndrome. *J Exerc Nutr Biochem*, 17:133–41, 2013.

ZAFFARI, P. Efeitos de um treinamento combinado na hidrogenástica sobre variáveis neuromusculares, cardiorrespiratórias e funcionais de mulheres idosas. Porto Alegre, 2014. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

APÊNDICE A



Exercícios de membros inferiores realizados no treinamento aeróbio a) Corrida estacionária; b) Chute frontal; c) Deslize frontal.



Exercícios de membros superiores realizados no treinamento aeróbio a) Empurra frente; b) Flexão/extensão de cotovelos; c) Flexão/extensão de cotovelos com ombros abduzidos.

APÊNDICE B



Exercícios realizados no bloco 1 de treinamento de força a) Flexão/extensão de cotovelos; b) Chute da perna direita; c) Chute da perna esquerda.



Exercícios realizados no bloco 2 de treinamento de força a) Flexão/extensão de cotovelos com ombros abduzidos; b) Flexão/extensão da perna direita; c) Flexão/extensão da perna esquerda.

