

# Aspectos metodológicos e aplicações clínicas dos exercícios com restrição do fluxo sanguíneo

*Methodological aspects and clinical applications  
of exercise with blood flow restriction*

---

Karynne Grutter

Daniel A. Bottino

Paulo T. V. Farinatti

Ricardo Brandão Oliveira\*

---

## Resumo

O treinamento resistido vem despertando o interesse dos profissionais da saúde, sendo utilizado na prevenção e na reabilitação de lesões, na promoção da saúde e na melhora do desempenho desportivo. O exercício de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo representa uma alternativa para indivíduos intolerantes aos protocolos tradicionais recomendados pelo Colégio Americano de Medicina Desportiva, que preconizam alta intensidade para aumento da força e da hipertrofia muscular. Nesse método utiliza-se um manguito de pressão colocado no terço proximal dos membros superiores e/ou inferiores, promovendo uma isquemia muscular com consequente aumento da atividade anabólica. O presente estudo teve como objetivo fazer uma revisão da literatura sobre os aspectos metodológicos dos exercícios com restrição do fluxo sanguíneo,

assim como verificar os efeitos musculares e cardiovasculares promovidos por esse tipo de treinamento e suas possíveis aplicações clínicas. Podemos concluir que existem diferentes propostas metodológicas utilizadas nesse tipo de treinamento, não havendo ainda, um protocolo “ideal”. No entanto, mesmo utilizando diferentes metodologias, os resultados sugerem que o exercício de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo promove respostas musculares semelhantes aos protocolos com cargas altas, como o aumento da força e hipertrofia muscular. No entanto, devem ser prescritos com cautela para indivíduos com doenças cardiovasculares, uma vez que parecem induzir ao aumento do fluxo retrógrado vascular, seguido de possível lesão endotelial por isquemia-reperfusão e consequente diminuição da vasodilatação endotélio-dependente.

**Descritores:** *Fluxo sanguíneo regional; Hipertrofia; Força muscular; Fluxo retrógrado.*

## Abstract

The resistance training has been recommended in the prevention and rehabilitation of injuries, health promotion, and to improve sports performance. Low intensity resistance exercise with blood flow restriction is an alternative for people intolerant to traditional protocols recommended by the American College of Sports Medicine, advocating high intensity to increase strength and muscle hypertrophy. This method involves the application of cuff pressure on the proximal portion of the upper or lower extremities by promoting muscle ischemia with consequent increase in anabolic activity. The study aimed to review the literature on the methodological aspects of exercise with blood flow restriction, as well as verify the muscular and cardiovascular effects promoted by this type of training and its possible clinical applications. We can conclude that there are different methodological approaches used in this type of training, and therefore a need for a standard protocol. However, even with different methodologies, the results have shown that the low intensity exercise with blood flow restriction seems to promote muscle responses similar to those protocols with high loads, such as increased strength and muscle hypertrophy. On the other hand, caution must be taken when prescribing this type of exercise, especially to patients with cardiometabolic diseases due to possible reductions of flow-mediated vasodilatation that may be associated with increased retrograde flow, leading to endothelial dysfunction through the mechanism of ischemia-reperfusion.

**Keywords:** *Regional blood flow; Hypertrophy; Muscular strength; Retrograde blood flow.*

## Introdução

O treinamento resistido vem sendo praticado por indivíduos de diferentes faixas etárias, de ambos os sexos e com variados níveis de aptidão física. Esse fato pode ser facilmente explicado pelos vários benefícios decorrentes

dessa atividade, que incluem importantes modificações neuronais, musculares, endócrinas, metabólicas e cardiovasculares.<sup>1</sup> Nesse tipo de exercício a força muscular destaca-se como um importante componente da aptidão física relacionada à promoção da saúde que exerce papel relevante para o desempenho físico, para a prevenção e para a reabilitação em diversas modalidades esportivas.<sup>1</sup>

O treinamento resistido parece ser uma intervenção adequada para a melhoria da qualidade de vida em idosos. De acordo com Lang e colaboradores,<sup>2</sup> nesta faixa etária ocorrem mudanças na composição corporal associadas ao envelhecimento humano com significativa redução da função neuromuscular, promovendo diminuição da massa muscular, da força muscular e da capacidade funcional. Além desses fatores, a circulação periférica sofre alterações morfológicas e funcionais, tais como redução da relação capilar/fibra muscular, diminuição do diâmetro capilar e menor resposta da vasodilatação endotélio-dependente.<sup>1</sup> O sedentarismo, deficiências nutricionais, alterações hormonais e neuronais e efeitos anti-inflamatórios são fatores associados com o desenvolvimento da sarcopenia.<sup>3</sup> Estudos estabelecem como formas de prevenção e tratamento da sarcopenia a dieta adequada, a reposição hormonal, as terapias farmacológicas e a prática regular de atividade física.<sup>2,3</sup>

O Colégio Americano de Medicina Desportiva (ACSM) recomenda, para o aumento da força e da hipertrofia muscular para idosos, a realização de exercícios com intensidade entre 60-80% de uma repetição máxima (1 RM).<sup>4</sup> Para adultos saudáveis iniciantes e avançados, recomenda a realização de exercícios com intensidades de, respectivamente, 60-70% e 80-100% de uma repetição máxima, oito a doze repetições por série de exercício, uma a três séries por exercício, 1 a 3 minutos de descanso entre as séries e 2 a 6 vezes por semana.<sup>5</sup> No entanto, o estudo de Takarada e colaboradores<sup>6</sup> verificou que o exercício de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo

parece promover aumento da área de secção transversa e da força muscular em proporções semelhantes ao exercício de alta intensidade. Shinohara e colaboradores<sup>7</sup> identificaram que o exercício resistido de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo promove aumento da força muscular e do pico de torque. Abe e colaboradores<sup>8</sup> encontraram aumento da força e da área de secção transversa muscular em exercício de caminhada com restrição do fluxo sanguíneo. O exercício com restrição do fluxo sanguíneo caracteriza-se pela utilização de um manguito de pressão colocado no terço proximal dos membros superiores e/ou inferiores, que é insuflado de modo a alcançar o nível de oclusão vascular parcial ou total, a partir da pressão arterial sistólica de repouso, promovendo um bloqueio do fluxo de sangue venoso e redução e turbulência do fluxo sanguíneo arterial.<sup>9,10</sup>

Esse tipo de exercício vem recebendo cada vez mais atenção da literatura científica, surgindo como uma alternativa para promover o aumento da força e hipertrofia muscular, funcionando como opção de intervenção clínica para indivíduos que sejam intolerantes aos protocolos de alta intensidade. Embora a literatura mostre que o treinamento de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo apresenta potenciais resultados musculares, os efeitos cardiovasculares desse método requerem atenção.<sup>11</sup> Em adendo, diferentes abordagens metodológicas vêm sendo aplicadas pelos diversos grupos que investigam os efeitos do treinamento físico com restrição do fluxo sanguíneo. Assim, o objetivo dessa revisão é discutir as diferentes abordagens metodológicas do treinamento de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo, bem como analisar seus efeitos musculares e cardiovasculares e suas possíveis aplicações clínicas.

## Aspectos musculares dos exercícios com restrição do fluxo sanguíneo

Estudos mostram que o exercício de baixa

intensidade com restrição do fluxo sanguíneo é um método de treinamento capaz de promover aumentos da força e da área de secção transversa muscular em curtos períodos.<sup>6,8</sup> No entanto, os mecanismos fisiológicos envolvidos na hipertrofia muscular induzida pelo exercício com restrição do fluxo sanguíneo não estão totalmente esclarecidos, mas parecem estar relacionados com a hipóxia e acidose musculares, estimulação de metaborreceptores, provocando uma resposta hormonal sistêmica como o aumento de secreção do hormônio do crescimento (GH) e dos fatores de crescimento semelhantes à insulina 1 (IGF-1), aumento da síntese proteica através da via *Mammalian Target of Rapamycin* (mTOR), diminuição da expressão de miostatina (*Growth Differentiation Factor 8* – GDF-8) e diferenciação das células-satélites em mioblastos, aumentando o número de fibras musculares.<sup>9,12,13</sup>

Diversos estudos mostram efeitos agudos morfofuncionais musculares promovidos pelos exercícios resistidos de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo.<sup>7,10,14-16</sup> Fry e colaboradores<sup>14</sup> identificaram o efeito do exercício de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo na sinalização da via mTORC1 e na síntese proteica muscular em sete idosos com idade entre 68-72 anos, saudáveis e fisicamente ativos. Os indivíduos foram divididos em dois grupos: exercício resistido com restrição do fluxo sanguíneo (grupo experimental) e exercício resistido sem restrição do fluxo sanguíneo (grupo-controle) e realizaram o seguinte protocolo: extensão dos joelhos com intensidade de 20% de 1 RM e pressão de oclusão vascular de 200 mmHg, uma série de 30 repetições e 30 segundos de repouso. Em seguida, realizaram mais três séries com 15 repetições com intervalos de descanso de 30 segundos. O sangue e a biópsia foram obtidos após o exercício e encontrados os seguintes resultados: a síntese proteica muscular aumentou em 56% no grupo experimental e não apresentou aumento no grupo-controle; no grupo experimental houve

uma melhor sinalização da via mTORC1, o que pode explicar o aumento da síntese proteica muscular, estimulando a hipertrofia muscular; a liberação GH aumentou nove vezes no grupo experimental em comparação com o grupo-controle e o cortisol aumentou no grupo experimental, indicando que o exercício com restrição do fluxo sanguíneo produz uma resposta de *stress* semelhante ao exercício de alta intensidade tradicional.

Shinohara e colaboradores<sup>7</sup> estudaram os efeitos agudos do exercício de extensão dos joelhos utilizando intensidade de 40% de 1 RM com oclusão vascular de 250 mmHg realizado três vezes por semana durante um mês em homens sedentários com idade entre 19 e 29 anos e observaram um aumento significativo da força muscular e pico de torque. Esses autores destacaram a importância desse método de treinamento para indivíduos em que exercícios com cargas altas não são recomendados.

Suga e colaboradores<sup>17</sup> verificaram as respostas metabólicas musculares em indivíduos jovens e saudáveis de ambos os sexos em exercício de flexão plantar unilateral com restrição do fluxo sanguíneo durante dois minutos (30 repetições por minuto) em um programa de uma semana de treinamento e observaram que: o exercício de baixa intensidade 30% de 1 RM com oclusão vascular de 130% da pressão arterial sistólica pode substituir o exercício de alta intensidade 65% de 1 RM sem restrição do fluxo sanguíneo e o exercício de baixa intensidade 40% de 1 RM com oclusão vascular de 130% da pressão arterial sistólica apresentou maior resposta metabólica muscular que o exercício de alta intensidade 65% de 1 RM sem restrição do fluxo sanguíneo. Os autores sugeriram que um aumento progressivo da intensidade de exercício, como 20% de 1 RM para iniciantes, 30% de 1 RM para intermediários e 40% de 1 RM para avançados, pudesse induzir respostas de treinamento mais efetivas que exercícios de alta intensidade. Cook e colaboradores<sup>10</sup> avaliaram a eficácia do treinamento de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo

para atenuar a diminuição da massa e da força musculares após 30 dias de suspensão do membro inferior unilateral. Participaram do estudo 16 indivíduos de ambos os sexos com idade entre 18 e 50 anos, sem apresentarem limitações ortopédicas, distúrbios neurológicos, distúrbios de coagulação do sangue e/ou história familiar de coagulação do sangue, uso de terapia hormonal ou de pílula anticoncepcional. Os indivíduos foram divididos em dois grupos: G1) exercício com restrição do fluxo sanguíneo; e G2) sem a prática de exercício. O G1 realizou extensão do joelho com intensidade de 20% 1 RM e restrição do fluxo sanguíneo de 30% acima da pressão arterial sistólica de repouso, três vezes por semana e durante 30 dias. Após 30 dias de suspensão do membro inferior o G1 experimentou perdas de 1,2% da área de secção transversa da coxa e 2% da força muscular dos extensores do joelho, enquanto o G2 demonstrou reduções significativas de 7,4% da área de secção transversa da coxa e 21% da força muscular dos extensores do joelho. A força muscular dos extensores do joelho melhorou 31% no G1 e diminuiu 24% no G2. Os autores concluíram que seria importante estabelecer medidas para minimizar a atrofia muscular por desuso, comum durante períodos de imobilização articular e após procedimento cirúrgico, pois produziriam alterações da massa e força musculares.

Takarada e colaboradores<sup>15</sup> investigaram os efeitos do exercício de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo em uma amostra formada por seis atletas do sexo masculino com idade entre 20 e 22 anos que realizaram extensão dos joelhos com intensidade de 20% de 1 RM com restrição do fluxo sanguíneo e executaram 5 séries de 14 repetições com 30 segundos de descanso entre elas. Foi realizado aquecimento em cicloergômetro por dez minutos com intensidade de 50% da frequência cardíaca máxima e alongamento dos principais músculos submetidos ao exercício. As coletas de sangue foram realizadas no mesmo dia e horário para evitar variações diurnas nas

concentrações hormonais, como segue: 5 minutos antes do início do exercício e 15, 45, 90 minutos e 24 horas após o exercício. Foram medidas as concentrações plasmáticas de lactato, GH, noraepinefrina, interleucina-6 e peróxido lipídico. Foram encontrados os seguintes resultados: todas as concentrações plasmáticas aumentaram significativamente após a realização dos exercícios com restrição do fluxo sanguíneo; as concentrações de lactato e noradrenalina atingiram o pico imediatamente após o exercício; a concentração de GH aumentou 15 minutos após o exercício; a concentração de interleucina-6 mostrou um aumento gradual e foi mantida elevada mesmo 24 horas após o exercício e a concentração de peróxido lipídico não mostrou nenhuma mudança significativa após o exercício. Os autores concluíram que o exercício resistido com restrição do fluxo sanguíneo, mesmo em uma intensidade baixa promove um aumento das respostas endócrinas. A elevação da concentração plasmática de interleucina-6 sugere microlesões que ocorrem dentro das paredes vasculares e/ou no tecido muscular. O pico de concentração de lactato após o exercício com restrição do fluxo sanguíneo foi duas vezes maior que o exercício sem oclusão e, este aumento da concentração de lactato, foi causado pela hipóxia local, prevalecendo o metabolismo anaeróbio. O ambiente ácido intramuscular foi mostrado para estimular a atividade nervosa simpática por metaborreceptores intramusculares e evidências mostram que o GH e o IGF-1 estimulam o crescimento, o desenvolvimento e a manutenção do músculo estriado esquelético.

Cook e colaboradores<sup>16</sup> compararam o efeito do treinamento de resistência de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo e de alta intensidade (80% de 1 RM) sem restrição do fluxo sanguíneo sobre a fadiga muscular. A amostra foi composta por 21 jovens de ambos os sexos. Foram excluídos os indivíduos com lesões ortopédicas, problemas circulatórios e que faziam uso de medicamento anticoncepcional.

Todos participavam de alguma atividade física regular, como corrida, ciclismo e treinamento de resistência, mas foram convidados a não realizar exercícios por dois dias antes dos testes. Antes de cada protocolo, realizaram aquecimento de 10 a 15 repetições com intensidade de 20% de 1 RM. Os indivíduos realizaram três séries de extensão do joelho com período de descanso de 90 segundos entre as séries. O protocolo de exercícios foi: exercício com intensidades de 20 e 40% de 1 RM com oclusão vascular parcial de 160 mmHg e total de 300 mmHg e 80% de 1 RM sem oclusão vascular. A pressão de oclusão vascular foi estabelecida a partir da pressão arterial sistólica de repouso. Nesse estudo, autores concluíram que os exercícios de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo e de alta intensidade sem restrição do fluxo sanguíneo induzem a fadiga, mostrando reduções da força isométrica máxima de 24 a 33% e 19%, respectivamente.

Os efeitos crônicos dos exercícios com restrição do fluxo sanguíneo também foram estudados por vários pesquisadores.<sup>6,8,18</sup> Abe e colaboradores<sup>8</sup> investigaram os efeitos agudos e crônicos do exercício de caminhada combinada com restrição do fluxo sanguíneo no aumento da força e hipertrofia muscular juntamente com os parâmetros hormonais em homens jovens saudáveis e fisicamente ativos. Os indivíduos foram randomizados em um grupo de intervenção e o grupo-controle. O grupo-intervenção realizou caminhadas com velocidade de 50 metros/minuto em velocidade constante – cinco tiros de 2 minutos com intervalo de 1 minuto entre as séries, somando um total de 14 minutos. A pressão de oclusão vascular foi aumentada de 10 mmHg a cada dia, sendo 160 mmHg no primeiro dia até o oitavo dia chegando a 230 mmHg, para adaptação ao estímulo oclusivo. O grupo realizou o protocolo de exercício com oclusão vascular de 230 mmHg durante três semanas, seis vezes por semana e duas vezes por dia (manhã e tarde) com pelo menos quatro horas de intervalo entre as sessões. O sangue foi retirado em repouso (pré-

teste) e três dias após o treinamento de final (pós-teste). Foram medidos GH, testosterona total, testosterona livre, cortisol, IGF-1, creatina quinase e mioglobina. Como resultados, no grupo-intervenção foram encontrados elevados níveis de GH e aumentos de 4-7% da área de secção transversa muscular e de 8-10% da força muscular. Os marcadores de lesão muscular, creatina quinase e mioglobina e os hormônios anabólicos não se alteraram em ambos os grupos.

Takarada e colaboradores<sup>6</sup> verificaram os efeitos crônicos dos exercícios de flexão do cotovelo em mulheres com idade entre 47 e 67 anos, realizados duas vezes por semana durante quatro meses, distribuindo a amostra em três grupos: grupo 1) exercício de baixa intensidade (30-50% de 1 RM) com restrição do fluxo sanguíneo (110 mmHg); grupo 2) exercício de baixa intensidade (30-50% de 1 RM) sem restrição do fluxo sanguíneo; e grupo 3) exercício de média a alta intensidade (50-80% de 1 RM) sem restrição do fluxo sanguíneo, e observaram aumentos semelhantes da área de secção transversa muscular e da força isocinética dos músculos flexores do cotovelo nos grupos 1 e 3.

Gualano e colaboradores<sup>18</sup> realizaram um estudo de caso que objetivou avaliar a eficácia de um programa de exercícios de intensidade moderada com restrição do fluxo sanguíneo, examinando a capacidade funcional, a morfologia muscular e as alterações na expressão de genes relacionados com a síntese de proteínas musculares e proteólise em um homem de 65 anos com miosite por corpo de inclusão. O indivíduo apresentava há oito anos atrofia e fraqueza nos grupamentos musculares quadríceps e flexores do punho, com início insidioso, progressão lenta, episódios recorrentes de quedas e sem sintomas de mialgia. Realizou tratamento fisioterapêutico durante um ano e este era composto por exercícios de intensidade moderada para membros superiores e inferiores antes de dar início ao treinamento com restrição do fluxo sanguíneo. Apesar

de sua adesão ao programa de fisioterapia, o indivíduo relatou um declínio progressivo da força de membros inferiores, incapacidade de caminhar sem auxílio de bengala e decréscimos de 7% na circunferência da coxa e de 5% na força muscular em membros inferiores. Por falta de resposta no tratamento convencional iniciou o programa com restrição do fluxo sanguíneo. O programa de exercícios com oclusão vascular em 50% da pressão arterial sistólica de repouso (65 mmHg) foi realizado durante 12 semanas, duas vezes por semana, três séries com 15 repetições e 30 segundos de descanso entre as séries. Após o programa de treinamento com restrição do fluxo sanguíneo, o paciente apresentou aumentos das cargas de esforço em 15,9% do *leg press*, 60% do equilíbrio e da capacidade funcional através do *up-and-go test* e 4,7% da área de secção transversa muscular. Não houve relato de exaustão excessiva, de lesões osteoarticulares e de dores musculares e, ainda, foi capaz de andar na esteira a 5 km/h sem bengala e seus episódios de queda foram reduzidos após o treinamento.

Os estudos apresentados sobre treinamento com restrição do fluxo sanguíneo mostraram diferentes propostas metodológicas. No que se refere ao percentual de oclusão vascular utilizado, foram realizados estudos com oclusão parcial (cerca de 65 mmHg), até oclusões de 250 mmHg; quanto à intensidade do exercício, os protocolos apresentados utilizaram intensidades de 20 a 40% de 1 RM; os movimentos envolviam articulações do tipo sinovial classificadas como uniaxiais e em dobradiça; os movimentos eram simples e em número de um exercício por protocolo (flexão do cotovelo, extensão do joelho e flexão plantar); encontramos também estudo com atividade de caminhada; o número de repetições do exercício variou entre 14 e 30; foram realizadas de uma a cinco séries do exercício; os exercícios eram realizados de duas a três vezes por semana; o tempo de duração total do programa de exercício foi bastante reduzido, cerca de uma semana, quatro semanas e 12 semanas e a amostra apresentou um número amostral pequeno, além de ter sido constituída



por indivíduos jovens, idosos e atletas.

Os achados indicaram um significativo incremento da atividade anabólica, promovendo aumentos significativos da área de secção transversa muscular e da força muscular. Tais resultados sugerem que esse método de treinamento possa ter aplicação clínica para indivíduos que necessitam de melhora da função muscular, mas que são intolerantes a altas intensidades.

## **Aspectos cardiovasculares dos exercícios com restrição do fluxo sanguíneo**

O exercício físico promove respostas endoteliais, contribui para a diminuição da resistência vascular periférica e aumento do fluxo sanguíneo para a musculatura ativa e do leito coronariano.<sup>19</sup> Em condições fisiológicas, o endotélio é responsável pela manutenção do tônus vascular e da homeostase intravascular. Atua conservando o fluxo sanguíneo laminar, preservando a fluidez da membrana plasmática, criando mecanismos anticoagulantes, inibindo a proliferação e migração celulares e controlando a resposta inflamatória.<sup>20</sup> A disfunção endotelial pode ser definida como uma alteração da vasodilatação endotélio-dependente e a desregulação das interações endotélio-células sanguíneas que causam uma inflamação localizada e posteriormente lesões vasculares e trombose. Esse mecanismo ocorre quando os efeitos vasoconstritores se superpõem aos efeitos vasodilatadores, geralmente como resultado de uma diminuição da biodisponibilidade do óxido nítrico, com perda de sua ação vasculoprotetora.<sup>20</sup> Na disfunção endotelial ocorre uma alteração da vasodilatação endotélio-dependente e essas respostas vasomotoras anormais manifestam-se na presença de fatores de risco tradicionais para o aparecimento de doenças cardiovasculares.<sup>20</sup>

A doença arterial coronária aumenta o risco de reinfarto do miocárdio, uma condição caracterizada pela limitação do fluxo de sangue para o coração produzindo hipóxia tecidual.

Este tipo de comprometimento é chamado de lesão por isquemia-reperusão (IR), e a prática regular de atividade física é investigada como uma forma de prevenção e/ou atenuante da lesão endotelial por IR. DeVan e colaboradores<sup>21</sup> investigaram a magnitude da lesão endotelial por IR e a recuperação da função endotelial em 22 indivíduos de ambos os sexos (sedentários e praticantes de exercício de resistência). A dilatação fluxomediada da artéria braquial (DILA) foi verificada usando um aparelho de ultrassom nas fases basal e 15, 30 e 45 minutos após 20 minutos de oclusão vascular (100 mmHg). A DILA diminuiu 36% nos indivíduos sedentários e não se alterou em indivíduos que realizavam treinamento de resistência muscular e, ainda, voltou aos níveis basais no tempo de 45 minutos em ambos os grupos. Pode-se concluir que o treinamento de resistência está associado à proteção endotelial por IR em adultos jovens. Durante esse tipo de exercício, que envolve contração muscular intermitente, o fluxo de sangue é suprimido provocando uma isquemia tecidual, hiperemia reativa e restauração do fluxo sanguíneo tecidual. Essas consecutivas situações de IR durante as sessões de exercício de resistência realizadas diariamente sugerem proteger e/ou preservar a função endotelial, por aumento da biodisponibilidade de óxido nítrico, diminuição da produção de radicais livres e menores marcadores circulantes de estresse oxidativo.

Em outro estudo realizado por DeVan e colaboradores<sup>22</sup> foi verificada a magnitude e o tempo de recuperação da lesão endotelial por IR, associando com a idade e com a prática regular de atividade física. Nesse estudo a amostra foi composta por 37 indivíduos saudáveis de ambos os sexos, sendo sedentários com idade entre 18 e 40 anos e praticantes de exercício físico com idade entre 41 e 65 anos. Foram registrados os diâmetros da artéria braquial e a velocidade do fluxo sanguíneo na fase basal e 15, 30 e 45 minutos após 20 minutos de oclusão vascular (100 mmHg) através do ultrassom. As amostras de sangue foram obtidas

do cotovelo esquerdo utilizando um cateter intravenoso em cada fase de registro da DILA para verificação simultânea dos marcadores circulantes: colesterol total, colesterol LDL e colesterol HDL, nitrito total e nitrito endógeno, citocinas pró-inflamatórias, fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ), interleucina-6 (IL-6) e interleucina-8 (IL-8), moléculas de adesão endotelial VCAM-1 (*vascular cell adhesion molecule 1*) e ICAM-1 (*intercelular adhesion molecule 1*). Foram encontrados os seguintes resultados: 15 minutos após a lesão isquêmica a DILA diminuiu significativamente em 37% nos indivíduos jovens sedentários, 35% nos indivíduos jovens treinados, 68% em indivíduos de meia-idade sedentários e 50% em indivíduos de meia-idade treinados; a DILA voltou aos níveis basais no tempo de 30 minutos em indivíduos jovens sedentários e treinados, mas permaneceu baixo em indivíduos de meia-idade sedentários e treinados; os marcadores circulantes de capacidade antioxidante e inflamatórios não estavam relacionados com a DILA. Os autores concluíram que o avanço da idade está associado com maior tempo para a recuperação da lesão endotelial por IR e a prática regular de exercícios de resistência pode proteger o endotélio contra esse tipo de lesão com o avançar da idade.

Jenkins e colaboradores<sup>23</sup> estudaram o efeito agudo da baixa tensão de cisalhamento arterial combinada com o fluxo sanguíneo retrógrado, sobre a liberação de CD62E+ e CD31+/CD42b- do endotélio vascular. Colocou-se a hipótese de que as alterações do fluxo sanguíneo induzem a ativação do endotélio (CD62E+) e a apoptose (CD31+/CD42b-) das suas células. A amostra foi constituída por 10 indivíduos saudáveis com idade entre 28-30 anos, sem doenças cardiovasculares, metabólicas e neurológicas; eram normotensos e não fumantes. Os indivíduos posicionaram-se em decúbito dorsal para coleta de sangue e verificação da DILA. Foram colocados dois manguitos de pressão no braço experimental, permanecendo durante 20 minutos, sendo um

no terço distal do antebraço com pressão de 220 mmHg e o outro no terço proximal do braço com pressão de 40 mmHg. O membro superior contralateral serviu como controle. A velocidade do fluxo sanguíneo e o diâmetro da artéria braquial foram medidos através de ultrassom doppler e as amostras de sangue foram coletadas dos membros dos grupos experimental e controle a 0, 10 e 20 minutos para posterior análise dos marcadores CD62E+ e CD31+/CD42b-. O principal achado deste estudo foi que o fluxo retrógrado agudo induz a apoptose das células endoteliais (lesão endotelial induzida pelo fluxo), aumenta a expressão de moléculas de adesão e de marcadores inflamatórios endoteliais, aumentando assim o risco para doenças cardiovasculares. Esse estudo indica que a indução experimental de alterações agudas do fluxo sanguíneo aumenta as concentrações locais de CD62E+ e CD31+/CD42b-.

Nos estudos de Pope e colaboradores<sup>12</sup> sobre IR subsequente e associada ao exercício com oclusão vascular foram encontrados aumentos dos níveis de espécies reativas de oxigênio, que podem causar lesão celular por meio de peroxidação lipídica e danos no DNA. Já Takarada e colaboradores<sup>15</sup> estudaram sobre os exercícios com restrição do fluxo sanguíneo, mas não encontraram mudanças significativas nas concentrações de peróxido lipídico entre o grupo com restrição do fluxo sanguíneo em comparação com o grupo-controle.

Renzi e colaboradores<sup>24</sup> identificaram o efeito do exercício de caminhada com restrição do fluxo sanguíneo sobre a função cardiovascular em 17 indivíduos saudáveis de ambos os sexos com idade entre 19-34 anos, normotensos, não fumantes e sem doença cardiovascular. A hipótese do estudo foi de que o exercício aeróbio de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo induz a aumentos significativos na pressão arterial e na demanda de oxigênio do miocárdio, e que após o exercício a função endotelial diminui devido à IR. Os sujeitos foram divididos em grupo que realizou caminhadas sem oclusão vascular (grupo-



controle) e grupo que realizou caminhadas com oclusão vascular (grupo-oclusão). O protocolo de exercício foi realizado duas vezes por semana durante três semanas e consistiu em cinco séries de dois minutos de caminhada na esteira ergométrica com velocidade de 2 milhas/hora. O grupo-oclusão realizou a caminhada com manguito de pressão nos dois membros inferiores. Para familiarização com a pressão do manguito seguiram-se três etapas: 1) o manguito foi inflado a 120 mmHg e mantido durante 30 segundos e, em seguida, liberado durante 10 segundos; 2) o manguito foi inflado a 140 mmHg e mantido durante 30 segundos e, em seguida, liberado durante 10 segundos; 3) este processo foi repetido até que uma pressão de oclusão final de 160 mmHg fosse alcançada. Durante o protocolo de exercícios foram registradas a pressão arterial, a frequência cardíaca, o volume sistólico e o débito cardíaco. A partir desses dados foram calculados a resistência periférica total e o duplo produto. Essas variáveis hemodinâmicas também foram medidas antes e após o teste de caminhada com os indivíduos deitados em decúbito dorsal. Neste mesmo local foi realizada a avaliação da função endotelial para verificar a hipótese de lesão por IR induzida pelo exercício com oclusão vascular. A dilatação fluxomediada da artéria poplítea foi verificada 20 minutos após o fim do exercício e foram medidos o diâmetro arterial e a velocidade do fluxo sanguíneo através de ultrassom doppler. Os autores optaram por utilizar a artéria poplítea em vez da artéria braquial, a fim de avaliar o impacto da oclusão vascular sobre a função endotelial nos membros inferiores. O estudo apresentou os seguintes resultados: durante o exercício, o grupo-oclusão apresentou um aumento da frequência cardíaca, da pressão arterial, do duplo produto e diminuição do volume sistólico, em comparação com o grupo-controle. Não houve diferenças nas respostas do débito cardíaco entre os dois grupos. O duplo produto aumentou em 30% no grupo-controle e em 90% no grupo-oclusão. O grupo-controle teve

aumento da complacência arterial em 14% e reduziu em 19% no grupo-oclusão. A dilatação fluxomediada não se alterou no grupo-controle, mas reduziu significativamente no grupo-oclusão, sugerindo uma disfunção endotelial por IR. Embora o bloqueio prolongado do fluxo sanguíneo e consequente isquemia resultante possam causar diminuição da função celular e apoptose celular, a lesão de órgãos pode ocorrer durante a reperusão (ou a reintrodução do fluxo sanguíneo) para os tecidos anteriormente isquêmicos. A elevação da pressão arterial induzida pelo exercício foi maior no grupo-oclusão em comparação com o grupo-controle devido, principalmente, às elevações na resistência periférica total exercida pela restrição do fluxo sanguíneo. A complacência arterial sistêmica aumentou significativamente no grupo-controle, mas reduziu no grupo-oclusão, sugerindo que a pós-carga do ventrículo esquerdo é aumentada pela oclusão vascular durante o exercício. Os autores concluíram que o exercício aeróbico de baixa intensidade com restrição ao fluxo sanguíneo está associado com o aumento da pressão arterial, aumento do trabalho cardíaco, redução da complacência arterial sistêmica e redução da função endotelial. Essas alterações hemodinâmicas induzidas pelo exercício com oclusão vascular podem sobrecarregar o sistema circulatório e, assim, devem ser prescritos com cautela para indivíduos com comprometimento cardíaco.

Thijssen e colaboradores<sup>25</sup> pesquisaram o impacto dos níveis crescentes de fluxo retrógrado no endotélio em uma amostra composta por 10 homens saudáveis com idade entre 21-27 anos sem relato de diagnóstico de doença cardiovascular ou fatores de risco associados, como a hipercolesterolemia e a hipertensão arterial. A função endotelial foi avaliada através da dilatação fluxomediada da artéria braquial antes e após a oclusão vascular a 25, 50 e 75 mmHg durante 30 minutos. A dilatação no braço com manguito não se alterou em resposta ao estímulo de 25 mmHg,

mas diminuiu significativamente após 50 e 75 mmHg. Os resultados do presente estudo demonstraram que um aumento no fluxo retrógrado induz a uma diminuição da função endotelial aguda.

Credeur e colaboradores<sup>26</sup> verificaram os efeitos do treinamento físico com restrição do fluxo sanguíneo sobre a força de preensão manual e a DILA. A amostra foi constituída por 12 indivíduos jovens de ambos os sexos. O exercício foi realizado utilizando um dinamômetro hidráulico executando 15 repetições com intensidade de 60% da contração voluntária máxima durante 20 minutos, três vezes por semana e durante um mês. Para oclusão vascular, o manguito foi insuflado a 80 mmHg. A avaliação da função vascular foi realizada através do diâmetro da artéria braquial e da velocidade do fluxo sanguíneo utilizando ultrassom. A oclusão vascular consistiu em inflação de um manguito pneumático a 200 mmHg durante cinco minutos. Foram registradas de cinco a dez imagens em cada braço: em repouso e durante 5, 10, 15 e 20 minutos de exercício. Os autores concluíram que o exercício físico combinado à restrição do fluxo sanguíneo venoso promove um aumento significativo da força muscular, sendo aumento de 8,32% no grupo-controle e de 16,17% no grupo experimental e uma diminuição significativa da função vascular, na qual a DILA aumentou 24,19% no grupo-controle e diminuiu 30,36% no grupo experimental, e essa redução) pode estar associada ao aumento do fluxo retrógrado.

Rossow e colaboradores<sup>27</sup> estudaram as respostas cardiovasculares agudas ao exercício com oclusão vascular e a influência dos tipos de manguito sobre elas. A amostra foi composta por 27 indivíduos jovens de ambos os sexos que realizaram quatro séries de extensão do joelho com 20% de 1 RM da seguinte forma: 30 repetições com 30 segundos de descanso, 15 repetições com 60 segundos de descanso, 15 repetições com 30 segundos de descanso. O manguito foi insuflado durante toda a sessão de exercício. Foram utilizados dois manguitos

diferentes: manguito estreito – elástico –, com 5 cm de largura, 135 cm de comprimento e com pressão entre 40-60 mmHg; e manguito largo – não elástico –, com 13,5 cm de largura, 85 cm de comprimento e com pressão de 50 mmHg. Foram verificadas a frequência cardíaca e a pressão arterial nas fases de repouso, durante e após o exercício nos tempos 0, 5 e 15 minutos. O estudo apresentou os seguintes resultados: a pressão arterial aumentou durante o exercício com oclusão vascular e retornou aos níveis basais em 15 minutos após o exercício. Os manguitos largos promoveram maior elevação da frequência cardíaca, da percepção subjetiva de esforço e da dor, e menor trabalho total foi realizado devido à incapacidade física em dar continuidade aos exercícios. No entanto, mesmo realizando exercício com pressão semelhante, os indivíduos que estavam com manguitos estreitos executaram mais repetições.

Nos estudos que envolvem restrição do fluxo sanguíneo e seus efeitos cardiovasculares também encontramos diferentes abordagens metodológicas. Não cabe citá-las novamente na íntegra e, sim, enfatizar os aspectos que podem estar relacionados com os resultados apresentados e que devem ser revistos. A oclusão vascular realizada durante 20 minutos parece estar associada à lesão endotelial pelo mecanismo de isquemia-reperfusão com consequente redução da vasodilatação fluxomediada da artéria braquial. Foram utilizados os níveis de pressão de oclusão: 50, 75, 160 e 220 mmHg, e valores mais altos mostraram aumentar o fluxo retrógrado. Essa indução de alterações do fluxo sanguíneo (fluxo retrógrado) parece causar a apoptose das células endoteliais, aumentar a expressão de moléculas de adesão e de marcadores inflamatórios endoteliais, aumentando assim o risco para doenças cardiovasculares. Cabe destacar, no entanto, que a maior parte dos estudos avaliou os efeitos deletérios da isquemia-reperfusão causada pelo fluxo retrógrado de modo agudo. Maiores estudos devem ser conduzidos de modo a investigar até que ponto

os efeitos positivos do treinamento físico podem contrabalancear os possíveis efeitos deletérios vasculares promovidos pela restrição do fluxo sanguíneo associado. Finalmente, cabe destacar também que o exercício com restrição do fluxo sanguíneo leva a alterações hemodinâmicas, sobrecarregando o sistema cardiovascular; por isso devem ser prescritos com cautela para indivíduos com comprometimento cardíaco.

## Considerações finais

Apesar de potencialmente relevantes no que diz respeito às possíveis aplicações clínicas e no desempenho desportivo, os estudos que avaliaram os efeitos agudos e crônicos dos exercícios resistidos realizados com restrição do fluxo sanguíneo, sobre as funções muscular e cardiovascular, ainda apresentam resultados relativamente divergentes. Isso pode ser, em parte, explicado pela variedade de delineamentos metodológicos aplicados. Diferentes níveis de oclusão vascular, tipos de exercício, intensidades do exercício, números de séries, número de repetições, tempo de descanso entre séries e exercícios, frequência semanal, período de duração do treinamento e a amostra utilizada são algumas questões que merecem maiores investigações e padronizações em estudos futuros.

Em que pesem tais divergências, os resultados disponíveis revelam que o exercício de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo parece promover respostas musculares agudas e adaptações crônicas, como aumento da força e hipertrofia musculares, semelhantes aos protocolos tradicionais de alta intensidade. Os possíveis mecanismos subjacentes a essas adaptações podem envolver hipóxia muscular, recrutamento das fibras musculares de contração rápida, acidose metabólica intramuscular, estimulação de metaborreceptores provocando resposta hormonal sistêmica aguda e ativação de células-satélites.

Por promoverem o incremento morfofuncional da musculatura estriada

esquelética, esse tipo de treinamento pode ser uma opção de intervenção clínica para indivíduos que sejam intolerantes aos protocolos tradicionais, os quais preconizam alta intensidade para os mesmos fins. Nesse grupo podem ser incluídos idosos com sarcopenia, indivíduos em reabilitação de lesão ou pós-cirurgia com consequente atrofia por desuso, pacientes neurológicos que demonstram incapacidade de contração muscular voluntária, indivíduos com desgaste articular ou redução da massa óssea e aqueles que apresentam doenças autoimunes que implicam em redução da força e massa muscular. Para indivíduos saudáveis, a estratégia torna-se interessante pela obtenção de resultados musculares significativos em um período de tempo razoavelmente curto.

Estudos adicionais deverão investigar os efeitos crônicos do treinamento com restrição do fluxo sanguíneo sobre a função muscular e cardiovascular, principalmente em populações em que o uso de cargas elevadas de trabalho é limitado. Em adendo, questões associadas à padronização metodológica e à consequente segurança desse tipo de intervenção deverá também ser foco de pesquisas futuras.

## Referências

1. Nóbrega ACL, Freitas EV, Oliveira MAB, Leitão MB, Lazzoli JK, Nahas RM, et al. Posicionamento Oficial da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte e da Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia: atividade física e saúde no idoso. *Rev Bras Med Esporte*. 1999 Nov-Dec;5(6):207-11.
2. Lang T, Streeper T, Cawthon P, Baldwin K, Taaffe DR, Harris TB. Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporos Int*. 2010 Apr;21(4):543-59. <http://dx.doi.org/10.1007/s00198-009-1059-y>
3. Rolland Y, Czerwinski S, Abellan Van Kan G, Morley JE, Cesari M, Onder G, et al. Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *J Nutr Health Aging*. 2008; 12(7):433-50.
4. American College of Sports Medicine. Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009

- Mar;41(3):687-708. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c>
5. American College of Sports Medicine. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;688-708. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
  6. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol.* 2000;88(6):2097-106.
  7. Shinohara M, Kouzaki M, Yoshihisa T, Fukunaga T. Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1998;77(1-2):189-91.
  8. Abe T, Kearns CF, Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol.* 2006 May;100(5):1460-6. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.01267.2005>
  9. Manini TM, Clark BC. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exerc Sport Sci Rev.* 2009 Apr;37(2):78-85.
  10. Cook SB, Brown KA, Deruisseau K, Kanaley JA, Ploutz-Snyder LL. Skeletal muscle adaptations following blood flow-restricted training during 30 days of muscular unloading. *J Appl Physiol.* 2010 Aug;109(2):341-9. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.01288.2009>
  11. Horiuchi M, Okita K. Blood Flow Restricted Exercise and Vascular Function. *International Journal of Vascular Medicine.* 2012;1-17. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/543218>
  12. Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ. A brief review: exercise and blood flow restriction. *J Strength Cond Res.* 2013 Oct;27(10):2914-26. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182874721>
  13. Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sports Med.* 2010 Jan;31(1):1-4. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1055/s-0029-1239499>
  14. Fry CS, Glynn EL, Drummond MJ, Timmerman KL, Fujita S, Abe T, et al. Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. *J Appl Physiol.* 2010 May;108(5):1199-209.
  15. Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, Onda T, Miyazaki S, Ishii N. Rapid increase in plasma growth hormone after low intensity resistance exercise with vascular occlusion. *J Appl Physiol.* 2000 Jan;88(1):61-5.
  16. Cook SB, Clark BC, Ploutz-Snyder LL. Effects of exercise load and blood-flow restriction on skeletal muscle function. *Med Sci Sports Exerc.* 2007 Oct;39(10):1708-13. <http://dx.doi.org/10.1249/mss.0b013e31812383d6>
  17. Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi M, et al. Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *J Appl Physiol.* 2010 Jun;108(6):1563-67. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.00504.2009>
  18. Gualano B, Neves M Jr, Lima FR, Pinto AL, Laurentino G, Borges C, et al. Resistance Training with vascular occlusion in inclusion body myositis: a case study. *Med Sci Sports Exerc.* 2010 Feb;42(2):250-4. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181b18fb8>
  19. Nóbrega ACL, das Neves FJ, da Silva BM. Exercício e Endotélio. *Cardiologia do Exercício (Periódico na internet)* 2010 DERCAD/RJ [acesso em 12 de dezembro de 2013]. Disponível em: <http://www.dercad.org.br/boletim/ano11num43/Cardiologia-43-pags1-3.pdf>
  20. Bahia L, de Aguiar LGK, Villela NR, Bottino D, Bouskela E. O endotélio na síndrome metabólica. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2006 Apr;50(2):291-303.
  21. DeVan AE, Umpierre D, Lin HF, Harrison ML, Tarumi T, Dhindsa M, et al. Habitual resistance exercise and endothelial ischemia-reperfusion injury in young adults. *Atherosclerosis.* 2011 Nov;219(1):191-3. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2011.07.099>
  22. DeVan AE, Umpierre D, Harrison ML, Lin HF, Tarumi T, Renzu CP, et al. Endothelial ischemia-reperfusion injury in humans: association with age and habitual exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2011 Mar;300(3):4813-9. <http://dx.doi.org/10.1152/ajpheart.00845.2010>
  23. Jenkins NT, Padilla J, Boyle LJ, Credeur DP, Laughlin MH, Fadel PJ. Disturbed Blood flow acutely induces activation and apoptosis of the human vascular endothelium. *Hypertension.* 2013 Mar;61(3):615-21. <http://dx.doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.111.00561>
  24. Renzi CP, Tanaka H, Sugawara J. Effects of leg blood flow restriction during walking on cardiovascular function. *Med Sci Sports Exerc.* 2010; 42(4):726-32. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181bdb454>
  25. Thijssen DHJ, Dawson EA, Tinken TM,

- Cable NT, Green DJ. Retrograde flow and shear rate acutely impair endothelial function in humans. *Hypertension*. 2009 Jun;53(6):986-92. <http://dx.doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.109.131508>
26. Credeur DP, Hollis BC, Welsch MA. Effects of handgrip training with venous restriction on brachial artery vasodilation. *Med Sci Sports Exerc*. 2010 Jul;42(7):1296-302. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ca7b06>
27. Rossow LM, Fahs CA, Loenneke JP, Thiebaud RS, Sherk VD, Abe T, et al. Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2012 Sep;32(5):331-7. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-097X.2012.01131.x>

# AUTORES

---

## **Ada Fernanda P. S. Lima**

Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde. Instituto de Educação Física e Desportos. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

## **Alexandre H. Okano**

Departamento de Educação Física. Centro de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, Brasil.

## **Alice R. Sampaio**

Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde. Instituto de Educação Física e Desportos. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

## **Ana Paula M. Guttierres**

Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde. Instituto de Educação Física e Desportos. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

## **Astrogildo V. Oliveira Júnior**

Departamento de Educação Física e Folclore. Colégio Pedro II. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

## **Brenno S. Silva**

Programa de Pós-graduação em Ciências da Atividade Física. Universidade Salgado de Oliveira. Niterói, RJ, Brasil.

## **Daniel A. Bottino**

Laboratório de Pesquisas Clínicas e Experimentais em Biologia Vascular. Centro Biomédico. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

## **Dionizio Mendes Ramos Filho**

Laboratório de Bioenergética e Fisiologia Mitochondrial. Centro de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

## **Elirez B. Silva**

Laboratório de Pesquisa Clínica Escola. Departamento de Fisioterapia. Universidade Gama Filho. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

## **Ercole C. Rubini**

Laboratório de Fisiologia do Exercício. Universidade Estácio de Sá. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

## **Fabício V. A. Vasconcellos**

Centro de Investigação, Formação, Inovação, Intervenção e Desporto. Faculdade de Desporto. Universidade do Porto. Porto, Portugal.

## **Felipe A. da Cunha**

Programa de Pós-graduação em Ciências Médicas. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

## **Fernanda Monteiro**

Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde. Instituto de Educação Física e Desportos. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

## **Flávia Porto**

Programa de Pós-graduação em Ciências do Exercício e do Esporte. Universidade Gama Filho. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.



**Gustavo C. Lopes**

Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde. Instituto de Educação Física e Desportos. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Jonas L. Gurgel**

Programa de Pós-graduação em Ciências Cardiovasculares. Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ, Brasil.

**Jonathan Myers**

VA Palo Alto Health Care System. Cardiology Division. Stanford University. Palo Alto, California, United States.

**Karynne Grutter**

Laboratório de Anatomia Humana. Universidade Castelo Branco. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Lenifran Matos-Santos**

Programa de Pós-graduação em Ciências da Atividade Física. Universidade Salgado de Oliveira. Niterói, RJ, Brasil.

**Lorena Paes**

Programa de Pós-graduação em Fisiopatologia Clínica e Experimental. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Luciane P. da Costa**

Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde. Instituto de Educação Física e Desportos. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Luiz G. Kraemer-Aguiar**

Departamento de Medicina Interna. Faculdade de Ciências Médicas. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Matheus R. Hausen**

Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde. Instituto de Educação Física e Desportos. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Paulo T. V. Farinatti**

Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde. Instituto de Educação Física e Desportos. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Rafael A. Montenegro**

Programa de Pós-graduação em Fisiopatologia Clínica e Experimental. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Raul A. Freire**

Programa de Pós-graduação em Ciências da Atividade Física. Universidade Salgado de Oliveira. Niterói, RJ, Brasil.

**Renato O. Massafferri**

Programa de Pós-graduação em Ciências da Atividade Física. Universidade Salgado de Oliveira. Niterói, RJ, Brasil.

**Ricardo B. Oliveira**

Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde. Instituto de Educação Física e Desportos. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Ricardo G. Cordeiro**

Programa de Pós-graduação em Ciências da Atividade Física. Universidade Salgado de Oliveira. Niterói, RJ, Brasil.

**Sérgio Machado**

Programa de Pós-graduação em Ciências da Atividade Física. Universidade Salgado de Oliveira. Niterói, RJ, Brasil.

**Taciana Pinto**

Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde. Instituto de Educação Física e Desportos. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Tainah P. Lima Monteiro**

Programa de Pós-graduação em Ciências Médicas. Faculdade de Ciências Médicas. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Tânia M. P. F. Paschoalino**

Hospital Universitário Antônio Pedro. Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ, Brasil.

**Walace D. Monteiro**

Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde. Instituto de Educação Física e Desportos. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.