

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
MESTRADO ACADÊMICO

**CONCORDÂNCIA ENTRE DOPPLER PORTÁTIL E OXÍMETRO DE
PULSO NA DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DE OCLUSÃO ARTERIAL DE
JOVENS SAUDÁVEIS**

FERNANDA LIMA SOARES

São Luís
2018

FERNANDA LIMA SOARES

**CONCORDÂNCIA ENTRE DOPPLER PORTÁTIL E OXÍMETRO DE
PULSO NA DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DE OCLUSÃO ARTERIAL DE
JOVENS SAUDÁVEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Maranhão, para defesa e obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento Humano.

Linha de Pesquisa: Atividade Física relacionada a saúde humana.

Orientador: Prof. Dr. Nelo Eidy Zanchi

Co-orientador: Prof. Dr. Christian Emmanuel Torres Cabido

São Luís

2018

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

LIMA SOARES, FERNANDA.

CONCORDÂNCIA ENTRE DOPPLER PORTÁTIL E OXÍMETRO DE PULSO
NA DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DE OCLUSÃO ARTERIAL DE JOVENS
SAUDÁVEIS / FERNANDA LIMA SOARES. - 2018.

85 p.

Coorientador(a): CHRISTIAN EMMANUEL TORRES CABIDO.

Orientador(a): NELO EIDY ZANCHI.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Educação Física, Universidade Federal do Maranhão, São
Luís, MA, 2018.

1. Exercício. 2. Oxímetro de pulso. 3. Treinamento
de força com restrição de fluxo sanguíneo. I. EIDY
ZANCHI, NELO. II. TORRES CABIDO, CHRISTIAN EMMANUEL. III.
Título.

FERNANDA LIMA SOARES

**CONCORDÂNCIA ENTRE DOPPLER PORTÁTIL E OXÍMETRO DE
PULSO NA DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO ARTERIAL DE OCLUSÃO DE
JOVENS SAUDÁVEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Maranhão, para defesa e obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

A Banca Examinadora da qualificação da Dissertação de Mestrado apresentada em sessão pública considerou o candidato aprovado em: ____/____/____.

Prof. Dr. Nelo Eidy Zanzi (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Christian Emmanuel Torres Cabido (Co-orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Thiago Teixeira Mendes
Universidade Federal do Maranhão (Interno)

Prof. Me. Flávio de Oliveira Pires (Externo)
Universidade Federal do Maranhão

São Luís

2018

DEDICATÓRIA

A todas as mulheres que todos os dias se esforçam em dobro para motivar reconhecimento pela sua capacidade e não por sua aparência. A todos aqueles que não só aceitam, mas também respeitam o espaço da mulher e das diversidades sexuais no ambiente acadêmico e profissional. A um anjo que a vida me trouxe e desafiou meus valores mais estáticos, meus medos e inseguranças mais profundas, me ensinando a sentir orgulho do que eu sou e a nunca aceitar menos do que mereço.

AGRADECIMENTOS

À natureza e a todos os guias espirituais de boa fé e proteção que reascendem minha esperança em um mundo melhor feito por pessoas melhores.

Aos meus amigos fiéis: Fábio, Márcia, Ysabelle, Luana, Margarida, Jéssica e João Lucas, que tal qual uma família, me ouviram nos momentos de êxtase e também nos momentos de angústia, entenderam minhas ausências sem nunca deixar de senti-la, por serem meu início, meio e fim e por nunca me deixarem duvidar da minha capacidade de alcançar mais esse passo em direção ao meu maior sonho.

Às pessoas sem as quais essa pesquisa não existiria, da ideia à posterior análise dos dados, passando pela extensa e cuidadosa execução. Em primeiro lugar, ao meu orientador Professor Dr. Nelo Eidy Zanchi, um exemplo de pesquisador, sonhador e realizador, sempre disposto a entregar o seu melhor para todos nós e despertar o melhor de nós e do nosso intelecto. Ao meu co-orientador, Christian Emmanuel Torres Cabido, que com sua tamanha generosidade e paciência foi uma fonte inesgotável de saber, força e persistência durante toda essa jornada. Ao professor Fabrício Rossi, pelo companheirismo, paciência, apoio científico e proatividade admiráveis. À minha parceira desde a graduação Kassiana Pessoa, que me acompanhou em cada passo da coleta com o mesmo cuidado que teria se esse projeto fosse o seu, e à Rayssa Sousa, nossa nutricionista que tanto enriqueceu nossas pesquisas. Aos meus queridos “pupilos” da iniciação científica: Matheus Lisboa, Sonny Bezerra, Débora Araújo e Every Monteiro, que foram fundamentais na execução dessa pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Maranhão, por nos dar a oportunidade de mudar a nossa realidade, das pessoas a nossa volta e de toda a comunidade científica por meio de pesquisa e conhecimentos originalmente maranhenses. Aos queridos professores que ministraram as disciplinas de formação de nosso curso, somando valor incalculável a esse título e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Maranhão (FAPEMA) por me oportunizar a dedicação a esse projeto. Agradeço ainda aos colegas da primeira turma do Mestrado Acadêmico em Educação Física do Maranhão. Foi uma honra dividir e desbravar esse caminho junto a vocês, os levarei sempre em coração com muito orgulho.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram com a execução e elaboração desse estudo, no qual depus de forma integral os últimos 24 meses de minha vida.

RESUMO

Introdução: A determinação da pressão de oclusão arterial (POA) é uma medida crítica para seleção da pressão adequada a ser utilizada nos métodos baseados na restrição de fluxo sanguíneo. A pressão considerada efetiva nesses métodos de treinamento com restrição do fluxo sanguíneo está em torno 40 a 80% da POA. Recentemente o equipamento de doppler portátil tem sido utilizado para realizar essa medida, enquanto o oxímetro de pulso vem sendo largamente utilizado na prática clínica para medida constante e não invasiva da saturação de oxigênio sanguíneo. Ambos os métodos têm a capacidade de detectar a presença ou ausência de pulso sanguíneo, entretanto, o oxímetro de pulso não foi testado anteriormente na medição da POA. **Objetivo:** Verificar a concordância entre doppler portátil e oxímetro de pulso na determinação da pressão de oclusão arterial. **Material e Métodos:** A amostra foi composta por 70 sujeitos (37 mulheres e 33 homens), eutróficos e normotensos, com idade de 18 a 33 anos. Os sujeitos foram avaliados em sessão única através de avaliação antropométrica, resposta aos questionários PAR-Q (prontidão para atividade física) e IPAQ (nível de atividade física) com posterior avaliação simultânea e blindada da pressão arterial de oclusão via doppler e oxímetro de pulso, de maneira aleatória nas posições sentado, em pé e deitado. **Resultados:** Os resultados demonstraram acordo excelente entre os métodos através do coeficiente Kappa nas três posições sendo $K=0,963$ (sentado); $K=0,967$ (em pé); e $K=1,00$ (deitado), e correlação de Spearman muito forte e positiva, também das três posições, sendo $r_s=0,997$ (sentado); $r_s=0,992$ (em pé); $r_s=0,993$ (deitado). **Discussão:** A medida da pressão arterial de oclusão é critério determinante para a execução precisa e segura de protocolos de restrição de fluxo sanguíneo associados ou não ao exercício físico. Atualmente a literatura nos sugere a utilização do recurso do Doppler portátil para medida precisa da POA, entretanto, se trata de equipamento de ambiente hospitalar que exige manipulação técnica específica precisa e de alto custo, além de depender do silenciamento dos sinais sonoros da pulsação sanguínea que em muitos momentos pode ser gradativo ou até mesmo inaudível, necessitando medidas repetidas até sua determinação, distanciando sua utilização da prática e tornando o acesso à metodologia de restrição de fluxo sanguíneo por muitas vezes restrito ao ambiente científico. Nesse sentido, propomos a utilização do oxímetro de pulso como metodologia financeiramente acessível, de fácil aplicação e determinação pontual devido a sua expressão visual e excelente acordo com o equipamento mais utilizado para tal medida, a fim de disponibilizar a determinação da POA aos profissionais de saúde e contribuir para a popularização dos métodos de restrição de fluxo sanguíneo em âmbito não-laboratorial. **Conclusão:** O oxímetro de pulso demonstrou ser eficaz em medir a POA em comparação ao doppler portátil, podendo, então, ser adotado como instrumento facilitador da realização dessa medida em ambientes acadêmicos, profissionais e de lazer permitindo a prática e técnicas de restrição de fluxo sanguíneo segura, eficiente e acessível.

Palavras chave: Treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo; oxímetro de pulso; exercício;

ABSTRACT

Introduction: The determination of the arterial occlusion pressure (AOP) is a critical measurement for selection of adequate pressures to the BFR method. Effective restriction pressures (usually 40-50% of the AOP) could be selected to be used in association with muscle contractions against minor resistance, when the main purpose is gaining mass. Recently doppler hand-held equipment have been utilized for such purpose, on the other hand, pulse oximeter has been largely utilized in the clinical practice for monitoring the hemoglobin saturation and the blood flow inside the capillary bed, via laser diode sensors. Both methods are capable to detect the presence or absence of blood flow but they never have been tested before, in regards to its use to predict the AOP. **Objective:** Verify the agreement between doppler and pulse oximeter occlusion in measuring arterial occlusion pressure.

Materials Methods: The sample consisted of 70 subjects (37 women and 33 men), aged 18 to 33 years. The assessments were made in a single session composed by anthropometric measures, response to Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q) and International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) followed for the blinded and simultaneously determination of arterial occlusion pressure with doppler and pulse oximeter in the sitting, standing and lying positions.

Results: The results showed an excellent agreement Kappa between methods in the three positions analyzed, seated, standing and lying, respectively (0.963, 0.967, 1.00) and very strong Spearman's correlation ($r_s = 0.997, 0.992, 0.993$).

Discussion: Arterial occlusion pressure (AOP) measure is determinant for the effectiveness and safety execution of blood flow restriction protocols associated or not with exercise. Currently the literature available suggest the use of doppler handheld for the precise measurement of AOP however it's a hospital equipment with specific technical manipulations demands, a higher cost besides depends to the specific moment of silencing arterial pulse which could be very hard in many times. In instance we propose the use of the pulse oximeter, a lower cost and easier to manipulate equipment that show an excellent agreement with the gold standard to access the AOP, making possible to coaches in physical education and all community the use of methods of blood flow restriction on non-laboratory environments. **Conclusion:** The pulse oximeter has been shown to be effective in comparison to doppler handheld to access the AOP. It can be adopted as an instrument to facilitate the achievement of this measure in academic, professional and leisure environments allowing the practice of techniques of blood flow restriction even safer, more efficient and accessible.

Keywords: Blood flow restriction training; pulse oximeter; exercise;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Possíveis locais de aplicação dos manguitos de restrição.....	17
Figura 2. Funcionamento do oxímetro de pulso e do doppler portátil.....	31
Figura 3. Comportamento do oxímetro de pulso durante aferição da pressão de oclusão total.....	35
Figura 4. Momento de coleta simultânea e blindada da pressão de oclusão total...	36
Figura 5. Boxplot da pressão arterial de oclusão via doppler e via oxímetro de pulso na posição sentado.....	39
Figura 6. Boxplot da pressão arterial de oclusão via doppler e via oxímetro de pulso na posição em pé.....	40
Figura 7. Boxplot da pressão arterial de oclusão via doppler e via oxímetro de pulso na posição deitado.	40
Figura 8. Gráfico de dispersão das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição sentado.....	41
Figura 9. Gráfico de dispersão das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição em pé.....	42
Figura 10. Gráfico de dispersão das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição sentado.....	43
Figura 11. Gráfico de Bland-Altman das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição sentado.....	44
Figura 12. Gráfico de Bland-Altman das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição em pé.....	45
Figura 13. Gráfico de Bland-Altman das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição deitado.....	46
Figura 14. Gráfico de Bland-Altman das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição sentado estratificado por sexo.....	46
Figura 15. Gráfico de Bland-Altman das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição em pé estratificado por sexo.....	47
Figura 16. Gráfico de Bland-Altman das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição deitado estratificado por sexo.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Diferenças e semelhanças entre oxímetro de pulso e doppler portátil...	30
Tabela 2. Confiabilidade das medidas de pressão de oclusão arterial, circunferência e pressão arterial.....	36
Tabela 3. Caracterização dos sujeitos.....	38
Tabela 4. Estatística descritiva entre doppler e oxímetro de pulso estratificada por sexo.....	41
Tabela 5. Correlação de Spearman das medidas de POA doppler e POA oxímetro estratificada por sexo.....	43
Tabela 6. Coeficiente Kappa de Cohen entre as medidas de POA de doppler e oxímetro de pulso nas posições sentado, em pé e deitado.....	48

LISTA DE SIGLAS

1 RM – 1 Repetição Máxima

TFRV – Treinamento de Força com Restrição Vascular

POA – Pressão Arterial de Oclusão

GH – *Growth Hormone* – Hormônio do crescimento

EROS – Espécies Reativas de Oxigênio

FDA – *Food and Drug Administration* – Administração de alimentos e medicações

PAR-Q – *Physical Activity Readiness Questionnaire* – Questionário de prontidão para a atividade física

IPAQ – *International Physical Activity Questionnaire* – Questionário internacional de atividade física

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. JUSTIFICATIVA	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 MÉTODOS COM RESTRIÇÃO VASCULAR	15
3.1.1 Possíveis mecanismos envolvidos na hipertrofia muscular via métodos de restrição de fluxo sanguíneo	20
3.1.2 Treinamento de força com restrição vascular	22
3.2 PRESSÃO DE OCLUSÃO ARTERIAL (POA)	24
3.3 DOPPLER PORTÁTIL.....	27
3.4 OXÍMETRO DE PULSO.....	28
4. OBJETIVO GERAL	32
5. HIPÓTESES	32
6. MATERIAIS E MÉTODOS	32
6.1 ASPECTOS ÉTICOS	32
6.2 AMOSTRA.....	33
6.3 DESENHO EXPERIMENTAL.....	33
6.4 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS	34
6.5 DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DE OCLUSÃO ARTERIAL	34
6.6 CONFIABILIDADE DAS MEDIDAS	36
7. ANÁLISE ESTATÍSTICA	37
8. RESULTADOS	38
8.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA	39
8.1.1 Sentado	39
8.1.2 Em pé.....	39
8.1.3 Deitado	40
8.1.4 Estratificação entre homens e mulheres	41
8.2 CORRELAÇÃO DE SPEARMAN	41
8.2.1 Sentado	41
8.2.2 Em pé.....	42
8.2.3 Deitado	42
8.2.4 Estratificação entre homens e mulheres	43
8.3 BLAND-ALTMAN	44
8.3.1 Sentado	44
8.3.2 Em pé.....	44

8.3.3 Deitado	45
8.3.4 Estratificação entre homens e mulheres	46
8.4 COEFICIENTE KAPPA DE COHEN.....	48
9. DISCUSSÃO	48
10. CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS.....	52
APÊNDICE	59
APÊNDICE A.....	59
APÊNDICE B.....	60
APÊNDICE C.....	61
ANEXOS.....	82
ANEXO I - IPAQ	82
ANEXO II – PAR-Q.....	84

1. INTRODUÇÃO

O aumento do tecido muscular esquelético, também conhecido como hipertrofia muscular, é um importante evento biológico no âmbito esportivo, na saúde geral, assim como, na reabilitação de indivíduos com diversas comorbidades (Zanchi & Lancha, 2008). De modo oposto, a perda acentuada de massa e força muscular têm se mostrado importantes preditoras de morbidade e mortalidade em diversas condições como o envelhecimento, o câncer e a insuficiência cardíaca (Argilés et al., 2016). Desse modo, o desenvolvimento de métodos seguros capazes de otimizar o ganho de massa muscular, acelerando-o ou reduzindo a quantidade de exercícios/intensidade necessária para tal, são benéficos tanto para indivíduos saudáveis que visam melhorias estéticas ou de desempenho quanto para indivíduos sedentários ou acometidos por doenças catabólicas, em situações atroficas ou ainda em processo de reabilitação músculo-articular (Law et al., 2016).

O aumento da massa muscular é um processo adaptativo dependente de fatores químicos e mecânicos que afetam ambos, a qualidade e a quantidade das proteínas musculares contráteis (Zanchi & Lancha, 2008). Dentre as diversas modalidades de exercício físico praticadas, o treinamento de força é o modelo mais recomendado quando se objetiva a hipertrofia muscular devido a sua eficiência e segurança (Kraemer et al., 2002). Classicamente, a intensidade (carga externa) ótima recomendada para induzir o processo de hipertrofia muscular através do treinamento de força é de 70% a 85% da carga que permita realizar apenas uma repetição máxima (1 RM). Em termos práticos, isso equivale a uma alta intensidade, possibilitando a execução média de 8 a 12 repetições máximas durante uma série de exercício de força (ACMS, 2009).

Entretanto, a utilização de manguitos pneumáticos ou torniquetes elásticos acoplados as extremidades dos membros exercitados a certos níveis de pressão capazes de causar níveis específicos de restrição de fluxo sanguíneo, têm demonstrado resultados semelhantes aos obtidos com o treinamento de força tradicional em aumento de massa muscular, mesmo em baixa intensidade (15 a 30% de 1 RM) (Scott et al., 2015; Bell et al., 2018), e protocolos de 3 ou 4 séries de 30, 15, 15, 15 repetições (Yasuda et al., 2010), o que contraria os princípios tradicionais do treinamento de força com finalidade de aumento de massa

muscular, já citados anteriormente. Tal método recebe o nome de treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo (TFRV).

Para que os benefícios do TFRV sejam alcançados com segurança, alguns cuidados em relação ao manguito utilizado, o nível de pressão aplicada, o tempo de duração da atividade e o volume de treinamento são necessários (Loenneke, Fahs, et al., 2013; Loenneke, Thiebaud, et al., 2013b). Atualmente, há uma grande gama de opções de manguitos, assim como diferentes recomendações de pressão a ser utilizada no treinamento, que variam de fórmulas preditoras (Loenneke et al., 2015), escalas de percepção de pressão (Wilson et al., 2013) à métodos diretos de medida (Loenneke, Thiebaud, et al., 2013b). As especificações técnicas dos manguitos ganham importância devido a sua influência direta nos níveis de pressão a serem aplicados.

O material, a espessura, a largura, o tamanho do balão pressórico alocado dentro do manguito, além das diferenças individuais como pressão arterial, circunferência do membro, complacência das artérias e composição corporal, fazem da pressão aplicada para o treinamento um parâmetro individual e impossibilita o estabelecimento de um valor único que assegure sua prática de forma universal (Loenneke et al., 2012; Loenneke, Fahs, et al., 2013; Loenneke, Thiebaud, et al., 2013b; Hunt et al., 2016; Jessee et al., 2016).

Para medida direta e precisa da pressão de restrição a ser utilizada no treinamento é necessária a medida da pressão de oclusão arterial (POA), que consiste na definição da pressão necessária para que se oclua completamente o pulso arterial, e a partir desta a definição de um percentual de pressão (usualmente de 40 a 80% desse máximo) para o treinamento (Lixandrão et al., 2015; Loenneke et al., 2016). Atualmente a literatura sugere a utilização do doppler portátil para aferir por via auscultatória o momento exato em que o pulso sanguíneo é interrompido no membro a ser treinado (Loenneke, Thiebaud, et al., 2013a; Ingram et al., 2017; Mouser et al., 2017; Sieljacks et al., 2018)

Nesse sentido, a oximetria de pulso é um método de medição direta e não invasivo da saturação de oxigênio no sangue arterial (Severinghaus & Honda, 1987) através de medida óptica da pulsatilidade sanguínea, o que a permite diferenciar sangue arterial do sangue venoso. Utilizando a oximetria de pulso, a POA seria determinada apenas posicionando a ponta do dedo do usuário no dispositivo portátil, enquanto se insufla o manguito. O momento de perda do fluxo sanguíneo

capilar ou POA, seria prontamente determinada por simples inspeção visual do momento de desaparecimento do pulso sanguíneo (Bianchi et al., 2008).

O TFRV é um método de treinamento eficiente e com grande potencial de beneficiar às mais diversas populações e em condições adversas, entretanto seu uso é restrito devido à ausência de métodos acessíveis e inteligíveis que garantam uma aplicação prática segura à população. Desse modo, pretendemos através desse estudo verificar a possibilidade de aplicação de um método alternativo para medição da POA, simplificando a prática de métodos de restrição sanguínea.

2. JUSTIFICATIVA

O treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo vem se estabelecendo ao longo do tempo como método eficiente e versátil, ao que concerne o aumento da massa muscular, podendo ser aplicado em condições de alto rendimento (Williams et al., 2018), reabilitação (Takarada, Takazawa, Sato, et al., 2000) e envelhecimento (Iida et al., 2011). Sua característica de baixa intensidade e resultados ótimos em hipertrofia é o que possibilita essa variada aplicabilidade. Porém, sua aplicação depende estreitamente do nível de pressão a ser utilizado, estabelecido entre 40 a 80% da pressão de oclusão arterial (Lixandrão et al., 2015).

Atualmente a literatura nos sugere a utilização do doppler portátil para medida precisa da POA, entretanto, o doppler se trata de equipamento hospitalar que exige manipulação técnica específica precisa, além de depender do silenciamento dos sinais sonoros da pulsação sanguínea que em muitos momentos pode ser gradativo e sutil ou até mesmo indistinguível, elevando o nível de dificuldade de seu manuseio, necessitando, em alguns momentos, de medidas repetidas até alcançar êxito na determinação do ponto exato de oclusão. Em cotação atual (março/2018) o preço desse equipamento era de R\$1.060,00, além de sua manipulação delicada que demanda treinamento, inviabilizando seu uso para grande parte dos profissionais e população em geral interessados nos benefícios do TFRV.

Por essa razão, é de interesse desse estudo averiguar o uso do oxímetro de pulso de forma alternativa ao doppler portátil para aferição precisa da POA,

verificando sua concordância por se tratar de equipamento de baixo custo financeiro, fácil manipulação e sinalização visual do momento de oclusão. Além do seu fácil manuseio e interpretação, o oxímetro tem baixo custo (encontrado até por R\$ 70,00 em março/2018) quando comparado ao doppler, porém, ainda não fora testado como instrumento de medida da oclusão arterial em sujeitos saudáveis para fins de métodos de restrição vascular.

Mostrando-se forte a concordância entre os métodos, as ciências esportivas e da saúde, os profissionais de educação física e a população em geral terão à sua disposição uma nova ferramenta capaz de viabilizar de forma inteligível e de baixo custo a medida da pressão de oclusão arterial, e, conseqüentemente, a prática segura e eficaz do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Os tópicos desenvolvidos nessa revisão de literatura almejam primeiramente apresentar a história e as possíveis aplicações dos métodos de restrição vascular. Em seguida, trataremos da importância da medida de pressão de oclusão arterial na eficiência e segurança dessa modalidade de treinamento, além de abordar os diferentes métodos de determinação da pressão de treinamento a ser utilizada já propostos anteriormente. Por fim, uma revisão sobre a especificação técnica e funcionamento do doppler portátil e do oxímetro de pulso, suas similaridades e diferenças, assim como suas particularidades de uso.

3.1 MÉTODOS COM RESTRIÇÃO VASCULAR

Os métodos com restrição de fluxo sanguíneo que conhecemos atualmente, tiveram início no Japão na década de 60, com o então, jovem praticante de musculação Yoshiaki Sato, durante uma cerimônia budista onde todos se sentavam sobre as próprias pernas com os joelhos apoiados no solo, começou a sentir algum nível de dormência e inchaço nas pernas, sensação esta que o lembrou a sensação de fadiga após uma série de exercícios extenuantes para a panturrilha. Ele atribuiu essa sensação à diminuição de fluxo sanguíneo ao músculo e iniciou as teorizações sobre o efeito dessa restrição durante o exercício de força (Sato, 2005).

Seis anos após o início de seus testes com restrição de fluxo sanguíneo, Sato sofreu grave acidente esquiando e teve sua perna direita imobilizada. Temendo a atrofia muscular normal advinda da imobilização, arriscou testar em si mesmo a restrição vascular, através de ciclos de pressão e despressurização na perna, mesmo desconhecendo os efeitos dessa técnica. Surpreendentemente, duas semanas após a aplicação da imobilização em visita ao ortopedista, ao retirar o gesso para consulta, ambos relataram não só atenuação da atrofia, como também aumento da massa muscular da perna, que foi atribuída aos constantes ciclos de pressurização e despressurização (Sato, 2005).

Apesar dos efeitos hipertróficos em situações de imobilização e uso da restrição de fluxo sanguíneo não terem sido encontrados na literatura, o estudo de Takarada, Takazawa & Ishii (2000) mostrou atenuação da atrofia por desuso, como descreveremos de forma mais detalhada a diante. Diversos outros estudos surgiram nas décadas seguintes as proposições de Sato, afim de testar os resultados e também conhecer os efeitos agudos e mecanismos dos métodos de restrição de fluxo sanguíneo, associados ou não ao exercício, alguns dos quais apresentaremos a seguir para melhor compreensão do mesmo.

Quando tratamos da restrição do fluxo sanguíneo, é importante salientar que não se trata de protocolos de isquemia (oclusão total do fluxo) no membro exercitado, mas sim, restrição do retorno venoso reduzindo o fluxo arterial nos membros em que o manguito é alocado (Sato, 2005), causando um represamento momentâneo de sangue e de diversos outros metabólitos produzidos pela musculatura esquelética (Tanimoto et al., 2005).

A restrição de fluxo sanguíneo, realizada concomitante ao exercício ou não, se trata da aplicação de manguitos restritores nas porções proximais das articulações dos membros inferiores ou superiores, como mostra a **Figura 1**.

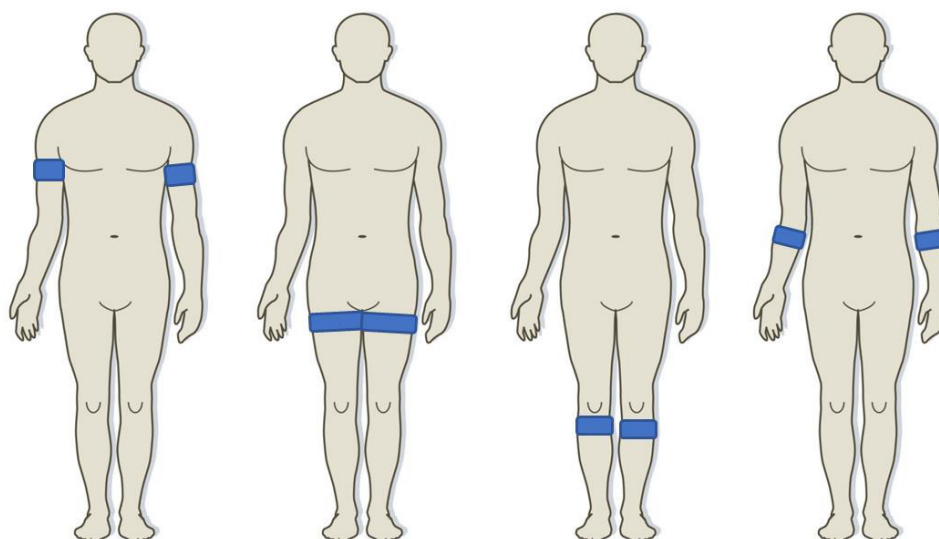


Figura 1. Possíveis locais de aplicação dos manguitos de restrição.

A restrição de fluxo sanguíneo já foi estudada sem o exercício Takarada, Takazawa & Ishii (2000), antes do exercício (Libonati et al., 1998; Williams et al., 2018), em exercícios de baixa intensidade com o peso do próprio corpo como a caminhada (Abe et al., 2006; Iida et al., 2011), em exercícios aeróbios como o ciclo ergômetro (Abe et al., 2010) e a corrida (Paton et al., 2017), modalidades como o ciclismo (Smiles et al., 2017) além de exercícios de musculação com baixas e altas intensidades.

Quando feito de forma controlada e dentro dos percentuais corretos de restrição sanguínea, tratamos de uma prática segura e com resultados comprovados em diversas populações e circunstâncias. Um estudo desenvolvido por Nakajima et al. (2006) mapeou os resultados práticos e incidência de eventos adversos do treinamento com restrição vascular no território japonês (local de sua origem), concluindo que de 12.642 pessoas que utilizaram o treinamento de força com restrição sanguínea (homens 46%, mulheres 54%), abrangendo pessoas entre 20 e 80 anos de idade com objetivo principal de fortalecer a musculatura e promover a qualidade de vida, a incidência de efeitos colaterais foi extremamente baixo, sendo apresentada da seguinte forma: trombose (0,055%), embolia pulmonar (0,008%) e rabdomiólise (0,008%).

Quanto a sua utilização de forma isolada, sem o exercício, a restrição de fluxo sanguíneo é feita através de ciclos de pressão e despressurização, podendo ser utilizada em situações de imobilização, onde o exercício é impossibilitado, na

forma de pré-condicionamento quando utilizada antes da prática da atividade física e após o exercício no momento de recuperação. Um dos artigos pioneiros no uso da restrição vascular isolada foi de Takarada, Takazawa & Ishii (2000) realizado em 16 sujeitos nas duas semanas seguintes da reconstituição de ligamento cruzado anterior dos mesmos. Os sujeitos foram divididos em dois grupos (experimental e controle). O grupo experimental recebia duas sessões diárias de restrição de fluxo sanguíneo na perna recém operada e imobilizada. Ao final dos 14 dias foi observada atrofia muscular nos dois grupos, entretanto, com atenuação de 11,3% da atrofia muscular de quadríceps no grupo experimental, sugerindo a diminuição da atrofia por desuso, comum em um pós-operatório. Também no momento pós operatório, porém realizada concomitante a parte dos exercícios fisioterápicos, a restrição de fluxo sanguíneo demonstrou aumentos significativos em espessura muscular, diminuição do período de recuperação aguda além de melhora na percepção de recuperação dos sujeitos (Tennent et al., 2017).

Quando realizada previamente a exercícios isométricos, a restrição vascular seguida de reperfusão sanguínea (2 minutos de restrição seguidos por 10 segundos de descanso seguidos pelo exercício) demonstrou aumento na força isométrica máxima dos músculos do antebraço no exercício de flexão de punho (Libonati et al., 1998). Vale ressaltar que nesse estudo a POA não foi realizada de maneira individual, sendo determinada em 200 mmHg para os 11 participantes (Libonati et al., 1998), o que torna provável que cada sujeito tenha realizado o teste a um nível diferente de pressão individual relativa, e até mesmo em uma possível oclusão vascular, embora seja comum a seleção de pressões arbitrárias na literatura científica.

Outro estudo realizado também com nível de pressão pré-estabelecida (220 mmHg) porém para membros inferiores (que necessitam de pressão maior do que membros superiores para sua oclusão, o que nos impossibilita afirmar a qual nível de restrição esses sujeitos foram submetidos) foi realizado utilizando ciclos de restrição-reperfusão (3 sequências de 5 minutos de restrição seguidos por 5 minutos de descanso) previamente a protocolos incrementais máximos em ciclo ergômetro em sujeitos bem treinados. Os sujeitos foram testados em dois momentos, com e sem a sessão dos ciclos de restrição-reperfusão. Os resultados foram aumentos agudos no consumo máximo de oxigênio (3%) e na potência

máxima (1,6%) somente no grupo que realizou a restrição previamente ao exercício (De Groot et al., 2010).

Em contrapartida, Paixao et al. (2014) realizaram estudo semelhante em ciclistas amadores, utilizando 4 ciclos aos invés de três, e com pressão de 250 mmHg também pré-estabelecida, através do teste Wingate, não resultando em nenhuma melhora no desempenho físico em potência aeróbia total, ou na concentração de lactato sanguíneo após exercício. Ao estudar a aplicação de restrição 2 ou 24h antes de provas de natação por 40 minutos (5 minutos de restrição, 5 de descanso), Williams et al. (2018) não verificou mudanças de desempenho ou de parâmetros sanguíneos como pH e concentração de lactato em relação ao grupo controle.

Essas evidências, dentre tantas outras na literatura que se utilizaram de ciclos de pressurização-reperfusão nos mostram que essa metodologia necessita de maiores estudos em relação ao controle dos níveis de pressão a serem aplicados, volume e tempo de restrição, situações e populações que de fato possam ser favorecidos pela mesma, além de maior investigação a fim de esclarecer seu mecanismo de atuação, ainda muito desconhecido, e frequentemente atribuído apenas a concentração sanguínea local (De Groot et al., 2010; Jean-St-Michel et al., 2011).

Quando se trata da aplicação da restrição vascular concomitantemente ao exercício, o número de publicações é ainda maior. Um dos estudos pioneiros a demonstrar o efeito anabólico da restrição vascular mesmo com baixa sobrecarga foi conduzido por Abe et al. (2006) em jovens destreinados. O protocolo consistiu em 3 semanas de treinos, 6 dias por semana, duas vezes por dia com aplicação de pressão de 200 mmHg. Cada treino formado por cinco sequências de 2 minutos, com 1 minuto de descanso entre elas, totalizando 10 minutos de caminhada a baixa velocidade de 3 km/h, resultando em aumento no volume muscular em 7%, no teste de 1 repetição máxima (8%) e no teste de força isométrica (10%), sem alteração nos marcadores de dano muscular. Também utilizando a caminhada e restrição vascular, porém visando a estudar o impacto cardiovascular desse exercício em idosas, Iida et al. (2011) atestou que 6 semanas de caminhada, 5 dias na semana, a 4 km/h, utilizando pressão inicial de 140 mmHg com aumento gradativo de 10 mmHg diário até o limite de 200 mmHg, aumentou a complacência vascular e o fluxo venoso máximo.

Buscando entender os mecanismos pelos quais a caminhada com restrição venosa induz adaptações, estudo recente de 2017 buscou verificar a liberação hormonal de lactato, adrenalina, noradrenalina e GH (*growth hormone*), aguda após uma sessão utilizando a metodologia em comparação com uma sessão de caminhada. A pressão utilizada foi de 200 mmHg, a duração do exercício foi de 20 minutos e a intensidade foi definida a partir da frequência cardíaca máxima de cada sujeito. Como resultado, houveram aumentos agudos na concentração de lactato no grupo com restrição em comparação ao controle, porém os outros hormônios se elevaram de forma semelhante nos dois grupos, concluindo que tais hormônios não explicam diretamente a hipertrofia alcançada através da caminhada com restrição do fluxo sanguíneo, de modo que tal mecanismo segue obscuro (Ozaki et al., 2017).

Como pudemos observar nos estudos citados, apesar de resultados relevantes advindo dos métodos de restrição vascular em diferentes modalidades de exercício, os protocolos de aplicação ainda estão sendo explorados afim de se encontrar a melhor configuração de aplicação. A individualização das pressões de oclusão ainda é subutilizada na ciência e na prática da população em geral, apesar de ser tema bastante discutido e comentado como fator de limitação nos estudos. Os mecanismos fisiológicos que explicam suas adaptações positivas ainda são pouco conhecidos, entretanto, algumas hipóteses em relação ao potencial hipertrófico da hipóxia e de seus metabólitos vem sendo discutidas na literatura.

3.1.1 Possíveis mecanismos envolvidos na hipertrofia muscular via métodos de restrição de fluxo sanguíneo

O músculo esquelético tem a plasticidade como uma de suas principais características, adaptando-se aos estímulos, ou a ausência deles, principalmente através de alterações na força e na área de secção transversa muscular. Esse aumento da área de secção transversa muscular recebe o nome de hipertrofia, tendo impacto direto na saúde dos indivíduos e em sua qualidade de vida (Eliasson et al., 2006).

O estudo dos mecanismos envolvidos nos processos de hipertrofia muscular nos mais diferentes métodos de treinamento capazes de induzir essa adaptação têm demonstrado que esse fenômeno inclui a reprogramação da expressão gênica

correlacionada com mudanças na tradução de proteínas (Parsons et al., 2004) que permitem o aumento da síntese de proteínas contráteis, alterações na expressão das cadeias pesadas de miosina, mudanças metabólicas e na utilização de oxigênio intramuscular, além de mudanças nas propriedades neuromuscular (Schiaffino & Reggiani, 1994). Diversos estudos indicam que a tensão mecânica seria o mecanismo primário de indução da hipertrofia muscular (Goldberg et al., 1975; Spangenburg et al., 2008) entretanto, no TFRV a tensão mecânica é diminuída e o estresse metabólico parece assumir esse papel.

Durante o exercício de musculação, as unidades motoras e consequentemente as fibras musculares são recrutadas de acordo com o princípio do tamanho (Henneman et al., 1965), onde menores unidades motoras associadas às fibras musculares do tipo I são inicialmente ativadas em exercícios de menor intensidade e as maior unidades motoras associadas a fibras musculares do tipo II são recrutadas em exercícios de alta intensidade, aumentando o nível da força contrátil. Quando falamos em hipertrofia, as fibras do tipo II (contração rápida) têm demonstrado ser mais responsáveis por esse processo que as fibras do tipo I (contração lenta) (Macdougall et al., 1982; Mccall et al., 1996). Quando falamos do TFRV, mesmo com em baixa intensidade, as fibras do tipo II são fortemente recrutadas, devido ao suprimento inadequado de oxigênio às fibras do tipo I e a alta concentração de metabólitos, o que parece estar ligado ao potencial hipertrófico do TFRV mesmo em baixas intensidades de treinamento.

Nesse sentido, acredita-se que o principal mecanismo desencadeador do extenso processo de hipertrofia muscular no método de treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo (TFRV) não é a tensão mecânica advinda da sobrecarga externa em si, e sim, o estresse metabólico devido ao grande acúmulo de metabólitos musculares, como o lactato, induzidos pela hipóxia/isquemia geradas pela restrição arterial e oclusão do retorno venoso no momento de execução do exercício (Takarada, Nakamura, et al., 2000; Pope et al., 2013), além de outros fatores como o aumento do recrutamento de fibras de contração rápida (TIPO II) (Moritani et al., 1992; Yasuda et al., 2009), elevação da concentração de hormônios sistêmicos (Takarada, Nakamura, et al., 2000; Reeves et al., 2006), inchaço celular (Loenneke et al., 2012) e aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (EROS) e de óxido nítrico (Kaijser et al., 1990; Kawada & Ishii, 2005). Outros sinais de estresse metabólico, como a concentração de fosfato inorgânico

e pH intramuscular, demonstraram relação direta com hipertrófica muscular após período de treinamento a baixa intensidade (20% de 1RM) com restrição de fluxo sanguíneo (Takada et al., 2012), reafirmando o papel proeminente do estresse metabólico nas adaptações advinda do TFRV.

Sobre o inchaço celular, já foi reportado anteriormente que inchaços celulares mediados por hidratação resultam em aumento da síntese proteica e uma redução da proteólise em vários tipos de células, incluindo hepatócitos, osteócitos e fibras musculares (Lang et al., 1998). O grande acúmulo de metabólitos gerado pelo TFRV cria um gradiente de pressão favorecendo o fluxo de sangue para as fibras musculares. Acredita-se que essa reperfusão aumentada e inchaço celular consequente ameaçam a integridade estrutural da membrana celular, iniciando uma sinalização que cronicamente culmina no reforço dessa estrutura (Lang, 2007; Schoenfeld, 2010), além de induzir o crescimento muscular através da proliferação e fusão de células satélites (Dangott et al., 2000).

As mais diversas hipóteses que explicam a indução de hipertrofia advinda do TFRV e dos outros métodos que envolvem a restrição do fluxo sanguíneo parecem se complementar no extenso e complexo processo de hipertrofia. Apesar de outros estudos ainda serem necessário para que se esclareça totalmente os mecanismos que levam ao ganho de massa muscular nesse método, é sabido que estes diferem e muito dos envolvidos no método tradicional de treinamento de força (Yanagisawa & Fukutani, 2017).

3.1.2 Treinamento de força com restrição vascular

Os métodos de restrição vascular que hoje conhecemos, tiveram desde seu início o objetivo de alcançar a hipertrofia muscular. Nesse sentido, o treinamento de força demonstra há décadas sua eficiência em aumento de massa muscular e força, de modo que o treinamento de força com restrição venosa (TFRV) foi, até então, a modalidade de exercício mais estudada com uso de equipamentos restritores.

Tal aplicabilidade chama a atenção pela baixa intensidade, principalmente se comparado com os métodos tradicionais de treinamento de força. Essa baixa necessidade de carga externa é atrativa para diversas populações, como idosos e pessoas em situação de reabilitação, mas também em jovens saudáveis que

almejam hipertrofia muscular a custas de menor sobrecarga tendínea (Ishii et al., 2005; Abe et al., 2010; Laurentino et al., 2012). Alguns dos artigos que demonstram os ganhos e os níveis de ganho a partir do TFRV serão apresentados a seguir.

Um dos estudos pioneiros nesse temática, foi o conduzido por Takarada, Takazawa, Sato, et al. (2000), com duração de 16 semanas em idosas, comparando diretamente um grupo TFRV com intensidade de 30 a 50% de 1 RM, um grupo baixa intensidade sem restrição e um grupo de treinamento tradicional com alta intensidade (50 a 80% de 1RM) em exercício de flexão de cotovelo. Ao final do protocolo, o grupo TFRV obteve aumentos de massa de 20,3 e 17,8% nos músculos braquial e bíceps braquial, respectivamente, enquanto o grupo alta intensidade obteve 18,4 e 11,8% na mesma ordem, mostrando tendência a maior aumento via TFRV, porém sem diferença significativa. Para o músculo tríceps, TFRV demonstrou aumento de 13,7% enquanto alta carga 6,6%, com diferença estatisticamente significativa. Tal achado, além de confirmar a hipótese de hipertrofia via TFRV, demonstra que o TFRV tem capacidade de induzir hipertrofia mesmo em músculos sinérgicos, como ocorreu com o tríceps, que não é o motor primário no exercício de flexão de cotovelo (Takarada, Takazawa, Sato, et al., 2000).

Em outro estudo avaliando as variáveis do TFRV, Lixandrão et al. (2015) comparou grupos de diferentes níveis de pressão aplicada e diferentes sobrecargas externas entre si, e, ao treinamento de força tradicional. Foram 5 os grupos estudados, sendo eles: 1 - TFRV 20%1RM / 40% POA (baixa intensidade e pressão moderada); 2 - TFRV 20%1RM / 80% POA (baixa intensidade e pressão elevada); 3 - TFRV 40%1RM / 40% POA (intensidade e pressão moderadas); 4 - TFRV 40%1RM / 80% POA (intensidade moderada e pressão elevada); e 5 – Treinamento tradicional 80% 1RM (alta intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo). Após 12 semanas de treinamento para membros inferiores, os grupos 2, 3 e 4 obtiveram resultados significativos em hipertrofia, entretanto apenas o grupo 4, com intensidade moderada e alta pressão aplicada obteve resultados similares ao grupo 5, que se tratava do treinamento de força tradicional. Esse resultado nos mostra que intensidades muito baixas (20% de 1 RM) apenas são eficientes quando realizadas junto a altas pressões de restrição, e que para que os resultados do TFRV sejam similares aos do treinamento de força tradicional é necessário que a pressão ou a intensidade estejam aumentadas.

Em concordância com esses achados Lowery et al. (2014) estudou o efeito do TFRV em meio a um programa de treinamento de força tradicional, demonstrando que numa periodização de 8 semanas, a inclusão do TFRV nas 4 primeiras semanas ou nas 4 últimas semanas alcançou os mesmos resultados em hipertrofia de bíceps, em sujeitos treinados a no mínimo um ano. Laurentino et al. (2012) também comparou o TFRV com o treinamento tradicional, e a outro grupo de mesma intensidade do TFRV, porém sem a restrição, em exercício para membros inferiores por 8 semanas. Como resultado, os grupos TFRV e alta sobrecarga obtiveram aumento de força e de hipertrofia (6%) em níveis semelhantes, enquanto baixa intensidade sem a restrição não demonstrou maiores adaptações (Laurentino et al., 2012).

Essas características acabam por trazer o TFRV uma ferramenta extremamente prática até mesmo em condições de imobilização em que o treinamento tradicional não é possível de ser realizado, onde protocolos de pura restrição vascular tem demonstrado possuir propriedades anti-atróficas (Takarada, Takazawa & Ishii, 2000).

A capacidade do TFRV em induzir a hipertrofia muscular está bem definida na literatura, apesar de testes com diferentes formas de aplicação, periodização e testando sua adaptação a longo prazo em comparação ao treinamento de força tradicional ainda serem necessários. Além disso, novas formas de medir a POA podem contribuir para a popularização e maior eficiência dessa metodologia.

3.2 PRESSÃO DE OCLUSÃO ARTERIAL (POA)

No artigo em que relata o início das investigações sobre a restrição de fluxo sanguíneo, Sato conta que devido a sua intensa rotina de treinos extremamente desconfortáveis com níveis altíssimos de pressão aplicada nas pernas chegou a ser hospitalizado e diagnosticado com embolia pulmonar, fato que o advertiu a investigar e melhor conhecer o nível de pressão apropriada para ter sucesso na utilização do método. Após um ano de testes de local de aplicação e nível de pressão aplicada em membros inferiores, começou a ter os benefícios que esperava do método e passou a testar o mesmo em membros superiores. Quatro anos após as primeiras experiências, lançou o primeiro manual básico de

treinamento com restrição de fluxo sanguíneo, por ele nomeado como *Kaatsu training* (Sato, 2005).

Após o acidente sofrido por Sato, já mencionado anteriormente, em que o uso da restrição vascular protegeu sua massa muscular da atrofia induzida pela imobilização, ele percebeu o grande potencial da mesma e o interesse das pessoas acerca do método aumentou enormemente. Devido a esse interesse e confiança de Sato em seus efeitos, mediante a consentimento por escrito devido aos riscos à saúde, ele passou a aplicar o método em terceiros. O que ele não esperava era a dificuldade devido às diferenças individuais que influenciavam diretamente na pressão a ser aplicada (fator por ele mesmo definido como mais importante para segurança e eficácia do método), como idade, circunferência dos membros e calibre das veias, a quantidade de tecido adiposo e de tecido muscular no local de aplicação (Sato, 2005).

Além das diferenças individuais, os equipamentos utilizados modificam profundamente as pressões a serem aplicadas. Para realizar a restrição podem ser utilizados manguitos pneumáticos manuais, manguitos automáticos de pressurização (mais utilizados na literatura), bandagens elásticas, entre outros. Entre esses equipamentos, outras diferenças como largura, material, precisão da pressão aplicada e modo de insuflação, influenciam a pressão relativa aplicada durante os protocolos. Manguitos mais largos, vão referir maior pressão aplicada mesmo utilizando o mesmo valor numérico de pressão de um manguito mais estreito (Crenshaw et al., 1988; Jessee et al., 2016); manguitos confeccionados de material mais rígido podem aplicar maior pressão nas artérias que manguitos de materiais mais elásticos, mesmo quando possuírem a mesma largura (Crenshaw et al., 1988); manguitos manuais tem sua insuflação realizada de 10 em 10 mmHg, em geral, devido à baixa sensibilidade da pera de insuflação, diferentemente de manguitos automáticos que podem realizar a pressão até mesmo de 1 e 1 mmHg, além disso, manguitos automáticos realizam constantemente o ajuste de pressão, diferentemente dos manuais (Hughes et al., 2018).

Tais dados requerem especial atenção, pois, até mesmo no ambiente científico é comum estudos serem conduzidos utilizando pressões de restrição pré-estabelecidas em estudos anteriores, mesmo com a utilização de um manguito de diferentes características. Como exemplo, Abe et al. (2006) utilizou a pressão pré-determinada de 200 mmHg usando um manguito de 5 cm de largura

em seu estudo. Posteriormente, Gundermann et al. (2012) utilizou mesma pressão absoluta (200 mmHg), porém em um manguito de 11 cm de largura, o que posteriormente gerou questionamentos se esses sujeitos não haviam treinado em oclusão total devido a demasiada pressão utilizada em um manguito de maior largura (Mattocks et al., 2018).

Apesar do crescente número de estudos com restrição vascular conduzidos nos últimos anos, ainda são poucos os direcionamentos para a aplicação prática dos métodos fora do ambiente laboratorial. Nesse sentido Patterson & Brandner (2018), realizaram recentemente estudo observacional por meio de questionário em 250 praticantes de treinamento de força com restrição vascular, de 20 diferentes países, a fim de verificar como as pessoas estavam praticando o método de restrição. Interessantemente, 50,7% da população avaliada se utilizava de manguitos pneumáticos manuais, 18,6% manguitos de pressurização automáticos, 17,9% utilizaram ataduras para joelhos, 9,3% o dispositivo desenvolvido por Sato (criador do método) e 3,6% torniquetes elásticos, demonstrando que há grande variação nos equipamentos utilizados e que metade da amostra se utilizava de manguitos pneumáticos manuais, pouco utilizados na literatura em geral, e pelo qual optamos nesse estudo justamente afim de prover maiores informações sobre os mesmos.

Em relação a POA, esse estudo nos mostra que apesar da importância da individualização dessa medida ser um assunto recorrente desde o início do uso dos métodos de restrição, na prática, ainda se trata de medida subutilizada. De acordo com Patterson & Brandner (2018) 43,4% das pessoas utilizaram valores arbitrários anteriormente já citados na literatura, 19,5% se basearam na fórmula preditora a partir da circunferência do membro, 19,5% a partir da pressão arterial de repouso, apenas 11,5% realizaram percentual da sua medida direta de POA e 6,2% basearam-se em medidas subjetivas de percepção.

A aplicação de pressões arbitrárias para todos os sujeitos de uma população no ambiente científico, ou adoção de uma pressão anteriormente referida mesmo utilizando manguitos similares, pode tornar ineficiente e insegura a prática de métodos de restrição, já que, dentre diversos fatores, a quantidade e composição de tecido que envolve as veias e artérias influencia diretamente a pressão vascular, e, conseqüentemente, o nível de restrição vascular (Loenneke et al., 2012). Interessantemente, apesar de apenas 18% da população avaliada por Patterson &

Brandner (2018) relatar o uso de manguitos automáticos de pressurização, 43,4% desses se basearam em valores anteriormente utilizados na literatura, o que nos indica que apesar de utilizarem equipamentos diferentes, as pessoas fazem uso da transposição dessas medidas por ausência de meio mais prático de medida da POA.

Cuidados são necessários em relação a posição em que o manguito é alocado para que a pressão seja aplicada de modo a restringir o fluxo sanguíneo para o músculo exercitado. Alcançar a pressão ideal para se obter resultados positivos é uma tarefa difícil e caso muita pressão seja aplicada durante o exercício ocorre o risco de trombose e outros efeitos deletérios, ratificando a importância de controle e correta execução da metodologia (Sato, 2005). Denotamos, então, a importância de realizar a medida direta da POA com o mesmo manguito a ser utilizado no protocolo de restrição, com possível repetição dessa medida ao longo dos dias já que alterações na POA devido a mudanças pressóricas e nível de hidratação podem acontecer num mesmo sujeito em diferentes dias (Ingram et al., 2017).

3.3 DOPPLER PORTÁTIL

O equipamento doppler recebe seu nome em homenagem a Johan Christian Andreas Doppler, cientista pioneiro em descrever o efeito doppler, em 1842. O efeito doppler é um fenômeno observado em ondas emitidas ou refletidas por um objeto que está em movimentação em relação ao observador. Nas áreas médicas, é utilizado para medir direção e velocidade do fluxo sanguíneo, assim como a própria pulsação arterial (Pellerito & Polak, 2015).

Nesse sentido, o princípio de funcionamento do doppler vascular portátil consiste em um método não invasivo que utiliza de ultrassom por efeito doppler para captar o fluxo sanguíneo nas artérias e veias periféricas. Vale destacar que ultrassom são ondas mecânicas com frequência superior a 20.000Hz, depois convertidas em som, imagem ou ambos, de acordo com o oferecido pelo equipamento ultrassom utilizado (Fish & Fish, 1990).

No caso do doppler portátil, o transdutor envia ondas sonoras de alta frequência para o interior da artéria/veia do paciente. Essas ondas são refletidas pelo movimento do fluxo sanguíneo e são captadas por um outro transdutor que

está na mesma sonda. Dispositivos eletrônicos internos do equipamento (demoduladores) convertem estas ondas sonoras de alta frequência em informações sonoras audíveis a fim de serem auscultadas através do alto-falante do equipamento (Fish & Fish, 1990).

Quando corretamente manipulado e utilizando transdutores adequados, a FDA (*Food and Drug Administration*), órgão regulamentador americano, já emitiu parecer considerando o doppler portátil como substancialmente equivalente a outros equipamentos ultrassonográficos de doppler também capazes de gerar a sinalização visual da medida, para detecção da pulsatilidade sanguínea (Schonberger et al., 2014).

Nos métodos com restrição de fluxo sanguíneo, o doppler tem sido frequentemente utilizado para medida da pressão arterial de oclusão, devido a sua precisão em detectar os sinais sonos da pulsação arterial (Schonberger et al., 2014). Entretanto, tal equipamento de uso predominantemente hospitalar exige treinamento e experiência devido a sua delicada manipulação e interpretação (Ray et al., 1994), que ocorre através dos sinais sonoros emitidos que pelo equipamento e se referem ao fluxo sanguíneo como um todo.

3.4 OXÍMETRO DE PULSO

Em termos gerais a oximetria se refere à medida óptica da saturação de hemoglobina oxigenada no sangue, sendo o oxímetro de pulso o equipamento mais utilizado para medida da mesma de forma não invasiva e constante. O oxímetro surgiu durante a Segunda Guerra Mundial, pelas mãos do fisiologista Glenn Allen Millikan com a intenção de medir de forma não invasiva uma medida continua da saturação de oxigênio, principalmente a fim de acessar a oxigenação de pilotos durante voos em grandes altitudes (Severinghaus & Honda, 1987). Primeiramente desenhado para utilização no lóbulo da orelha, e sua teorização foi baseada no princípio chamado de Lei de Beer-Lambert. Essa lei define que se um soluto é dissolvido em um solvente límpido, a concentração pode ser determinada através de uma luz de comprimento de onda determinado for transmitida através da solução. A quantidade de luz aplicada e de luz transmitida são utilizadas para medir a absorbância (quantidade de radiação que é absorvida e não atravessa um meio) (Tremper, 1989). Esse princípio ainda hoje guia o funcionamento dos oxímetros que

já foram desenvolvidos para diversas outras partes do corpo como dedos das mãos e dos pés, narina, pés, punhos e tornozelos, entre outros.

Através desse mesmo dispositivo e do uso o envio de luzes, Takuo Aoyag enquanto trabalhava no Japão para a empresa Nihon Kohden Corporation teve a ideia de investigar a pulsatilidade sanguínea, desta vez utilizando da luz em dois comprimentos diferentes de onda através do tecido e a diferença nas intensidades de luz absorvida e transmitida entre as duas (Severinghaus & Honda, 1987). Em geral, o oxímetro de pulso se fundamenta na utilização de uma luz com comprimento de onda suficiente para iluminar os tecidos e com uma boa proteção em relação a iluminação ambiente para que esta não interfira na medida; a capacidade de pulsatilidade do sangue arterial permite que os efeitos de absorção da luz possam ser diferenciados dos efeitos produzidos por outros tecidos; e a absorção de luz nos dois comprimentos de onda, da hemoglobina desoxigenada e oxigenada são diferentes (princípio chamado de espectrofotometria), fatores que indicam a quantidade de oxigênio no sangue e permitem determinar a ocorrência do pulso (Alexander et al., 1989; Tremper, 1989).

A correta determinação do comprimento de onda é um fato tão importante pois a pigmentação vermelha da pele humana é capaz de absorver grande parte da luz quando esta tem comprimento inferior a 600nm, portanto para que se meça a absorbância da luz vermelha é em torno 660nm, permitindo o correto uso da oximetria (Alexander et al., 1989).

Em relação ao pulso arterial, é claro que durante a sístole o volume sanguíneo presente nas artérias é maior que durante a fase de diástole, ocorrendo consequente aumento no diâmetro das artérias. Nesse momento, a absorbância de luz aumenta durante a sístole, devido ao aumento de substâncias absorvedoras e do diâmetro, que aumenta a distância do caminho óptico, o que permite que o oxímetro diferencie esse momento do pulso, dos outros momentos de fluxo constante (Severinghaus & Honda, 1987).

Por esse motivo o oxímetro já foi utilizado em estudos piloto em comparação com o doppler ultrassonográfico em ambientes hospitalares afim de medir a pressão sistólica de membros inferiores, auxiliando na determinação de perda ou recuperação do pulso durante a medida de pressão arterial, respondendo de forma bem semelhante ao doppler, porém, de maneira mais fácil e não dependente do

operador como é o equipamento doppler ultrassonográfico (Urcelay et al., 1999; Bianchi et al., 2000).

Devido a capacidade do oxímetro de pulso em medir a pulsatilidade sanguínea arterial, sendo este o objetivo principal da medida de pressão arterial de oclusão, acreditamos que seja possível a utilização desse equipamento para tal, a partir da correta manipulação do mesmo, viabilizando seu uso em métodos dependes da restrição vascular. Na Tabela 1 resumizamos as semelhanças e diferenças entre oxímetro de pulso e doppler portátil.

Tabela 1. Diferenças e semelhanças entre oxímetro de pulso e doppler portátil.

	Oxímetro de pulso	Doppler
Valor de mercado	R\$70,00	R\$1.060,00
Expressão do resultado	Visual	Sonora
Influência do avaliador	Muito baixa	Muito alta
Necessidade de treinamento do avaliador	Muito baixa	Alta
Medida da pulsatilidade arterial	Sim	Sim
Testado na medida da POA	Não	Sim

Em relação ao funcionamento desses dois equipamentos e a capacidade de medir a pulsatilidade sanguínea, a oximetria de pulso portátil tem sido amplamente utilizada na prática clínica para medir a perda ou recuperação de pulso na medida de pressão sistólica em membros inferiores, com resultados semelhantes aos observados pelo uso de um equipamento doppler (Urcelay et al., 1999). Considerando que o doppler portátil é capaz de fornecer uma medida do fluxo sanguíneo arterial através da sinalização sonora, a oximetria de pulso é capaz de

detectá-lo na circulação capilar arterial, via transmissão de luz vermelha e infravermelha posteriormente transformada em informação visual (**Figura 2**).

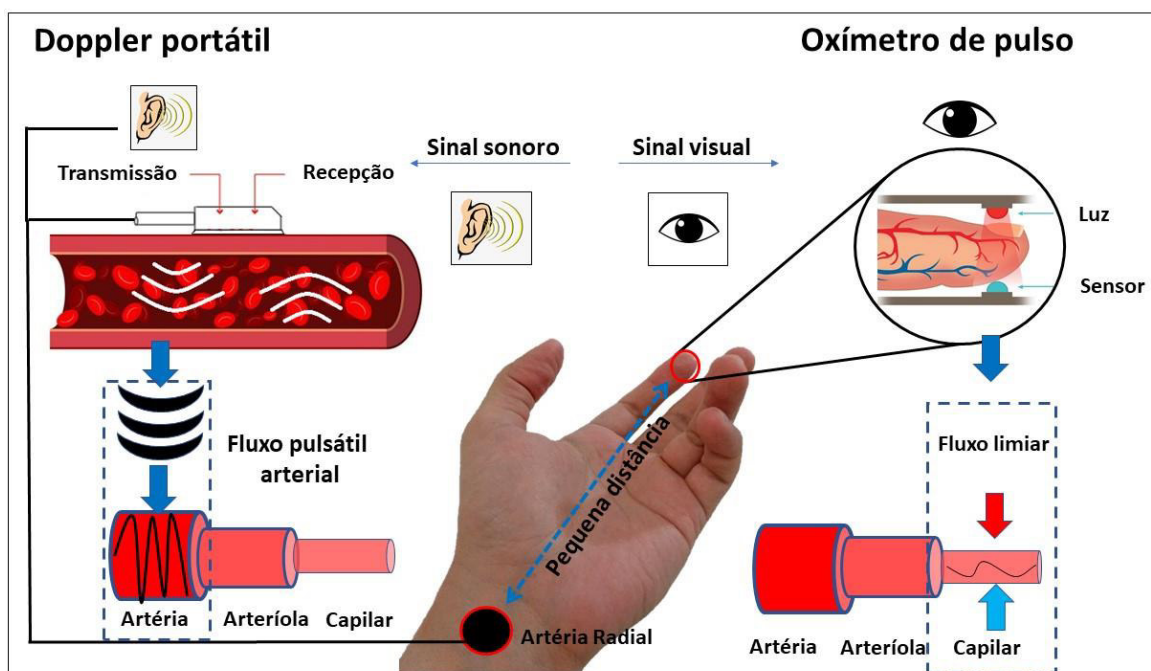


Figura 2. Funcionamento do oxímetro de pulso e do doppler portátil.

4. OBJETIVO GERAL

Verificar a concordância, a correlação e a reprodutibilidade entre oxímetro de pulso e doppler portátil na determinação da pressão de oclusão arterial (POA), medida prévia necessária para realização do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo.

5. HIPÓTESES

H0: A concordância entre doppler portátil e oxímetro de pulso na determinação da pressão de oclusão arterial é fraca, impossibilitando o uso do oxímetro para essa medida.

H1: A concordância entre doppler portátil e o oxímetro de pulso é forte, tornando possível o uso do oxímetro na determinação da pressão de oclusão arterial.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 ASPECTOS ÉTICOS

Este estudo foi realizado de acordo com as Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas Envolvendo Seres Humanos, segundo a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS) nº 466/2012 e submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Maranhão sob o número 83219517.1.0000.5087. Todas as informações quanto aos procedimentos, objetivos do estudo e esclarecimento de dúvidas foram fornecidos aos indivíduos selecionados para a pesquisa e posteriormente todos que concordaram em participar do mesmo receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE I), na presença do pesquisador principal, cientes de que poderiam abdicar da participação no estudo a qualquer momento sem necessidade de justificar-se e sem prejuízo pessoal. Por se tratar de avaliação única e não invasiva o protocolo de estudo ofereceu baixíssimo risco a seus participantes.

6.2 AMOSTRA

A amostra do estudo foi composta por 70 sujeitos (33 homens, 37 mulheres) entre 18 e 33 anos, fisicamente ativos ou sedentários, sendo nosso objetivo inicial realizar coletas em pessoas de diferentes características, níveis de treinamento, faixas etárias e composição corporal, afim de demonstrar a concordância entre os métodos em uma população diversificada.

Foram incluídas pessoas com ausência total de histórico de doença cardiovascular, que não haviam utilizado bebida alcóolica, cafeína ou outras drogas estimulantes nas 24h anteriores a coleta e não possuir nenhum tipo de enfermidade e/ou patologia que compromettesse a coleta dos dados.

Os critérios para exclusão de sujeitos da pesquisa foram por livre e espontânea vontade do voluntário, estar acometido por trombose, embolia ou outras doenças de natureza angiológicas e não comparecer aos locais de coleta no dia e hora programados.

6.3 DESENHO EXPERIMENTAL

Trata-se de um estudo transversal analítico para verificação de acordo entre o doppler portátil e o oxímetro de pulso na medida da POA a partir da análise da concordância e correlação entre os métodos. O estudo transversal é uma observação direta de um conjunto de sujeitos em um único momento (Medronho et al., 2009). A coleta de dados do estudo foi realizada por uma avaliação de cerca de uma hora de duração em cada um dos sujeitos.

Ao chegar ao laboratório os sujeitos foram instruídos a responder dois questionários, primeiramente o Questionário Internacional de Atividade Física (*International Physical Activity Questionnaire* – IPAQ - ANEXO I) e em seguida, o Questionário de Prontidão para Atividade Física (*Physical Activity Readiness Questionnaire* - PAR-Q - ANEXO II). Caso algumas das respostas ao PAR-Q fosse afirmativa, o sujeito seria excluído da pesquisa por possível limitação cardiovascular desconhecida, o que não ocorreu durante a coleta. Após 10 minutos em repouso absoluto os sujeitos responderam a uma anamnese simplificada (APÊNDICE II), foram realizadas as medidas antropométricas e medição de pressão arterial em repouso. Em seguida era iniciado o protocolo de determinação

da pressão total de oclusão vascular com o indivíduo na posição sentada, em pé e deitada, seguindo ordem aleatória, de forma blindada, por dois avaliadores, um em posse do Doppler de mão e outro responsável pela observação do comportamento do oxímetro e pulso.

6.4 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

As medidas antropométricas realizadas foram estatura, massa corporal e circunferências de cintura, abdômen, quadril e braços. A medida de estatura foi realizada após posicionar a cabeça do indivíduo no plano de Frankfurt (alinhar horizontalmente a borda inferior da abertura do orbital com a margem superior do condutor auditivo externo), a massa corporal foi medida em balança digital (EB9013, CAMRY, Brasil), a circunferência de cintura foi realizada com o sujeito em pé, descalço, com a camisa levantada, os braços flexionados e cruzados a frente do tórax, pés afastados, abdômen relaxado e respirando normalmente sendo a medida realizada no ponto de menor medida do tronco acima do umbigo e abaixo do peitoral; a circunferência de abdômen foi realizada na mesma posição da circunferência de cintura, porém com a medida sendo realizada na linha da cicatriz umbilical; a circunferência de quadril foi realizada com o sujeito em pé, descalço, com a camisa levantada, os braços flexionados e cruzados a frente do tórax, pés juntos sendo medido a maior porção anatômica na linha do quadril; as circunferências dos braços foi realizada com o sujeito em pé, braços relaxados, no terço superior da distância entre o acrômio e o epicôndilo (Lohman et al., 1988).

6.5 DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DE OCLUSÃO ARTERIAL

A determinação da pressão de oclusão arterial reflete a pressão necessária para a restrição completa de fluxo sanguíneo arterial (pressão de eliminação de pulso) (Barnett et al., 2016). O manguito com 6cm de largura (WCS, Cardiomed, Brasil) foi colocado próximo a articulação gleno-umeral e a pera de insuflação foi controlada pelo avaliador responsável pela medida via doppler portátil. Inicialmente o manguito foi inflado a 50mmHg e totalmente desinflado em seguida. O processo de insuflação reiniciava até atingir o valor da pressão sistólica do sujeito, desse ponto em diante o manguito era gradativamente inflado com pausas de 5 segundos

de 10 em 10 mmHg, até que o pulso auscultatório fosse completamente interrompido via Doppler portátil (MEDMEGA, DV 610V) alocado na artéria radial. Nesse momento, uma pausa de 30 segundos era realizada para assegurar que não haveria retorno da sinal pulsátil e mais 20mmHg eram adicionados, com pausas de 5 segundos a cada 10mmHg a fim de garantir a blindagem entre avaliadores e a oclusão total tanto para o avaliador operava o doppler, quanto para o avaliador que acompanhava o oxímetro (Loenneke et al., 2012). Em caso de nova medida, era considerada uma pausa mínima de 15 segundos entre elas (Ingram et al., 2017)

No oxímetro de pulso a avaliação aconteceu de forma observacional, definindo como ponto de oclusão o momento em que o valor de frequência cardíaca desaparecesse, independente do comportamento da onda pletismográfica, desaparecendo como em A ou permanecendo no formato de barra como apresenta o sujeito B, como mostra a **Figura 3** a seguir:



Figura 3. Comportamento do oxímetro de pulso durante aferição da pressão de oclusão total.

A avaliação com doppler e oxímetro era realizada de forma simultânea, porém, blindada, com os dois avaliadores observando o mesmo esfigmomanômetro e mantendo a atenção no respectivo método de avaliação ao qual era responsável. O doppler era sempre utilizado com fones de ouvido que impediam que o avaliador do oxímetro tivesse acesso ao sinal sonoro, e o oxímetro sempre era devidamente posicionado a fim de impedir a sua visualização pelo avaliador que operava o doppler portátil e o manguito, como mostra a **Figura 4**.



Figura 4. Momento de coleta simultânea e blindada da pressão de oclusão total

6.6 CONFIABILIDADE DAS MEDIDAS

Para determinar a confiabilidade das medidas de circunferência de braço e pressão arterial de oclusão foi utilizado o Coeficiente de Correlação Intraclassa (CCI) e a confiabilidade com seu respectivo intervalo de confiança a 95% (Bonagamba et al., 2010), além do erro padrão de medida (EPM) absoluto, calculados de acordo com Weir (2005), como mostramos na **Tabela 2**. A classificação adotada para os valores de CCI foram “fraco” (0,00 a 0,20), “razoável” (0,21 a 0,40), “boa” (0,41 a 0,60), “muito boa” (0,61 a 0,80) e “excelente” (0,81 a 1,00) (Weir, 2005).

Tabela 2. Confiabilidade das medidas de pressão de oclusão arterial, circunferência e pressão arterial.

	CCI	IC95%	<i>p</i>	EPM	<i>p</i> (Teste F)
POA Oxímetro	0,872	0,569-0,967	0,000	6,495	0,005
POA Doppler	0,840	0,481-0,958	0,001	6,567	0,278
Circunferência	0,991	0,965-0,998	0,000	0,49	1,000
PAS	0,848	0,501-0,960	0,000	1,409	1,000
PAD	0,715	0,198-0,921	0,007	0,965	1,000

CCI – coeficiente de correlação intraclassa; IC95% - Intervalo de confiança a 95%; EPM – Erro padrão de medida; POA – pressão de oclusão arterial; PAS – pressão arterial sistólica; PAD – pressão arterial diastólica;

Como podemos observar na **Tabela 2** os valores de CCI para as medidas de POA via oxímetro, POA via doppler, circunferência e pressão arterial sistólica foram tidos como “excelentes” pela classificação adotada, para a medida de pressão arterial diastólica, CCI classificado como “muito bom”, o que mostra consistência e confiabilidade das aferições realizadas durante o estudo.

7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade do conjunto de dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Observando-se a natureza não paramétrica dos dados no teste de normalidade, ou seja, os valores não estavam em sua maioria próximos da média e seu desvio padrão, os dados foram analisados em mediana (interquartil) e análises para dados não paramétricos foram escolhidas.

A diferença entre os grupos de acordo com a mediana da pressão arterial de oclusão do doppler e do oxímetro de pulso foi testada pelo teste de Wilcoxon. Além das diferenças entre os métodos nas três posições avaliadas, realizamos os testes após a estratificação por sexo afim de evitar erros do tipo I. As correlações entre medidas foram testadas usando a correlação de Spearman (semelhante a correlação de Pearson, porém, para dados não paramétricos). A fim de evidenciar as diferenças entre os métodos, utilizamos os gráficos de Bland-Altman, usado para a validação de medidas clínicas com diferentes métodos, utilizando a média de sua diferença e construindo limites de acordo. Tais limites são calculados usando a média e o desvio padrão da diferença entre as medidas obtidas pelos diferentes métodos que estão sendo comparados, em uma abordagem gráfica. A recomendação de excelente acordo entre métodos é de que 95% dos pontos devem estar entre ± 2 desvios padrões da média das diferenças (Giavarina, 2015).

Os grupos foram dicotomizados pelo percentil 75 e verificada a concordância entre eles pelo coeficiente Kappa, sendo a força de concordância entre eles classificada da seguinte forma: “ruim” (0 a 0,2); “razoável” (0,21 a 0,40); “moderada” (0,41 a 0,6); “boa” (0,61 a 0,8); e “excelente” (0,81 a 1,0).

Para a construção do banco de dados e análise foi utilizado o Statistical Package for the Social Sciences versão 17.0 (SPSS, Inc. Chicago, IL, EUA) e o nível de significância adotado foi de 5%.

8. RESULTADOS

Nesse estudo contamos com um total de 70 sujeitos, sem nenhuma desistência ou exclusão durante as coletas. Os sujeitos foram homens (33) e mulheres (37) entre 18 e 33 anos, o que constitui uma amostra jovem ($23,26 \pm 3,5$ anos). O nível de atividade física dessa população foi predominantemente baixo (50%), com a outra metade da amostra dividida em nível moderado (28,6%) e alta (21,4%) segundo o questionário IPAQ-versão curta, que considera diversas modalidades de exercício (Mulahasanović et al., 2018). Apesar de a princípio objetivarmos uma amostra diversificada a fim de testar a versatilidade dos métodos, a grande maioria do voluntariado se constituiu de universitários, o que explica a baixa média de idade encontrada, além do perfil eutrófico ($23,91 \pm 3,39$ kg) e normotensos. Na **Tabela 3** descrevemos as características gerais dos sujeitos avaliados de forma detalhada, apresentadas em média e desvio padrão.

Tabela 3. Caracterização dos sujeitos

Variável	<i>n</i> = 70
Sexo	
Homens	33
Mulheres	37
Nível AF (%)	
Baixo	50
Moderado	28,6
Alto	21,4
Idade (anos)	$23,3 \pm 3,5$
Altura (m)	$1,67 \pm 0,1$
Massa Corporal (kg)	$67,3 \pm 13,5$
Circunferência de braço (cm)	$28,8 \pm 4,0$
IMC (kg/m^2)	$23,9 \pm 3,4$
PAS (mmHg)	$120,1 \pm 12,7$
PAD (mmHg)	$71,2 \pm 8,1$
Frequência cardíaca (bpm)	$70,3 \pm 11,5$

Os valores estão apresentados em média $\pm$ desvio padrão. *n* = número total de sujeitos; Nível AF: Nível de atividade física via IPAQ – versão curta; IMC: Índice de massa corporal; PAS: Pressão arterial sistólica; PAD: Pressão arterial diastólica.

8.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

8.1.1 Sentado

Os valores de mediana e intervalo interquartil obtidos na posição sentada para doppler foram 195 (70) mmHg e para oxímetro 190 (70) mmHg, com $p = 0,003$, como mostra a **Figura 5**. Percebe-se que na análise geral do grupo, os valores de mediana e interquartil se mostraram iguais para os dois métodos, entretanto, o valor de $p < 0,05$ exprime a diferença significativa entre os grupos ao se comparar os valores absolutos, o que não exclui a possibilidade de concordância entre os métodos.

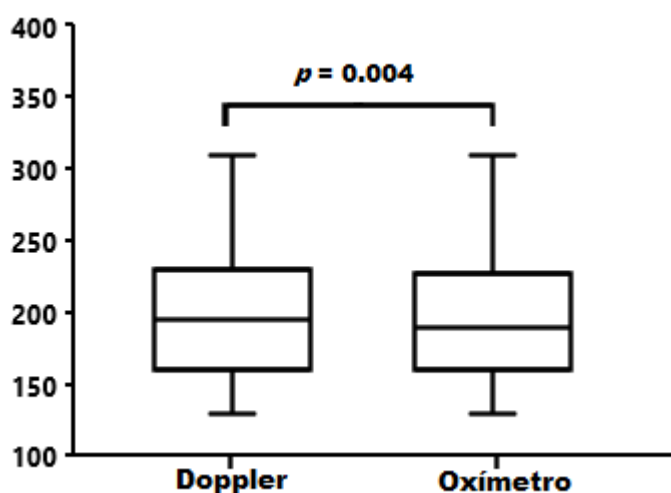


Figura 5. Boxplot da pressão arterial de oclusão via doppler e via oxímetro de pulso na posição sentado

8.1.2 Em pé

Os valores obtidos na posição em pé para doppler foram 180 (50) mmHg e para oxímetro 180 (60) mmHg, com $p = 0,012$, como mostra a **Figura 6**. Nessa posição, o valor de $p < 0,05$ também exprime a diferença significativa entre os grupos ao se comparar os valores absolutos.

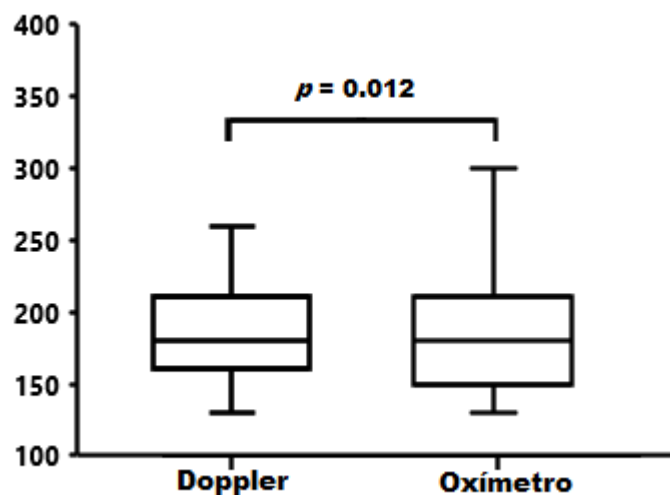


Figura 6. Boxplot da pressão arterial de oclusão via doppler e via oxímetro de pulso na posição em pé.

8.1.3 Deitado

Na posição deitada, os valores para doppler foram 180 (60) mmHg e para oxímetro 180 (63) mmHg, com $p = 0,071$, o que exprime que não houve diferença estatística entre os grupos já que o valor de $p > 0,05$, como apresentamos na **Figura 7**.

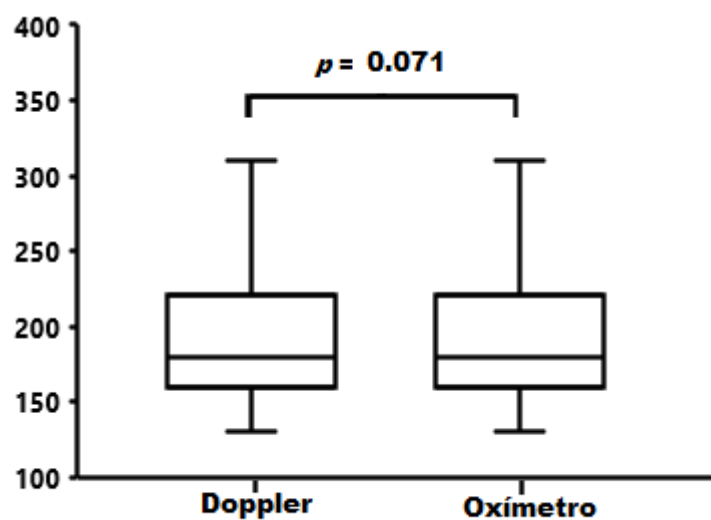


Figura 7. Boxplot da pressão arterial de oclusão via doppler e via oxímetro de pulso na posição deitado.

8.1.4 Estratificação entre homens e mulheres

Realizamos também as análises descritivas separando grupos de homens e de mulheres, a fim de avaliar possíveis diferenças de comportamento entre os grupos.

Tabela 4. Estatística descritiva entre doppler e oxímetro de pulso estratificada por sexo

	Homens			Mulheres		
	Doppler	Oxímetro	p	Doppler	Oxímetro	p
	MED (IQ)	MED (IQ)		MED (IQ)	MED (IQ)	
Sentado	230 (55)	220 (50)	0,025	160 (35)	160 (30)	0,059
Em pé	210 (75)	210 (75)	0,317	160 (30)	160 (30)	0,008
Deitado	220 (75)	220 (75)	0,317	170 (30)	160 (30)	0,102

MED – Mediana; IQ – Intervalo interquartis;

8.2 CORRELAÇÃO DE SPEARMAN

8.2.1 Sentado

Realizamos a correlação de Spearman obtendo na posição sentado uma correlação forte, sendo $r_s = 0,997$ com $p = 0,000$, o que indica significância muito alta para essa correlação, como exposto no gráfico de dispersão representado na **Figura 8**.

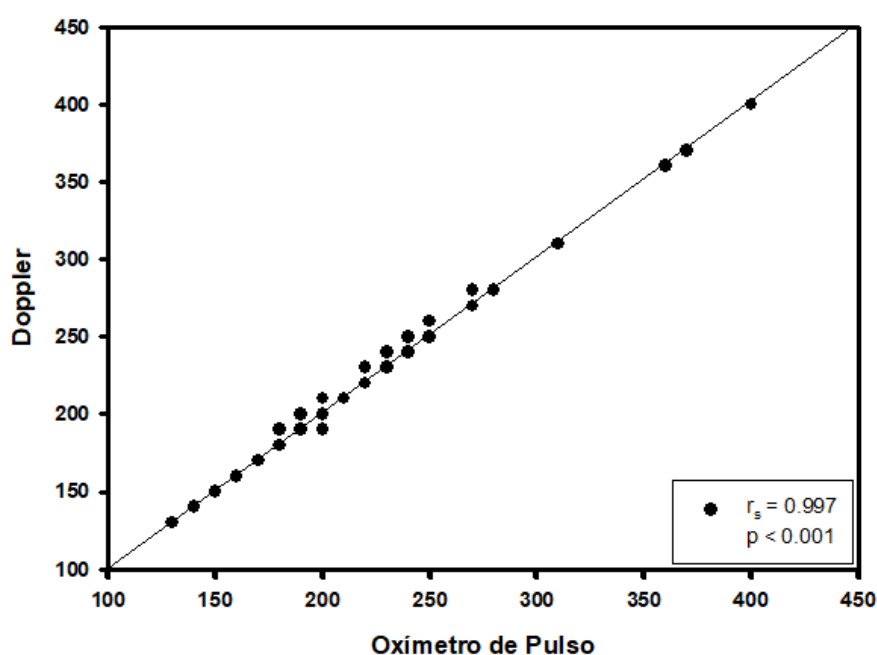


Figura 8. Gráfico de dispersão das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição sentado.

8.2.2 Em pé

Na posição em pé, $r_s = 0,992$ com $p = 0,000$, mostrando correlação também forte e alta significância para essa correlação, como exposto no gráfico de dispersão representado na **Figura 9**.

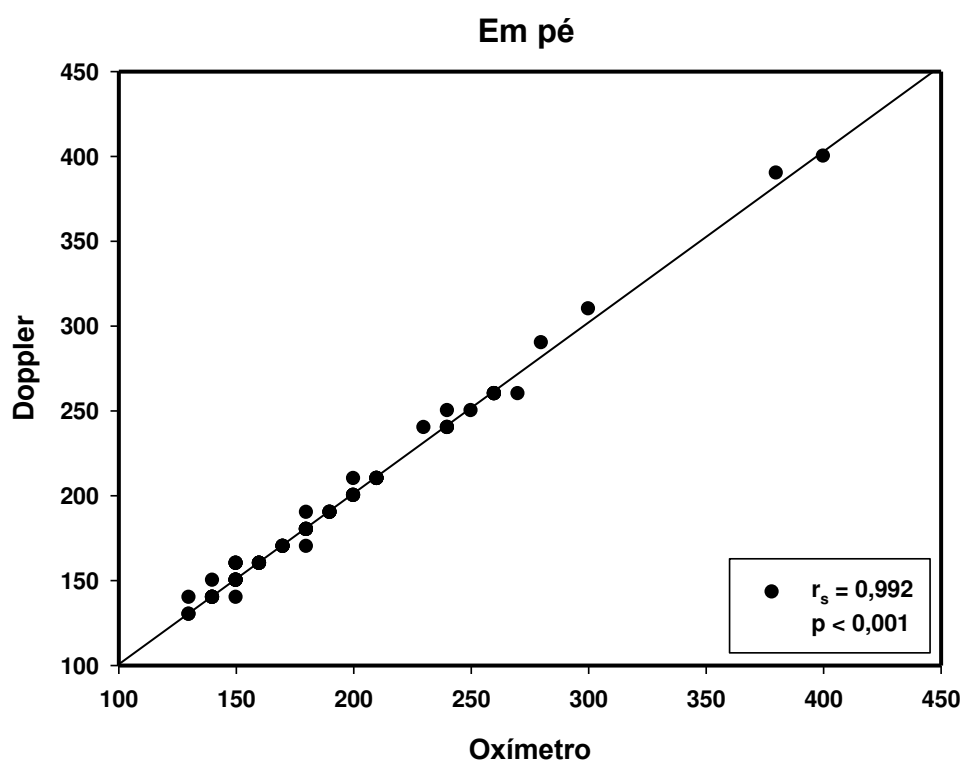


Figura 9. Gráfico de dispersão das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição em pé.

8.2.3 Deitado

Na posição deitado, $r_s = 0,993$ com $p = 0,000$, demonstrando novamente forte correlação e alta significância para essa correlação, como exposto no gráfico de dispersão representado na **Figura 10**.

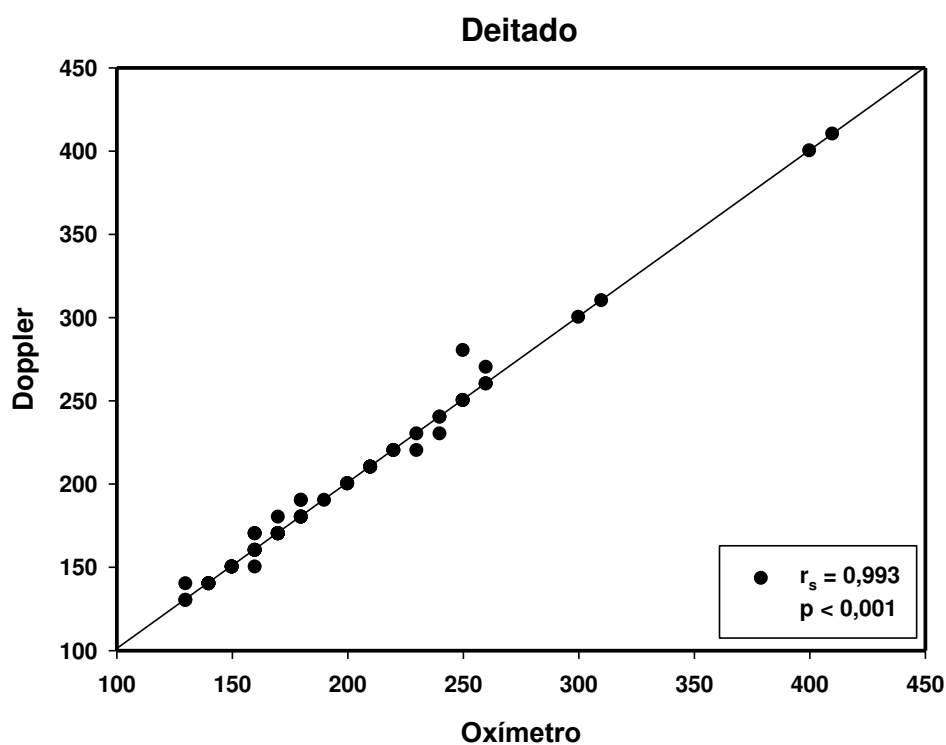


Figura 10. Gráfico de dispersão das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição sentado.

8.2.4 Estratificação entre homens e mulheres

Ao estratificar entre os grupos doppler e oxímetro também entre os sexos masculino e feminino, obtivemos resultados de r_s que demonstraram também fortes correlações, e $p < 0,001$, confirmando a alta significância dessas correlações, como mostramos na **Tabela 5**.

Tabela 5. Correlação de Spearman das medidas de POA doppler e POA oxímetro estratificada por sexo

	Homens		Mulheres	
	r_s	p	r_s	p
Sentado	0,996	0,000	0,995	0,000
Em pé	0,996	0,000	0,977	0,000
Deitado	0,993	0,000	0,983	0,000

r_s : Coeficiente de correlação de Spearman

8.3 BLAND-ALTMAN

8.3.1 Sentado

Na posição sentado a análise por Bland-Altman destacou 68% dos pontos dentro dos limites de acordo e os outros 32%, fora dos limites de acordo, sendo a diferença entre os métodos de 10mmHg, para mais ou para menos, quando ocorreu (Figura 11).

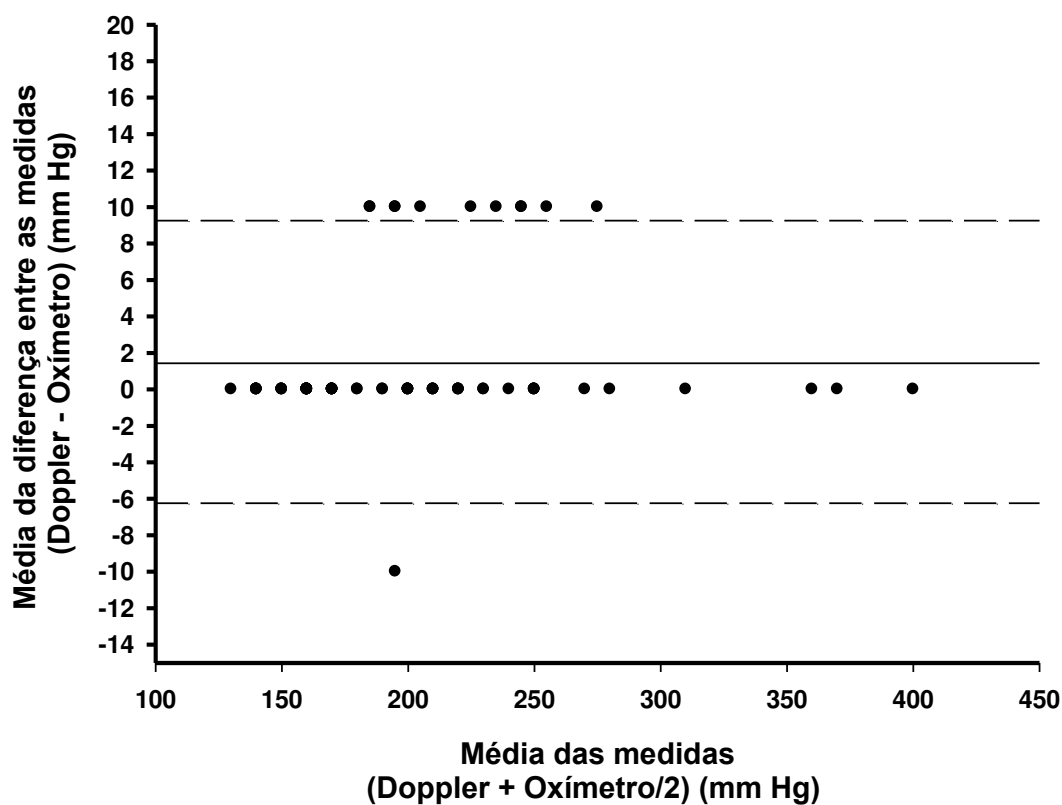


Figura 11. Gráfico de Bland-Altman das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição sentado.

8.3.2 Em pé

Na posição em pé a análise por Bland-Altman destacou 89% dos pontos dentro dos limites de acordo e os outros 11%, fora dos limites de acordo, sendo a diferença entre os métodos de 10mmHg para menos no oxímetro, quando ocorreu (Figura 12).

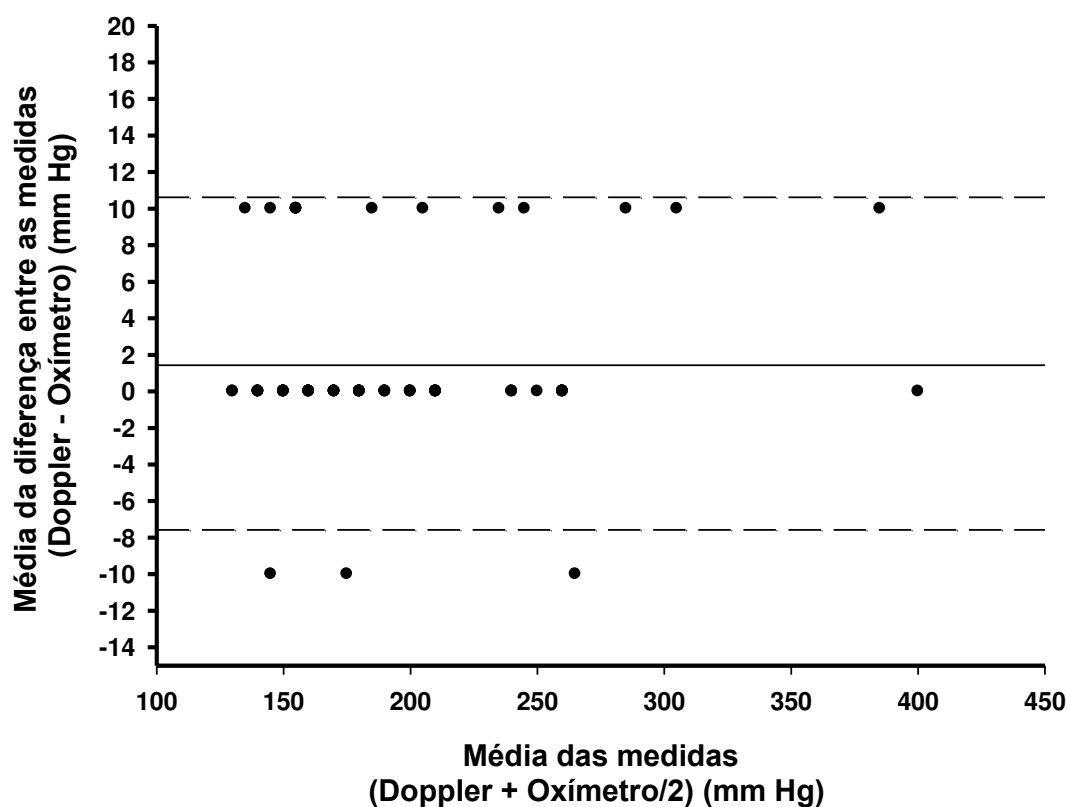


Figura 12. Gráfico de Bland-Altman das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição em pé.

8.3.3 Deitado

Na posição deitado a análise por Bland-Altman destacou 89% dos pontos dentro dos limites de acordo e os outros 11%, fora dos limites de acordo, sendo a diferença entre os métodos de 10mmHg para menos no oxímetro, quando ocorreu (**Figura 13**).

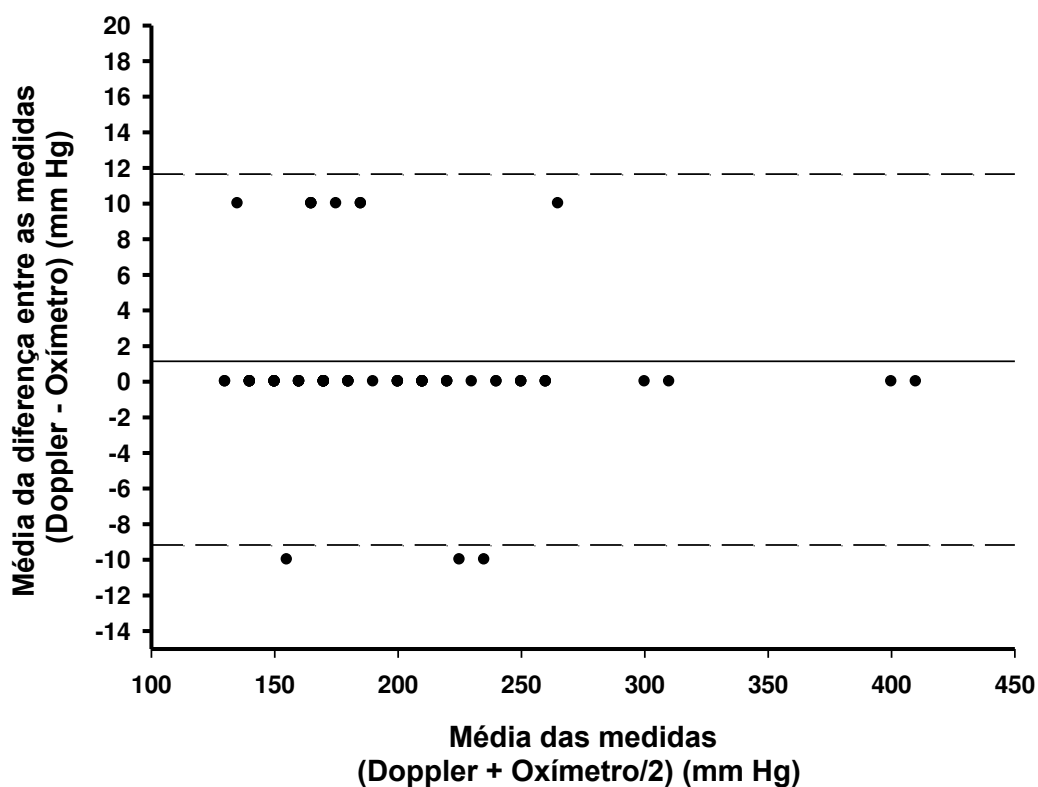


Figura 13. Gráfico de Bland-Altman das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição deitado.

8.3.4 Estratificação entre homens e mulheres

Quando estratificamos entre homens e mulheres, na posição sentado, Bland-Altman apresentou 75% dos dados dentro dos limites de acordo para homens, e 66% dentro dos limites de acordo para mulheres (**Figura 14**).

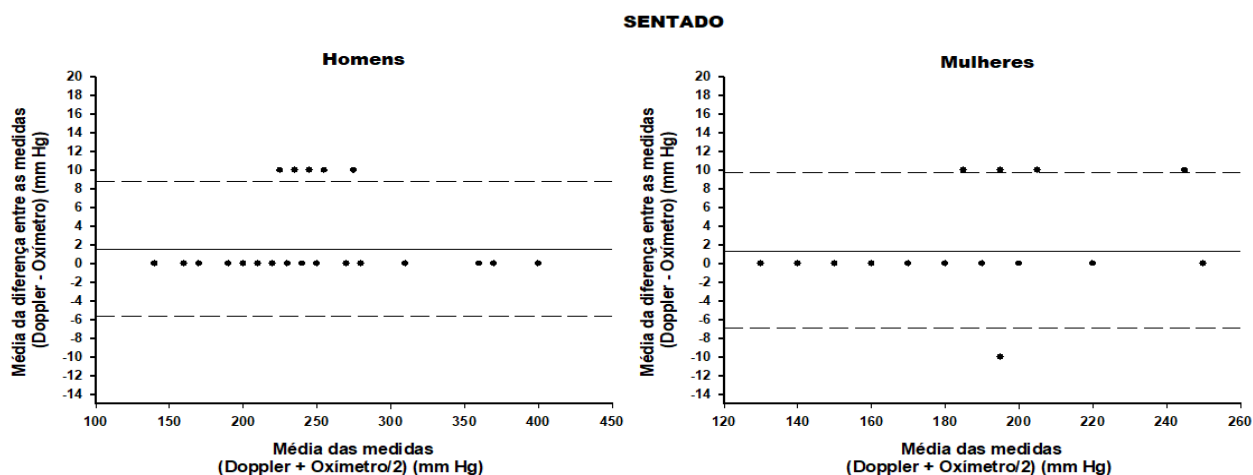


Figura 14. Gráfico de Bland-Altman das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição sentado estratificado por sexo.

Na posição em pé, Bland-Altman apresentou 85% dos dados dentro dos limites de acordo para homens, e 69,3% dentro dos limites de acordo para mulheres (Figura 15).

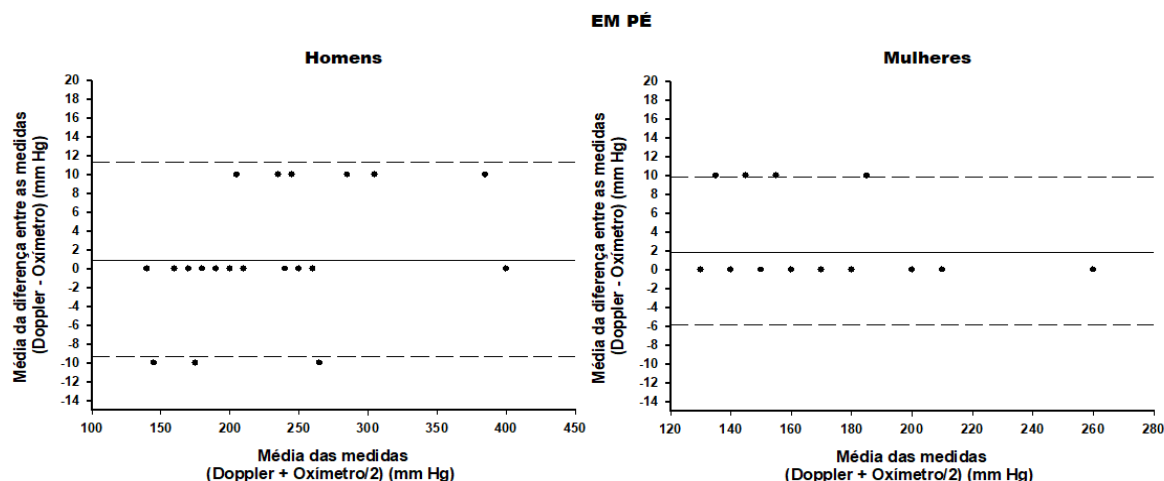


Figura 15. Gráfico de Bland-Altman das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição em pé estratificado por sexo.

Na posição deitado, Bland-Altman apresentou 100% dos dados dentro dos limites de acordo para homens, e 73,3% dentro dos limites de acordo para mulheres (Figura 16).

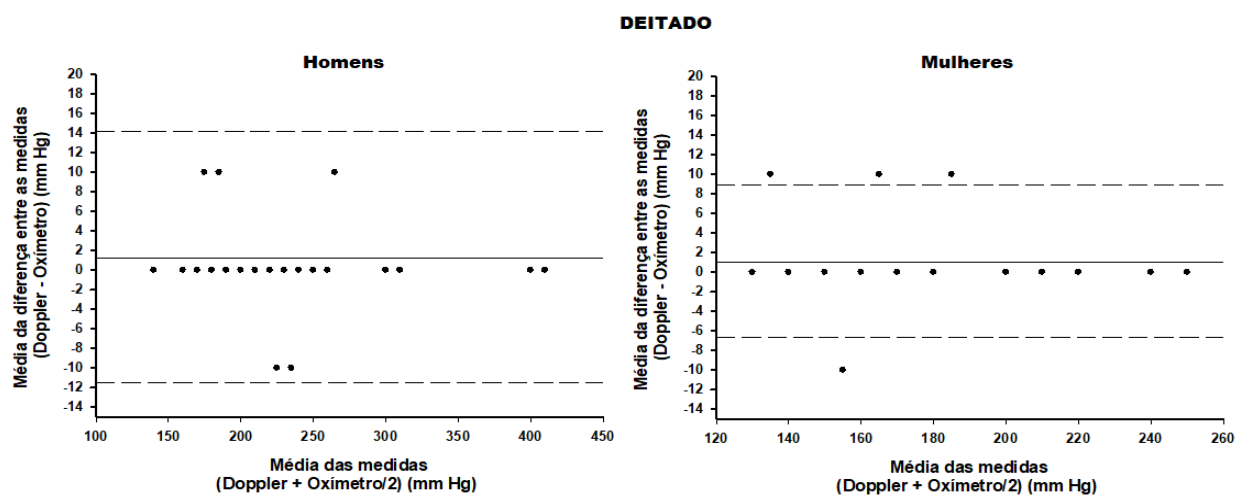


Figura 16. Gráfico de Bland-Altman das medidas de POA doppler e POA oxímetro na posição deitado estratificado por sexo.

8.4 COEFICIENTE KAPPA DE COHEN

Afim de avaliar a concordância entre as variáveis, o coeficiente Kappa de Cohen (K) vou realizado entre as medidas de POA de doppler e oxímetro nas três posições estudadas. Os resultados são apresentados na **tabela 6**, onde observamos que todos os valores de K foram maiores que 0,81, o que os classifica como “excelente” concordância, sendo $p < 0,001$ nos três casos demonstrando a alta significância desse resultado.

Tabela 6. Coeficiente Kappa de Cohen entre as medidas de POA de doppler e oxímetro de pulso nas posições sentado, em pé e deitado.

	Kappa de Cohen (K)	<i>p</i>
Sentado	0,963	0,000
Em pé	0,967	0,000
Deitado	1,000	0,000

9. DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo é que tanto o oxímetro de pulso quanto o doppler portátil podem ser utilizados de maneira intercambiável para determinar a pressão arterial de oclusão dos membros superiores, em diferentes posições corporais (em pé, sentado e deitado), em jovens normotensos e eutróficos dos sexos masculino e feminino.

A maioria dos estudos se concentra na determinação do nível de pressão ideal aplicada pelo manguito para realização dos métodos de restrição baseados na POA, o que obviamente é importante para alcançar em níveis ótimos de restrição de fluxo sanguínea. Porém, este é o primeiro estudo a avaliar uma nova metodologia para determinar a POA. A importância da determinação da POA para praticantes dos métodos de restrição vascular é muito clara, uma vez que as pressões de restrição ideais são definidas como uma porcentagem da mesma, mas a determinação dessa medida até o momento é limitada ao uso do equipamento doppler, ou a palpação arbitrária direta da artéria.

No presente estudo, aproveitamos o uso de um equipamento de oxímetro de pulso para medir, não a saturação de hemoglobina ou a frequência cardíaca

(funções mais utilizadas em um oxímetro de pulso), mas sim, como um indicador do fluxo sanguíneo pulsátil no leito capilar (Tremper, 1989). Para esse desfecho, a perda da exibição de "pulso" digital foi descrito anteriormente por Bianchi et al. (2008) como uma metodologia eficaz em medir a circulação arterial colateral em pacientes com patologia venosa nos membros inferiores. No entanto, no estudo acima citado, por se tratar de uma população com uma patologia venosa, houve uma associação com concordância fraca entre o doppler portátil e o oxímetro de pulso para medida da pressão arterial de oclusão de membros inferiores (Bianchi et al., 2008). Em nossa população e considerando a medida do membro superior, as correlações entre os dois equipamentos foram muito altas, sugerindo que, em populações saudáveis a medição de POA pode ser realizada de forma confiável usando um equipamento portátil de oxímetro de pulso.

Apesar de muito utilizado e de ser considerado confiável para a medição da POA, na comunidade médica já foi descrito que os enfermeiros que tinham muitos deveres em suas atividades profissionais diárias, não utilizavam o doppler regularmente para manter suas habilidades e a confiança para manipulação desse equipamento era reduzida (Brown et al. 2002). A este respeito, mas em um cenário diferente, uma pesquisa recente realizada por Patterson & Brandner (2018) demonstrou que entre os praticantes de treinamento de força com restrição de fluxo vascular, pressões de restrição individualizadas não são realizadas pela grande maioria dos indivíduos, o que nos leva a sugerir que a medição de POA não é uma tarefa trivial para a maioria dos indivíduos envolvidos em um programa de TFRV. A medida da POA já foi citada em muitos momentos como o ponto mais crítico para eficácia e segurança dos métodos de restrição, e além disso foi sugerido recentemente que as medidas de POA devem ser reajustadas durante um programa de TFRV (Ingram et al., 2017).

Nossa pesquisa avança na aplicação de métodos baseados na restrição de fluxo sanguíneo porque usando um oxímetro de pulso, o profissional tem acesso a uma metodologia de fácil execução, clara em relação a um ponto final de oclusão (sinal visual) (Bianchi et al., 2008) e financeiramente adequada para a maioria dos praticantes de exercícios.

Uma vez determinada a POA, calcular a pressão ideal de treinamento é uma tarefa muito simples com base nos dados da literatura recente. Quando combinada com exercícios de resistência de 30-40% de 1RM (repetição máxima), pressões de

manguito de 40% da POA parecem ser muito eficazes para induzir hipertrofia muscular. Quando a carga aplicada é inferior a 30% de 1 RM e são aplicadas pressões de 80% da POA, adaptações musculares positivas são obtidas (Dankel et al., 2017). Além disso as metodologias que se baseiam em ciclos de restrição-reperusão já demonstraram importantes propriedades anti-atróficas, melhora na potência (De Groot et al., 2010) e tempo de atividade (Jean-St-Michel et al., 2011) quando realizadas pré-exercício, além de aumento na força voluntária isométrica (Libonati et al., 1998), também passam a ter nova alternativa de medição da POA, assim como, de garantia de não oclusão arterial total através do uso do oxímetro. As possibilidades são diversas e novos estudos com diferentes populações são necessários para validar essa nova metodologia.

Dentre as limitações do nosso estudo, destacamos a utilização de um manguito pneumático manual, que possui menor sensibilidade para determinação da POA, já que sua insuflação só foi possível de 10 em 10 mmHg. Isso também pode ser bem observado em nossa análise de Bland-Altman, em que as diferenças de 10 mmHg que por vezes ocorreu entre os métodos, colocando os pontos em alguns momentos fora dos limites de acordo, o que poderia ter se comportado de forma diferente com equipamento que permitisse a realização da medida da POA com maior sensibilidade. Entretanto, sendo a POA parâmetro para cálculo da pressão a ser utilizada em treinamento, tal diferença de 10 mmHg, quando relativizada a uma possível pressão de 50% da POA para uso prático, cairia a 5 mmHg entre doppler e oxímetro, o que causaria baixa influência na eficácia e segurança do método.

Além disso, a prática laboratorial das coletas nos mostrou que o oxímetro, por depender em maior parte dos capilares colaterais, tem um pequeno atraso na exibição do resultado, o que não acontece no doppler que possui sinal audível imediato. Nosso protocolo se constituiu em pausas de 5 segundos a cada 10mmHg insuflados, o que em alguns momentos pode não ter sido suficiente para que o oxímetro apresentasse em sua tela o fenômeno da oclusão arterial. Desse modo, novos estudos com possíveis tempos de pausa maiores podem demonstrar concordância ainda melhor entre os métodos.

Conclui-se que o dispositivo de oxímetro de pulso é uma metodologia confiável quando comparado ao doppler portátil para determinar a POA do membro superior em indivíduos jovens e saudáveis, seguindo diferentes posições corporais.

Estudos futuros devem avaliar esta metodologia de medida da POA não apenas nos membros superiores, mas também nos membros inferiores e em diferentes populações.

10. CONCLUSÃO

Mediante a todos os resultados expostos nesse trabalho, podemos concluir que o oxímetro de pulso é uma alternativa confiável e viável, de fácil manipulação e interpretação, para realização da medida de pressão de oclusão arterial, critério básico para realização de métodos que envolvam a restrição vascular a fim de se alcançar hipertrofia ou atenuação da atrofia muscular, devido a sua forte correlação e concordância com o doppler portátil. Acreditamos que esse resultado de natureza extremamente aplicada, possibilita a disseminação desses métodos de forma segura, à ciência esportiva, aos profissionais do treinamento e da reabilitação e à população em geral.

REFERÊNCIAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 3, p. 687-708. 2009.

ABE, T.; FUJITA, S.; NAKAJIMA, T.; SAKAMAKI, M.; OZAKI, H.; OGASAWARA, R.; SUGAYA, M.; KUDO, M.; KURANO, M.; YASUDA, T. Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO₂max in young men. **Journal of sports science & medicine**, v. 9, n. 3, p. 452, 2010.

ABE, T.; KEARNS, C. F.; SATO, Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. **Journal of applied physiology**, v. 100, n. 5, p. 1460-1466, 2006. ISSN 8750-7587.

ALEXANDER, C. M.; TELLER, L. E.; GROSS, J. B. Principles of pulse oximetry: theoretical and practical considerations. **Anesthesia & Analgesia**, v. 68, n. 3, p. 368-376, 1989. ISSN 0003-2999.

ARGILÉS, J. M.; CAMPOS, N.; LOPEZ-PEDROSA, J. M.; RUEDA, R.; RODRIGUEZ-MAÑAS, L. Skeletal muscle regulates metabolism via interorgan crosstalk: roles in health and disease. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 17, n. 9, p. 789-796, 2016. ISSN 1525-8610.

BARNETT, B. E.; DANKEL, S. J.; COUNTS, B. R.; NOOE, A. L.; ABE, T.; LOENNEKE, J. P. Blood flow occlusion pressure at rest and immediately after a bout of low load exercise. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 36, n. 6, p. 436-440, 2016. ISSN 1475-097X.

BELL, Z. W.; BUCKNER, S. L.; JESSEE, M. B.; MOUSER, J. G.; MATTOCKS, K. T.; DANKEL, S. J.; ABE, T.; LOENNEKE, J. P. Moderately heavy exercise produces lower cardiovascular, RPE, and discomfort compared to lower load exercise with and without blood flow restriction. **European journal of applied physiology**, p. 1-8, 2018. ISSN 1439-6319.

BIANCHI, J.; DOUGLAS, W.; DAWE, R.; LUCKE, T.; LONEY, M.; MCEVOY, M.; URCELAY, M. Pulse oximetry: a new tool to assess patients with leg ulcers. **Journal of wound care**, v. 9, n. 3, p. 109-112, 2000. ISSN 0969-0700.

BIANCHI, J.; ZAMIRI, M.; LONEY, M.; MCINTOSH, H.; DAWE, R.; DOUGLAS, W. Pulse oximetry index: a simple arterial assessment for patients with venous disease. **Journal of wound care**, v. 17, n. 6, p. 253-260, 2008. ISSN 0969-0700.

BONAGAMBA, G. H.; COELHO, D. M.; OLIVEIRA, A. S. D. Inter and intra-rater reliability of the scoliometer. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 14, n. 5, p. 432-438, 2010. ISSN 1413-3555.

BRENNAN, P.; SILMAN, A. Statistical methods for assessing observer variability in clinical measures. **BMJ: British Medical Journal**, v. 304, n. 6840, p. 1491, 1992.

BROWN, A.; BUMS, E.; CHALMERS, L.; CORCORAN, F.; DALE, J.; DOUGLAS, S. Effect of a national community intervention programme on healing rates of

chronic leg ulcer: randomised controlled trial. **Phlebology**, v. 17:47–53. , p. 47–53, 2002.

CRENSHAW, A. G.; HARGENS, A. R.; GERSHUNI, D. H.; RYDEVIK, B. Wide tourniquet cuffs more effective at lower inflation pressures. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, v. 59, n. 4, p. 447-451, 1988. ISSN 0001-6470.

DANKEL, S.; JESSEE, M.; BUCKNER, S.; MOUSER, J.; MATTOCKS, K.; LOENNEKE, J. Are higher blood flow restriction pressures more beneficial when lower loads are used? **Physiology international**, v. 104, n. 3, p. 247-257, 2017. ISSN 2498-602X.

DE GROOT, P. C.; THIJSEN, D. H.; SANCHEZ, M.; ELLENKAMP, R.; HOPMAN, M. T. Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans. **European journal of applied physiology**, v. 108, n. 1, p. 141, 2010. ISSN 1439-6319.

FISH, P.; FISH, P. J. **Physics and instrumentation of diagnostic medical ultrasound**. Wiley Chichester, UK, 1990.

GUALANO, B.; NEVES JR, M.; LIMA, F. R.; PINTO, A.; LAURENTINO, G.; BORGES, C.; BAPTISTA, L.; ARTIOLI, G. G.; AOKI, M. S.; MORISCOT, A. Resistance training with vascular occlusion in inclusion body myositis: a case study. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 2, p. 250-254, 2010.

GUNDERMANN, D. M.; FRY, C. S.; DICKINSON, J. M.; WALKER, D. K.; TIMMERMAN, K. L.; DRUMMOND, M. J.; VOLPI, E.; RASMUSSEN, B. B. Reactive hyperemia is not responsible for stimulating muscle protein synthesis following blood flow restriction exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 9, p. 1520-1528, 2012. ISSN 8750-7587.

HUGHES, L.; ROSENBLATT, B.; GISSANE, C.; PATON, B.; PATTERSON, S. D. Interface pressure, perceptual, and mean arterial pressure responses to different blood flow restriction systems. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, 2018. ISSN 0905-7188.

HUNT, J. E.; STODART, C.; FERGUSON, R. A. The influence of participant characteristics on the relationship between cuff pressure and level of blood flow restriction. **European journal of applied physiology**, v. 116, n. 7, p. 1421-1432, 2016. ISSN 1439-6319.

IIDA, H.; NAKAJIMA, T.; KURANO, M.; YASUDA, T.; SAKAMAKI, M.; SATO, Y.; YAMASOBA, T.; ABE, T. Effects of walking with blood flow restriction on limb venous compliance in elderly subjects. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 31, n. 6, p. 472-476, 2011. ISSN 1475-097X.

INGRAM, J. W.; DANKEL, S. J.; BUCKNER, S. L.; COUNTS, B. R.; MOUSER, J. G.; ABE, T.; LAURENTINO, G. C.; LOENNEKE, J. P. The influence of time on determining blood flow restriction pressure. **Journal of science and medicine in sport**, v. 20, n. 8, p. 777-780, 2017. ISSN 1440-2440.

ISHII, N.; MADARAME, H.; ODAGIRI, K.; NAGANUMA, M.; SHINODA, K. Circuit training without external load induces hypertrophy in lower-limb muscles when combined with moderate venous occlusion. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, n. 1, p. 24-28, 2005. ISSN 1349-4562.

JEAN-ST-MICHEL, E.; MANLHIOT, C.; LI, J.; TROPAK, M.; MICHELSEN, M. M.; SCHMIDT, M. R.; MCCRINDLE, B. W.; WELLS, G. D.; REDINGTON, A. N. Remote preconditioning improves maximal performance in highly trained athletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1280-1286, 2011. ISSN 0195-9131.

JESSEE, M. B.; BUCKNER, S. L.; DANKEL, S. J.; COUNTS, B. R.; ABE, T.; LOENNEKE, J. P. The influence of cuff width, sex, and race on arterial occlusion: implications for blood flow restriction research. **Sports Medicine**, v. 46, n. 6, p. 913-921, 2016. ISSN 0112-1642.

KRAEMER, W. J.; ADAMS, K.; CAFARELLI, E.; DUDLEY, G. A.; DOOLY, C.; FEIGENBAUM, M. S.; FLECK, S. J.; FRANKLIN, B.; FRY, A. C.; HOFFMAN, J. R. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 34, n. 2, p. 364-380, 2002. ISSN 0195-9131.

LAURENTINO, G.; UGRINOWITSCH, C.; AIHARA, A.; FERNANDES, A.; PARCELL, A.; RICARD, M.; TRICOLI, V. Effects of strength training and vascular occlusion. **International journal of sports medicine**, v. 29, n. 08, p. 664-667, 2008. ISSN 0172-4622.

LAURENTINO, G. C.; UGRINOWITSCH, C.; ROSCHEL, H.; AOKI, M. S.; SOARES, A. G.; NEVES JR, M.; AIHARA, A. Y.; FERNANDES ADA, R.; TRICOLI, V. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Med Sci Sports Exerc**, v. 44, n. 3, p. 406-12, 2012.

LAW, T. D.; CLARK, L. A.; CLARK, B. C. Resistance exercise to prevent and manage sarcopenia and dynapenia. **Annual review of gerontology & geriatrics**, v. 36, n. 1, p. 205, 2016.

LIBONATI, J.; COX, M.; INCANNO, N.; MELVILLE, S.; MUSANTE, F.; GLASSBERG, H.; GUAZZI, M. Brief periods of occlusion and reperfusion increase skeletal muscle force output in humans. **Cardiologia (Rome, Italy)**, v. 43, n. 12, p. 1355-1360, 1998. ISSN 0393-1978.

LIXANDRÃO, M. E.; UGRINOWITSCH, C.; LAURENTINO, G.; LIBARDI, C. A.; AIHARA, A. Y.; CARDOSO, F. N.; TRICOLI, V.; ROSCHEL, H. Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. **European journal of applied physiology**, v. 115, n. 12, p. 2471-2480, 2015. ISSN 1439-6319.

LOENNEKE, J. P.; ALLEN, K.; MOUSER, J. G.; THIEBAUD, R. S.; KIM, D.; ABE, T.; BEMBEN, M. G. Blood flow restriction in the upper and lower limbs is predicted by limb circumference and systolic blood pressure. **European journal of applied physiology**, v. 115, n. 2, p. 397-405, 2015. ISSN 1439-6319.

LOENNEKE, J. P.; FAHS, C. A.; ROSSOW, L. M.; SHERK, V. D.; THIEBAUD, R. S.; ABE, T.; BEMBEN, D. A.; BEMBEN, M. G. Effects of cuff width on arterial occlusion: implications for blood flow restricted exercise. **European journal of applied physiology**, v. 112, n. 8, p. 2903-2912, 2012. ISSN 1439-6319.

LOENNEKE, J. P.; FAHS, C. A.; ROSSOW, L. M.; THIEBAUD, R. S.; MATTOCKS, K. T.; ABE, T.; BEMBEN, M. G. Blood flow restriction pressure recommendations: a tale of two cuffs. **Frontiers in physiology**, v. 4, p. 249, 2013. ISSN 1664-042X.

LOENNEKE, J. P.; KIM, D.; MOUSER, J. G.; ALLEN, K. M.; THIEBAUD, R. S.; ABE, T.; BEMBEN, M. G. Are there perceptual differences to varying levels of blood flow restriction? **Physiology & behavior**, v. 157, p. 277-280, 2016. ISSN 0031-9384.

LOENNEKE, J. P.; THIEBAUD, R. S.; FAHS, C. A.; ROSSOW, L. M.; ABE, T.; BEMBEN, M. G. Blood flow restriction does not result in prolonged decrements in torque. **European journal of applied physiology**, v. 113, n. 4, p. 923-931, 2013a. ISSN 1439-6319.

LOENNEKE, J. P.; THIEBAUD, R. S.; FAHS, C. A.; ROSSOW, L. M.; ABE, T.; BEMBEN, M. G. Effect of cuff type on arterial occlusion. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 33, n. 4, p. 325-327, 2013b. ISSN 1475-097X.

LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. **Anthropometric standardization reference manual**. Human kinetics books Champaign, 1988.

LOWERY, R. P.; JOY, J. M.; LOENNEKE, J. P.; SOUZA, E. O.; MACHADO, M.; DUDECK, J. E.; WILSON, J. M. Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 34, n. 4, p. 317-321, 2014. ISSN 1475-097X.

MARFELL-JONES, M. J.; STEWART, A.; DE RIDDER, J. **International standards for anthropometric assessment**. 2012. ISBN 0620362073.

MATTOCKS, K. T.; JESSEE, M. B.; MOUSER, J. G.; DANKEL, S. J.; BUCKNER, S. L.; BELL, Z. W.; OWENS, J. G.; ABE, T.; LOENNEKE, J. P. The Application of Blood Flow Restriction: Lessons From the Laboratory. **Current sports medicine reports**, v. 17, n. 4, p. 129-134, 2018. ISSN 1537-8918.

MCCLELLAND, R. L.; CHUNG, H.; DETRANO, R.; POST, W.; KRONMAL, R. A. Distribution of coronary artery calcium by race, gender, and age: results from the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). **Circulation**, v. 113, n. 1, p. 30-37, 2006. ISSN 0009-7322.

MEDRONHO, R.; BLOCH, K.; LUIZ, R.; WERNECK, G. Epidemiologia. Atheneu. **São Paulo**, 2009.

MOUSER, J. G.; LAURENTINO, G. C.; DANKEL, S. J.; BUCKNER, S. L.; JESSEE, M. B.; COUNTS, B. R.; MATTOCKS, K. T.; LOENNEKE, J. P. Blood flow in humans following low-load exercise with and without blood flow restriction. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 42, n. 11, p. 1165-1171, 2017. ISSN 1715-5312.

MULAHASANOVIC, I. C.; MUJANOVIC, A. N.; MUJANOVIC, E.; ATIKOVIC, A. Level of Physical Activity of the Students at the University of Tuzla According to IPAQ. **Central European Journal of Sport Sciences and Medicine**, v. 21, n. 1, p. 23-30, 2018. ISSN 2300-9705.

NAKAJIMA, T.; KURANO, M.; IIDA, H.; TAKANO, H.; OONUMA, H.; MORITA, T.; MEGURO, K.; SATO, Y.; NAGATA, T. Use and safety of KAATSU training: results

of a national survey. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 2, n. 1, p. 5-13, 2006. ISSN 1349-4562.

OZAKI, H.; LOENNEKE, J. P.; ABE, T. Blood flow-restricted walking in older women: does the acute hormonal response associate with muscle hypertrophy? **Clinical physiology and functional imaging**, v. 37, n. 4, p. 379-383, 2017. ISSN 1475-0961.

PAIXAO, R.; DA MOTA, G. R.; MAROCOLO, M. Personal pdf file for. **Int J Sports Med**, v. 35, p. 912-915, 2014.

PATON, C. D.; ADDIS, S. M.; TAYLOR, L.-A. The effects of muscle blood flow restriction during running training on measures of aerobic capacity and run time to exhaustion. **European journal of applied physiology**, v. 117, n. 12, p. 2579-2585, 2017. ISSN 1439-6319.

PATTERSON, S. D.; BRANDNER, C. R. The role of blood flow restriction training for applied practitioners: A questionnaire-based survey. **Journal of sports sciences**, v. 36, n. 2, p. 123-130, 2018. ISSN 0264-0414.

PELLERITO, J.; POLAK, J. F. **Introdução à Ultrassonografia Vascular**. Elsevier Brasil, 2015. ISBN 8535269800.

POPE, Z. K.; WILLARDSON, J. M.; SCHOENFELD, B. J. Exercise and blood flow restriction. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 10, p. 2914-2926, 2013. ISSN 1064-8011.

RAY, S.; SRODON, P.; TAYLOR, R.; DORMANDY, J. Reliability of ankle: brachial pressure index measurement by junior doctors. **British journal of surgery**, v. 81, n. 2, p. 188-190, 1994. ISSN 1365-2168.

RIDLEN, G. Pulse oximetry: a historical perspective. **J Respiratory Care Practitioners**, v. 11, p. 47-50, 1998.

SATO, Y. The history and future of KAATSU training. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2005. ISSN 1349-4562.

SCHONBERGER, R. B.; LAMPERT, R. J.; MANDEL, E. I.; FEINLEIB, J.; GONG, Z.; HONIDEN, S. Handheld doppler to improve pulse checks during resuscitation of putative pulseless electrical activity arrest. **Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists**, v. 120, n. 4, p. 1042-1045, 2014. ISSN 0003-3022.

SCOTT, B. R.; LOENNEKE, J. P.; SLATTERY, K. M.; DASCOMBE, B. J. Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development. **Sports medicine**, v. 45, n. 3, p. 313-325, 2015. ISSN 0112-1642.

SEVERINGHAUS, J. W.; HONDA, Y. History of blood gas analysis. VII. Pulse oximetry. **Journal of clinical monitoring**, v. 3, n. 2, p. 135-138, 1987. ISSN 0748-1977.

SIELJACKS, P.; KNUDSEN, L.; WERNBOM, M.; VISSING, K. Body position influences arterial occlusion pressure: implications for the standardization of pressure during blood flow restricted exercise. **European journal of applied physiology**, v. 118, n. 2, p. 303-312, 2018. ISSN 1439-6319.

SMILES, W. J.; CONCEIÇÃO, M. S.; TELLES, G. D.; CHACON-MIKAHIL, M. P.; CAVAGLIERI, C. R.; VECHIN, F. C.; LIBARDI, C. A.; HAWLEY, J. A.; CAMERA, D. M. Acute low-intensity cycling with blood-flow restriction has no effect on metabolic signaling in human skeletal muscle compared to traditional exercise. **European journal of applied physiology**, v. 117, n. 2, p. 345-358, 2017. ISSN 1439-6319.

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. **Journal of applied physiology**, v. 88, n. 1, p. 61-65, 2000. ISSN 1522-1601.

TAKARADA, Y.; TAKAZAWA, H.; ISHII, N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n. 12, p. 2035-2039, 2000. ISSN 0195-9131.

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. **Journal of applied physiology**, v. 88, n. 6, p. 2097-2106, 2000. ISSN 1522-1601.

TANIMOTO, M.; MADARAME, H.; ISHII, N. Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise: Comparison between "KAATSU" and other types of regimen. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, n. 2, p. 51-56, 2005. ISSN 1349-4562.

TENNENT, D. J.; HYLDEN, C. M.; JOHNSON, A. E.; BURNS, T. C.; WILKEN, J. M.; OWENS, J. G. Blood flow restriction training after knee arthroscopy: a randomized controlled pilot study. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 27, n. 3, p. 245-252, 2017. ISSN 1050-642X.

TREMPER, K. K. Pulse oximetry. **Chest**, v. 95, n. 4, p. 713-715, 1989. ISSN 0012-3692.

URCELAY, M.; BIANCHI, J.; LONEY, M.; MCEVOY, M.; DOUGLAS, W. Pulse oximetry: an additional tool in the assessment of patients with leg ulcers. **British Journal of Dermatology, Supplement**, v. 141, p. 65, 1999. ISSN 0366-077X.

VILHEGAS, L. Z.; VEIGA, M. R.; MANSANO, R. D.; SANTOS, J. C. Development of Transmissible Photoplethysmography Prototype Sensor Using Polymeric Fiber Optic. AIP Conference Proceedings, 2008, AIP. p.648-652.

WEIR, J. P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. **Journal of strength and conditioning research**, v. 19, n. 1, p. 231, 2005. ISSN 1064-8011.

WILLIAMS, N.; RUSSELL, M.; COOK, C.; KILDUFF, L. The Effect of Ischemic Preconditioning on Maximal Swimming Performance. **Journal of strength and conditioning research**, 2018. ISSN 1064-8011.

WILSON, J. M.; LOWERY, R. P.; JOY, J. M.; LOENNEKE, J. P.; NAIMO, M. A. Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 11, p. 3068-3075, 2013. ISSN 1064-8011.

YANAGISAWA, O.; FUKUTANI, A. Effects of low-load resistance exercise with blood flow restriction on intramuscular hemodynamics, oxygenation level and water content. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, 2017. ISSN 0022-4707.

YASUDA, T.; FUJITA, S.; OGASAWARA, R.; SATO, Y.; ABE, T. Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 30, n. 5, p. 338-343, 2010. ISSN 1475-097X.

ZANCHI, N. E.; LANCHI, A. H. Mechanical stimuli of skeletal muscle: implications on mTOR/p70s6k and protein synthesis. **European journal of applied physiology**, v. 102, n. 3, p. 253-263, 2008. ISSN 1439-6319.

APÊNDICE APÊNDICE A

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, _____ voluntariamente concordo em participar desta pesquisa “Padronização do uso do oxímetro na determinação da pressão de oclusão vascular total com diferentes manguitos de pressão em comparação ao doppler de mão” a ser realizada no Laboratório de Biologia Celular e Molecular da UFMA.

Estou ciente da minha participação em testes de oclusão arterial total, realizados nas posições sentado, de pé e deitado, com dois manguitos diferentes, resultando em seis insuflações e desinsuflações até que se atinja a pressão mínima capaz de ocluir completamente a passagem sanguínea no membro. Por se tratar de um estudo pouco invasivo, com um método de determinação de pressão bem respaldado e amplamente utilizado, além da presença contínua dos pesquisadores durante a execução do mesmo, são considerados mínimos os riscos associados a este estudo que podem incluir leves desconfortos durante o procedimento.

Será garantido o anonimato quanto à minha participação e os dados obtidos serão utilizados exclusivamente para fins de pesquisa pelo Laboratório de Biologia Celular e Molecular do Músculo Esquelético.

Disponho de absoluta liberdade para esclarecer junto aos pesquisadores responsáveis pela pesquisa qualquer dúvida que possa surgir. Sei que posso me recusar a participar desse estudo ou que posso abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar me justificar e sem qualquer constrangimento ou transtorno.

Sei que não está prevista qualquer forma de remuneração.

Compreendo também que os pesquisadores podem decidir sobre minha exclusão do estudo por razões científicas, sobre as quais serei devidamente informado.

Portanto, concordo com o que foi exposto acima e dou o meu consentimento.

___/___/____.

Assinatura do sujeito da pesquisa

Assinatura do pesquisador responsável

APÊNDICE B**FICHA DE ANAMNESE**

NOME:	
DATA DE NASCIMENTO:	SEXO: M () F ()
PROFISSÃO:	
TREINAMENTO DE FORÇA:	SE SIM, HÁ QUANTO TEMPO:
FUMANTE:	SE SIM, QUANTOS CIGARROS POR DIA:
SE PAROU, HÁ QUANTO TEMPO:	
DOENÇAS:	MEDICAÇÃO EM USO:
DOENÇAS CRONICAS FAMILIARES:	
CIRURGIAS E INTERNAÇÕES:	
HISTORICO DE LESÕES:	
EM CASO DE EMERGÊNCIA AVISAR:	
CONVÊNIO MEDICO:	
OBSERVAÇÕES:	

ASPECTOS NUTRICIONAIS

ACOMPANHAMENTO PROFISSIONAL: S () N ()	INTOLERANCIA:
NUMERO DE REFEIÇÕES POR DIA:	Suplementação:
BEBIDAS ALCOOLICAS:	FREQUENCIA:
INGESTAO DE LIQUIDOS POR DIA:	
OBSERVAÇÕES:	

ANTROPOMETRIA

FC DE REPOUSO:	PA EM REPOUSO:
PESO:	ALTURA:
ABDOMEN:	CINTURA:
BRAÇO: D	E

DOBRAS CUTÂNEAS

TRICIPITAL		SUBESCAPULAR		AXILAR	
SUPRA-ILÍACA		PEITORAL		BCIPTAL	
ABDOMINAL		SUPRA-ESPINHAL		COXA	

*Declaro que o sobredito é verdade, sob minha inteira responsabilidade.

São Luís, __/__/____.

APÊNDICE C

ARTIGO PARA SUBMISSÃO EM REVISTA A1

Agreement of a hand-held doppler and a portable pulse oximeter in the determination of the arterial occlusion pressure in young and healthy subjects: A new reliable and easier method?

Fernanda Lima-Soares^{1,2}, Kassiana Pessoa Araújo^{1,2}, Christian Emmanuel Torres Cabido^{1,2}, Fabrício Rossi^{2,3}, Nelo Eidy Zanchi ^{1,2}

¹Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Maranhão, Brazil

²Laboratório de Biologia Celular e Molecular do Músculo Esquelético (LABCEMME)

³Universidade Federal do Piauí (UFPI)

ABSTRACT

The determination of the total occlusion of pressure (TOP) is a critical measurement for selection of adequate pressures to the BFR method. Effective restriction pressures (usually 40-50% of the TOP) could be selected to be used in association with muscle contractions against minor resistance, when the main purpose is gaining mass. Recently doppler hand-held equipment have been utilized for such purpose, on the other hand, pulse oximeter has been largely utilized in the clinical practice for monitoring the hemoglobin saturation and the blood flow inside the capillary bed, via laser diode sensors. Both methods are capable to detect the presence or absence of blood flow inside an artery (doppler handheld) or capillaries (pulse oximeter), but they never have been tested before, in regards to its use to predict the TOP. In the present study, exploring the proximity of the radial artery in the wrist joint (used to detect the TOP via doppler) and the capillary blood circulation in the finger (used to detect the TOP via pulse oximeter) we thought to evaluate simultaneously and in a blinded manner. Moreover, in order to apply different stimulus to the circulatory system (thus possibly changing hemodynamic parameters as blood pressure and heart rate), subjects were evaluated in different positions (standing, seated and lying). Finally, different manual cuffs with different materials (cotton versus nylon) were tested. The results herein presented prove that

the use of the pulse oximeter as reliable, easier and cheaper method compared to the handheld doppler to determine TOP for BFR purposes in the upper limb.

INTRODUCTION

Blood flow restriction (BFR) accomplished by the use of pneumatic cuffs is an effective method to induce muscle adaptations either alone or in combination with exercises (Takarada, Takazawa, Sato, et al., 2000; Abe et al., 2006). In the literature, it has been demonstrated that BFR programs performed under properly application of pressure by the use of cuffs, is effective to spare the muscle mass during immobilization conditions or to induce muscle hypertrophy, when combined with resistance (Laurentino et al., 2008; Lixandrão et al., 2015). For this purpose, optimal individualized cuff pressures should be used. The calculation of the optimal cuff pressure is a two-step process. The first one involves the determination of the arterial occlusion of pressure (AOP). AOP is the amount of pressure applied to a cuff, capable to completely occlude the arterial blood flow to the desired limb. Second step is the determination of the ideal amount of pressure to be applied to a cuff, for practical purposes. In this regard, based on the AOP, cuff pressures of 40% to 80% seems to be effective to produce optimal muscle adaptations, without incurring in health risks to the individual (Loenneke et al., 2016). The reason why AOP measurement is so important, is mainly explained to be a single individualized measurement which takes into consideration, simultaneously, variables such as the cuff width, cuff material, arm circumference, body position and blood pressure, just to mention a few. Because the relativization step can be readily achieved by calculating a percentage of the AOP, determination of the AOP is the first and most critical step.

In the laboratorial and clinical settings, doppler ultrasound equipment has been considered the gold standard method to determine the AOP (Wilson et al., 2013; Mouser et al., 2017). An alternative method to determine the AOP, is via sonographic hand-held doppler equipment (Loenneke, Thiebaud, et al., 2013b; Sieljacks et al., 2018). The use of a doppler equipment, even a hand-held, is inherently limited to the technical expertise needed to perform AOP measurements. In the clinical settings for example, training practice and regular use are required to acquire and maintain doppler skills (Ray et al., 1994). In addition, the use of a

doppler is related to a certain dose of subjectivity, which refers to the operator's skill in applying the probe to the artery and auscultate the pulsatile blood flow (Bianchi et al., 2008). Lack of familiarity with a doppler equipment may be another additional limitation for BFR users, to determine the AOP. Independently of the reasons, the vast majority of BFR practitioners does not perform any sort of measurement to determine individualized restriction pressures (Patterson & Brandner, 2018).

In order to overcome the technical difficulties of doppler's use in the determination of the AOP, a simpler and less subjective methodology would be helpful for BFR practitioners. In this regard, portable pulse oximetry has been largely utilized in the clinical practice for measuring systolic pressures, as well as loss or recovery of pulse, with similar results to the observed by the use of a doppler equipment (Urcelay et al., 1999). Whereas the use of a doppler hand-held equipment is capable to provide a measure of the arterial blood flow via sound measurement, pulse oximetry is capable to detect it in the capillary circulation, via red and infrared light transmission (Ridlen, 1998). By using pulse oximetry, AOP would be determined just positioning the user's fingertip in the portable device, while inflating the cuff. Loss of the capillary blood flow or AOP, would be readily determined by simple visual inspection (Bianchi et al., 2008) (Figure 1). Although pulse oximetry would be very useful for determining the AOP for BFR purposes, a direct comparison against a hand-held doppler equipment has never been performed in healthy individuals.

****Figure 1****

In the present study, we measured the AOP in the upper limbs, exploring the proximity of the radial artery in the wrist joint (which is usually used to detect the AOP using a hand-held doppler) and the fingertip capillary blood flow (where portable pulse oximetry equipment is usually displaced), to compare simultaneously and in a blinded manner, both methodologies. For such purpose, a BFR manual cuff was employed, and young male and female subjects were evaluated following different body positions (standing, seated and lying). The results herein presented strongly suggest the use of a portable pulse oximetry equipment as reliable, when compared to the handheld doppler. Since AOP measurement by pulse oximetry is relatively easier to perform and financially more accessible than a handheld doppler equipment, BFR practitioners may benefit from this new methodology to measure

the AOP and thus determining individualized restriction pressures. Additional studies evaluating different populations and the lower limbs are necessary to expand the use of this methodology.

Methods

Experimental approach

Upon arriving at the laboratory, subjects were all submitted to the same protocol that begins with anthropometric measures (body mass, height, arm circumference and triceps skinfold) followed by 30 minutes rest signed by systolic and diastolic blood pressure and then, randomly, total occlusion pressure (TOP) measure with two different types of cuffs applied to the most proximal portion of right arm at seated, standing and supine position, with five minutes rest between measures (Loenneke et al., 2012). Approval for the study was obtained from the regional Ethical Commitment, under the number 83219517.1.0000.5087.

Subjects

The sample were composed by 70 volunteers between the ages of 18 and 33 years (33 males; 37 females; age= 23.2 years; body mass = 67.2 kg; height = 167 cm). Subjects with no known cardiovascular or metabolic diseases, free from consumption of stimulants or beta blockers visited the laboratory for one session of testing. They were instructed to come to our laboratory after a minimum of 24h absence of exercise, caffeine and alcohol. Informed consent was obtained from all participants.

Anthropometric measures

Body mass was obtained by a digital scale and height with a standard stadiometer, after that the distance from the acromion process to the olecranon process was measured using a tape measure and on the arm 50% distal to the acromion process circumference were measured (Loenneke et al., 2015). The triceps skinfold thickness was measured according to the International Society for the Advancement of Kinanthropometry (Marfell-Jones et al., 2012).

Systolic and diastolic blood pressure

Systolic blood pressure and diastolic brachial blood pressure were measured using an appropriate-sized automatic blood pressure cuff (12.8 x 10.4 x 6.4 cm) (Omron, Model HEM-773). Blood pressure was taken in duplicate and if systolic blood pressure values were not within 5 mmHg, a third measurement was taken. The average of the two closest values was taken (Loenneke et al., 2015).

Arterial Occlusion Pressure (AOP)

The cuff used for AOP determination was both 6 cm wide made of nylon (JPJ, Brazil). After randomly discover the order of measure, the subjects were placed in the first body position with the cuff positioned proximally in the right arm. For determination of AOP, the pulse was initially detected using a hand-held Doppler probe (MEDMEGA, DV 610V, 10MHz, Brazil) always used with an auricular earphone to block the sound signals to the other evaluator placed on the radial artery. Simultaneously, this other evaluator was monitoring the pulse oximeter, placed on the index finger in a position that unable the view of the doppler's evaluator. The cuff was then inflated to 50 mmHg using a manual sphygmomanometer (MISSOURI, Brazil) (Laurentino et al., 2008; Gualano et al., 2010) and pressure was gradually increased in steps of 10 mmHg with five seconds pauses at each point to allow the oximeter visualization and response until auscultatory pulse was no longer present (Loenneke et al., 2012; Loenneke et al., 2015). The lowest cuff pressure at which the pulse was not present was considered the TOP. This procedure was repeated for both cuffs and body positions with 5 min rest assigned between TOP determinations. The cuffs were loosened immediately after determination of TOP to avoid any restriction of blood flow between TOP determinations (Sieljacks et al., 2018).

Statistical Analyses

The normality of the data set was assessed using the Kolmogorov-Smirnov test and, based on the resulting parameters, nonparametric statistics were carried out and the data were presented as median and interquartile range. The difference between the groups according to the median of doppler's and pulse oximeter's arterial occlusion pressure was tested by the Wilcoxon test. The correlations between measures were tested using the Spearman correlation. The groups were dichotomized by the 75th percentile (McClelland et al., 2006) and after the agreement

between them was estimated by means of the Kappa coefficient, the strength of agreement for K values are: poor, 0 to 0.2; fair, 0.21 to 0.40; moderate, 0.41 to 0.6; good, 0.61 to 0.8; and excellent, 0.81 to 1.0 (Brennan & Silman, 1992).

Bland-Altman plots were also made to verify the level of agreement between handheld doppler and pulse oximeter and respective 95% limits of agreement (LoA). In the Bland Altman graphs, the difference between them was plotted against the mean (see in Supplemental Material).

All analyses were performed using the statistical software SPSS version 17.0 (SPSS, Inc. Chicago, IL, USA), and the significance level adopted was 5%.

Results

A total of 70 subjects were included in the analysis without injuries or withdrawal, with patient characteristics provided in Table 1.

*****Table 1*****

When comparing the pulse oximeter with the doppler handheld it was observed the same median between methods in the three positions analyzed as showed in Figure 1. AOP median (interquartile) in seated position was 140 (30) mmHg in doppler group and 140 (23) mmHg in oximeter group with $p = 0.011$. In standing position was also 140 (23) mmHg in both groups with $p = 0.012$. In accordance, supine position was 140 (30) mmHg in both methods with $p=0.013$.

*****Figure 2*****

Concerning the possible correlations between doppler handheld and pulse oximeter, a positive and very strong (0.8 to 1) correlation was obtained between them (Figure 2), with r_s being equal to 0.980, 0.958 and 0.955 in seated, standing and supine position, respectively.

*****Figure 3*****

In Table 2 we summarize the results of crosstab analysis for Doppler and Pulse Oximeter methods showing a good agreement in classification for all positions analyzed, with minimal differences in seated and supine positions.

Agreement was assessed using Cohen kappa statistics (K). In our finds, all positions provide an excellent K (seated K = 0.962; standing K = 0.845; supine K = 0.963) with a $p = 0.000$.

Discussion

The main findings of the present study are that both hand-held doppler and portable pulse oximeter can be used interchangeably to determine the upper limb AOP, following different body positions (standing, seated and lying), in young, normotensive and eutrophic, male and female subjects.

Whereas most studies are focusing on the determination of the ideal pressure applied to a cuff, which is obviously important to restrict the blood flow in optimal levels, this is the first study to evaluate the impact of a new methodology to determine the AOP. The importance of determine the AOP for BFR practitioners is very clear, since ideal restriction pressures are defined as a percentage of AOP, but determination of AOP itself is limited to the use of a doppler equipment or direct palpation of an artery. In the present study, we took advantage of the use of a pulse oximeter equipment not to measure hemoglobin saturation or heart rate (the most known functions of a pulse oximeter), but as an indicator of the pulsatile blood flow in the capillary bed. For this endpoint, flattening or disappearance of the waveform on the pulse oximeter display or loss of the digital 'pulse' display was previously described by Bianchi et al. (2008) as a methodology capable to measure the arterial circulation in patients with venous disease of the leg. In the supra-cited study, however, maybe due to the presence of venous disease, there was a linear association but a fair agreement between the hand-held doppler and the pulse oximeter (Bianchi et al., 2008). In our population and considering the upper limb measurement, the correlations between both equipment were very high, suggesting that in normal populations, AOP measurement can be reliably performed using a portable pulse oximeter equipment.

It is not our intention to diminish or criticize the importance of the use of a doppler in the determination of the AOP, which is very precise and in fact, is considered a gold standard method. However, in the medical community it has been described that nurses who had many duties in their daily professional activities,

didn't use the doppler regularly to maintain their skills and confidence (Brown et al., 2002). In this regard, but in a different setting, a recent survey performed by Patterson & Brandner (2018) has demonstrated that among BFR practitioners, individualized restriction pressures are not performed by most individuals, which lead us to suggest that AOP measurement is not exactly a trivial task for most individuals engaged to a BFR program. As recently suggested, if we consider that AOP measurements should be readjusted during a BFR program (Ingram et al., 2017), then a simple methodology to determine the AOP would be even more important, for BFR practitioners. Our research advances in this question because by using a pulse oximeter, the practitioner has access to a methodology easy to perform, clear in regard to an objective endpoint (cut off the visual signal) and financially suitable for most exercise practitioners.

Once determined the AOP, calculating the ideal cuff pressure to a workout is a very easy task, based on the recent literature data. When combined with resistance exercises of 30-40% of 1RM (repetition maximum), cuff pressures of 40% of AOP seems to be very effective to induce muscle hypertrophy. When the load applied is less than 30% of 1 RM, a higher percentage of AOP such as 80%, seems to lead to optimal muscle adaptations (Dankel et al., 2017). The possibilities are endless and new studies with different populations are needed to validate this new methodology. We conclude that portable pulse oximetry device is a reliable methodology when compared to a doppler hand-held, to determine the upper limb AOP, in young and healthy individuals, following different body positions. Future studies should evaluate this methodology in predicting the AOP, not only in the upper but also in the lower limbs, in different populations.

Limitations of the study

Our major limitation concerns the manual pneumatic cuff used, that provide us a 10 mmHg precision on our measures. That means that when we were doing the AOP measure, we are just able to inflate the cuff in 10 to 10 mmHg scale, what could diminish our measure sensibility. Otherwise, other studies (Bianchi et al., 2008) used a 10 seconds interval in all points of inflations to check a loss of signal, due to a possible delay of a few seconds before the oximeter display indicates that a loss of signal has occurred. For this reason, we suggest that other studies test the

doppler and pulse oximeter agreement using automatic sphygmomanometer which had bigger precision and with pauses never minors to 5 seconds in each point.

Acknowledgments

The authors thank Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Maranhão (FAPEMA) for the financial support to our researchers.

REFERENCES

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 3, p. 687-705, 2009.

ABE, T. et al. Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO₂max in young men. **Journal of sports science & medicine**, v. 9, n. 3, p. 452, 2010.

ABE, T.; KEARNS, C. F.; SATO, Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. **Journal of applied physiology**, v. 100, n. 5, p. 1460-1466, 2006. ISSN 8750-7587.

ALEXANDER, C. M.; TELLER, L. E.; GROSS, J. B. Principles of pulse oximetry: theoretical and practical considerations. **Anesthesia & Analgesia**, v. 68, n. 3, p. 368-376, 1989. ISSN 0003-2999.

ARGILÉS, J. M. et al. Skeletal muscle regulates metabolism via interorgan crosstalk: roles in health and disease. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 17, n. 9, p. 789-796, 2016. ISSN 1525-8610.

BARNETT, B. E. et al. Blood flow occlusion pressure at rest and immediately after a bout of low load exercise. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 36, n. 6, p. 436-440, 2016. ISSN 1475-097X.

BELL, Z. W. et al. Moderately heavy exercise produces lower cardiovascular, RPE, and discomfort compared to lower load exercise with and without blood flow restriction. **European journal of applied physiology**, p. 1-8, 2018. ISSN 1439-6319.

BIANCHI, J. et al. Pulse oximetry: a new tool to assess patients with leg ulcers. **Journal of wound care**, v. 9, n. 3, p. 109-112, 2000. ISSN 0969-0700.

BIANCHI, J. et al. Pulse oximetry index: a simple arterial assessment for patients with venous disease. **Journal of wound care**, v. 17, n. 6, p. 253-260, 2008. ISSN 0969-0700.

BONAGAMBA, G. H.; COELHO, D. M.; OLIVEIRA, A. S. D. Inter and intra-rater reliability of the scoliometer. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 14, n. 5, p. 432-438, 2010. ISSN 1413-3555.

BRENNAN, P.; SILMAN, A. Statistical methods for assessing observer variability in clinical measures. **BMJ: British Medical Journal**, v. 304, n. 6840, p. 1491, 1992.

BROWN, A. et al. Effect of a national community intervention programme on healing rates of chronic leg ulcer: randomised controlled trial. **Phlebology**, v. 17:47-53. , p. 47-53, 2002.

CRENSHAW, A. G. et al. Wide tourniquet cuffs more effective at lower inflation pressures. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, v. 59, n. 4, p. 447-451, 1988. ISSN 0001-6470.

DANGOTT, B.; SCHULTZ, E.; MOZDZIAK, P. Dietary creatine monohydrate supplementation increases satellite cell mitotic activity during compensatory hypertrophy. **International journal of sports medicine**, v. 21, n. 01, p. 13-16, 2000. ISSN 0172-4622.

DANKEL, S. et al. Are higher blood flow restriction pressures more beneficial when lower loads are used? **Physiology international**, v. 104, n. 3, p. 247-257, 2017. ISSN 2498-602X.

DE GROOT, P. C. et al. Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans. **European journal of applied physiology**, v. 108, n. 1, p. 141, 2010. ISSN 1439-6319.

ELIASSON, J. et al. Maximal lengthening contractions increase p70 S6 kinase phosphorylation in human skeletal muscle in the absence of nutritional supply. **American journal of physiology-Endocrinology and metabolism**, v. 291, n. 6, p. E1197-E1205, 2006. ISSN 0193-1849.

FISH, P.; FISH, P. J. **Physics and instrumentation of diagnostic medical ultrasound**. Wiley Chichester, UK, 1990.

GIAVARINA, D. Understanding bland altman analysis. **Biochemia medica: Biochemia medica**, v. 25, n. 2, p. 141-151, 2015. ISSN 1330-0962.

GOLDBERG, A. L. et al. Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. **Medicine and science in sports**, v. 7, n. 3, p. 185-198, 1975. ISSN 0025-7990.

GUALANO, B. et al. Resistance training with vascular occlusion in inclusion body myositis: a case study. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 2, p. 250-254, 2010.

GUNDERMANN, D. M. et al. Reactive hyperemia is not responsible for stimulating muscle protein synthesis following blood flow restriction exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 9, p. 1520-1528, 2012. ISSN 8750-7587.

HENNEMAN, E.; SOMJEN, G.; CARPENTER, D. O. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. **Journal of neurophysiology**, v. 28, n. 3, p. 560-580, 1965. ISSN 0022-3077.

HUGHES, L. et al. Interface pressure, perceptual, and mean arterial pressure responses to different blood flow restriction systems. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, 2018. ISSN 0905-7188.

HUNT, J. E.; STODART, C.; FERGUSON, R. A. The influence of participant characteristics on the relationship between cuff pressure and level of blood flow restriction. **European journal of applied physiology**, v. 116, n. 7, p. 1421-1432, 2016. ISSN 1439-6319.

IIDA, H. et al. Effects of walking with blood flow restriction on limb venous compliance in elderly subjects. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 31, n. 6, p. 472-476, 2011. ISSN 1475-097X.

INGRAM, J. W. et al. The influence of time on determining blood flow restriction pressure. **Journal of science and medicine in sport**, v. 20, n. 8, p. 777-780, 2017. ISSN 1440-2440.

ISHII, N. et al. Circuit training without external load induces hypertrophy in lower-limb muscles when combined with moderate venous occlusion. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, n. 1, p. 24-28, 2005. ISSN 1349-4562.

JEAN-ST-MICHEL, E. et al. Remote preconditioning improves maximal performance in highly trained athletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1280-1286, 2011. ISSN 0195-9131.

JESSEE, M. B. et al. The influence of cuff width, sex, and race on arterial occlusion: implications for blood flow restriction research. **Sports Medicine**, v. 46, n. 6, p. 913-921, 2016. ISSN 0112-1642.

KAIJSER, L. et al. Muscle oxidative capacity and work performance after training under local leg ischemia. **Journal of Applied Physiology**, v. 69, n. 2, p. 785-787, 1990. ISSN 8750-7587.

KAWADA, S.; ISHII, N. Skeletal muscle hypertrophy after chronic restriction of venous blood flow in rats. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 37, n. 7, p. 1144-1150, 2005. ISSN 0195-9131.

KRAEMER, W. J. et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 34, n. 2, p. 364-380, 2002. ISSN 0195-9131.

LANG, F. Mechanisms and significance of cell volume regulation. **Journal of the American college of nutrition**, v. 26, n. sup5, p. 613S-623S, 2007. ISSN 0731-5724.

LANG, F. et al. Functional significance of cell volume regulatory mechanisms. **Physiological reviews**, v. 78, n. 1, p. 247-306, 1998. ISSN 1522-1210.

LAURENTINO, G. et al. Effects of strength training and vascular occlusion. **International journal of sports medicine**, v. 29, n. 08, p. 664-667, 2008. ISSN 0172-4622.

LAURENTINO, G. C. et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Med Sci Sports Exerc**, v. 44, n. 3, p. 406-12, 2012.

LAW, T. D.; CLARK, L. A.; CLARK, B. C. Resistance exercise to prevent and manage sarcopenia and dynapenia. **Annual review of gerontology & geriatrics**, v. 36, n. 1, p. 205, 2016.

LIBONATI, J. et al. Brief periods of occlusion and reperfusion increase skeletal muscle force output in humans. **Cardiologia (Rome, Italy)**, v. 43, n. 12, p. 1355-1360, 1998. ISSN 0393-1978.

LIXANDRÃO, M. E. et al. Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. **European journal of applied physiology**, v. 115, n. 12, p. 2471-2480, 2015. ISSN 1439-6319.

LOENNEKE, J. P. et al. Blood flow restriction in the upper and lower limbs is predicted by limb circumference and systolic blood pressure. **European journal of applied physiology**, v. 115, n. 2, p. 397-405, 2015. ISSN 1439-6319.

LOENNEKE, J. P. et al. Effects of cuff width on arterial occlusion: implications for blood flow restricted exercise. **European journal of applied physiology**, v. 112, n. 8, p. 2903-2912, 2012. ISSN 1439-6319.

LOENNEKE, J. P. et al. Blood flow restriction pressure recommendations: a tale of two cuffs. **Frontiers in physiology**, v. 4, p. 249, 2013. ISSN 1664-042X.

LOENNEKE, J. P. et al. Are there perceptual differences to varying levels of blood flow restriction? **Physiology & behavior**, v. 157, p. 277-280, 2016. ISSN 0031-9384.

LOENNEKE, J. P. et al. Blood flow restriction does not result in prolonged decrements in torque. **European journal of applied physiology**, v. 113, n. 4, p. 923-931, 2013a. ISSN 1439-6319.

_____. Effect of cuff type on arterial occlusion. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 33, n. 4, p. 325-327, 2013b. ISSN 1475-097X.

LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. **Anthropometric standardization reference manual**. Human kinetics books Champaign, 1988.

LOWERY, R. P. et al. Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 34, n. 4, p. 317-321, 2014. ISSN 1475-097X.

MACDOUGALL, J. et al. Muscle ultrastructural characteristics of elite powerlifters and bodybuilders. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 48, n. 1, p. 117-126, 1982. ISSN 0301-5548.

MARFELL-JONES, M. J.; STEWART, A.; DE RIDDER, J. **International standards for anthropometric assessment**. 2012. ISBN 0620362073.

MATTOCKS, K. T. et al. The Application of Blood Flow Restriction: Lessons From the Laboratory. **Current sports medicine reports**, v. 17, n. 4, p. 129-134, 2018. ISSN 1537-8918.

MCCALL, G. et al. Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. **Journal of applied physiology**, v. 81, n. 5, p. 2004-2012, 1996. ISSN 1522-1601.

MCCLELLAND, R. L. et al. Distribution of coronary artery calcium by race, gender, and age: results from the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). **Circulation**, v. 113, n. 1, p. 30-37, 2006. ISSN 0009-7322.

MEDICINE, A. C. O. S. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, n. 3, p. 687, 2009. ISSN 1530-0315.

MEDRONHO, R. et al. Epidemiologia. Atheneu. **São Paulo**, 2009.

MORITANI, T. et al. Oxygen availability and motor unit activity in humans. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 64, n. 6, p. 552-556, 1992. ISSN 0301-5548.

MOUSER, J. G. et al. Blood flow in humans following low-load exercise with and without blood flow restriction. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 42, n. 11, p. 1165-1171, 2017. ISSN 1715-5312.

MULAHASANOVIC, I. Ć. et al. Level of Physical Activity of the Students at the University of Tuzla According to IPAQ. **Central European Journal of Sport Sciences and Medicine**, v. 21, n. 1, p. 23-30, 2018. ISSN 2300-9705.

NAKAJIMA, T. et al. Use and safety of KAATSU training: results of a national survey. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 2, n. 1, p. 5-13, 2006. ISSN 1349-4562.

OZAKI, H.; LOENNEKE, J. P.; ABE, T. Blood flow-restricted walking in older women: does the acute hormonal response associate with muscle hypertrophy? **Clinical physiology and functional imaging**, v. 37, n. 4, p. 379-383, 2017. ISSN 1475-0961.

PAIXAO, R.; DA MOTA, G. R.; MAROCOLO, M. Personal pdf file for. **Int J Sports Med**, v. 35, p. 912-915, 2014.

PARSONS, S. A. et al. Genetic loss of calcineurin blocks mechanical overload-induced skeletal muscle fiber-type switching but not hypertrophy. **Journal of Biological Chemistry**, 2004. ISSN 0021-9258.

PATON, C. D.; ADDIS, S. M.; TAYLOR, L.-A. The effects of muscle blood flow restriction during running training on measures of aerobic capacity and run time to exhaustion. **European journal of applied physiology**, v. 117, n. 12, p. 2579-2585, 2017. ISSN 1439-6319.

PATTERSON, S. D.; BRANDNER, C. R. The role of blood flow restriction training for applied practitioners: A questionnaire-based survey. **Journal of sports sciences**, v. 36, n. 2, p. 123-130, 2018. ISSN 0264-0414.

PELLERITO, J.; POLAK, J. F. **Introdução à Ultrassonografia Vascular**. Elsevier Brasil, 2015. ISBN 8535269800.

POPE, Z. K.; WILLARDSON, J. M.; SCHOENFELD, B. J. Exercise and blood flow restriction. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 10, p. 2914-2926, 2013. ISSN 1064-8011.

RAY, S. et al. Reliability of ankle: brachial pressure index measurement by junior doctors. **British journal of surgery**, v. 81, n. 2, p. 188-190, 1994. ISSN 1365-2168.

REEVES, G. V. et al. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. **Journal of applied physiology**, v. 101, n. 6, p. 1616-1622, 2006. ISSN 8750-7587.

RIDLEN, G. Pulse oximetry: a historical perspective. **J Respiratory Care Practitioners**, v. 11, p. 47-50, 1998.

SATO, Y. The history and future of KAATSU training. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2005. ISSN 1349-4562.

SCHIAFFINO, S.; REGGIANI, C. Myosin isoforms in mammalian skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, v. 77, n. 2, p. 493-501, 1994. ISSN 8750-7587.

SCHOENFELD, B. J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2857-2872, 2010. ISSN 1064-8011.

SCHONBERGER, R. B. et al. Handheld doppler to improve pulse checks during resuscitation of putative pulseless electrical activity arrest. **Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists**, v. 120, n. 4, p. 1042-1045, 2014. ISSN 0003-3022.

SCOTT, B. R. et al. Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development. **Sports medicine**, v. 45, n. 3, p. 313-325, 2015. ISSN 0112-1642.

SEVERINGHAUS, J. W.; HONDA, Y. History of blood gas analysis. VII. Pulse oximetry. **Journal of clinical monitoring**, v. 3, n. 2, p. 135-138, 1987. ISSN 0748-1977.

SIELJACKS, P. et al. Body position influences arterial occlusion pressure: implications for the standardization of pressure during blood flow restricted exercise. **European journal of applied physiology**, v. 118, n. 2, p. 303-312, 2018. ISSN 1439-6319.

SMILES, W. J. et al. Acute low-intensity cycling with blood-flow restriction has no effect on metabolic signaling in human skeletal muscle compared to traditional exercise. **European journal of applied physiology**, v. 117, n. 2, p. 345-358, 2017. ISSN 1439-6319.

SPANGENBURG, E. E. et al. A functional insulin-like growth factor receptor is not necessary for load-induced skeletal muscle hypertrophy. **The Journal of physiology**, v. 586, n. 1, p. 283-291, 2008. ISSN 0022-3751.

TAKADA, S. et al. Low-intensity exercise can increase muscle mass and strength proportionally to enhanced metabolic stress under ischemic conditions. **Journal of applied physiology**, v. 113, n. 2, p. 199-205, 2012. ISSN 8750-7587.

TAKARADA, Y. et al. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. **Journal of applied physiology**, v. 88, n. 1, p. 61-65, 2000. ISSN 1522-1601.

TAKARADA, Y.; TAKAZAWA, H.; ISHII, N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n. 12, p. 2035-2039, 2000. ISSN 0195-9131.

TAKARADA, Y. et al. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. **Journal of applied physiology**, v. 88, n. 6, p. 2097-2106, 2000. ISSN 1522-1601.

TANIMOTO, M.; MADARAME, H.; ISHII, N. Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise: Comparison between "KAATSU" and other types of regimen. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, n. 2, p. 51-56, 2005. ISSN 1349-4562.

TENNENT, D. J. et al. Blood flow restriction training after knee arthroscopy: a randomized controlled pilot study. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 27, n. 3, p. 245-252, 2017. ISSN 1050-642X.

TREMPER, K. K. Pulse oximetry. **Chest**, v. 95, n. 4, p. 713-715, 1989. ISSN 0012-3692.

URCELAY, M. et al. Pulse oximetry: an additional tool in the assessment of patients with leg ulcers. **British Journal of Dermatology, Supplement**, v. 141, p. 65, 1999. ISSN 0366-077X.

WEIR, J. P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. **Journal of strength and conditioning research**, v. 19, n. 1, p. 231, 2005. ISSN 1064-8011.

WILLIAMS, N. et al. The Effect of Ischemic Preconditioning on Maximal Swimming Performance. **Journal of strength and conditioning research**, 2018. ISSN 1064-8011.

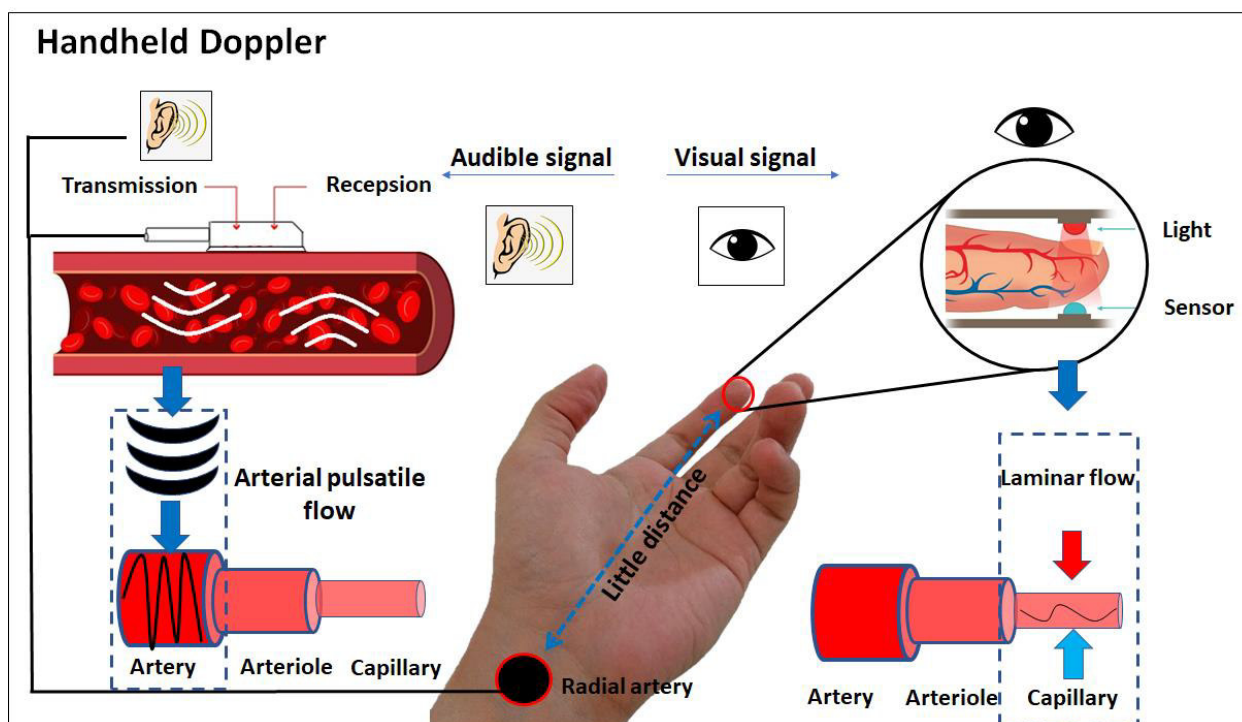
WILSON, J. M. et al. Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 11, p. 3068-3075, 2013. ISSN 1064-8011.

YANAGISAWA, O.; FUKUTANI, A. Effects of low-load resistance exercise with blood flow restriction on intramuscular hemodynamics, oxygenation level and water content. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, 2017. ISSN 0022-4707.

YASUDA, T. et al. Muscle activation during low-intensity muscle contractions with restricted blood flow. **Journal of sports sciences**, v. 27, n. 5, p. 479-489, 2009. ISSN 0264-0414.

YASUDA, T. et al. Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 30, n. 5, p. 338-343, 2010. ISSN 1475-097X.

ZANCHI, N. E.; LANCHI, A. H. Mechanical stimuli of skeletal muscle: implications on mTOR/p70s6k and protein synthesis. **European journal of applied physiology**, v. 102, n. 3, p. 253-263, 2008. ISSN 1439-6319.

Figure 1**Figure 1.** Blood flow capturing by handheld doppler and pulse oximeter: similarities and differences.**Table 1.** Physical characteristics of subjects

Variable	n = 70
Sex	
Men	33
Women	37
Age (years)	23.26 ± 3.5
Height (m)	1.67 ± 0.1
Weight (kg)	67.28 ± 13.53
Arm circumference (cm)	28.83 ± 4.04
BMI (kg/m ²)	23.91 ± 3.39
SBP (mmHg)	120.13 ± 12.67
DBP (mmHg)	71.17 ± 8.07
Heart rate	70.26 ± 11.48

Values are shown as the means ± standard deviations. n = number of subjects; BMI: Body

mass index; SBP: Systolic blood pressure;
DBP: Diastolic blood pressure;

Figure 2

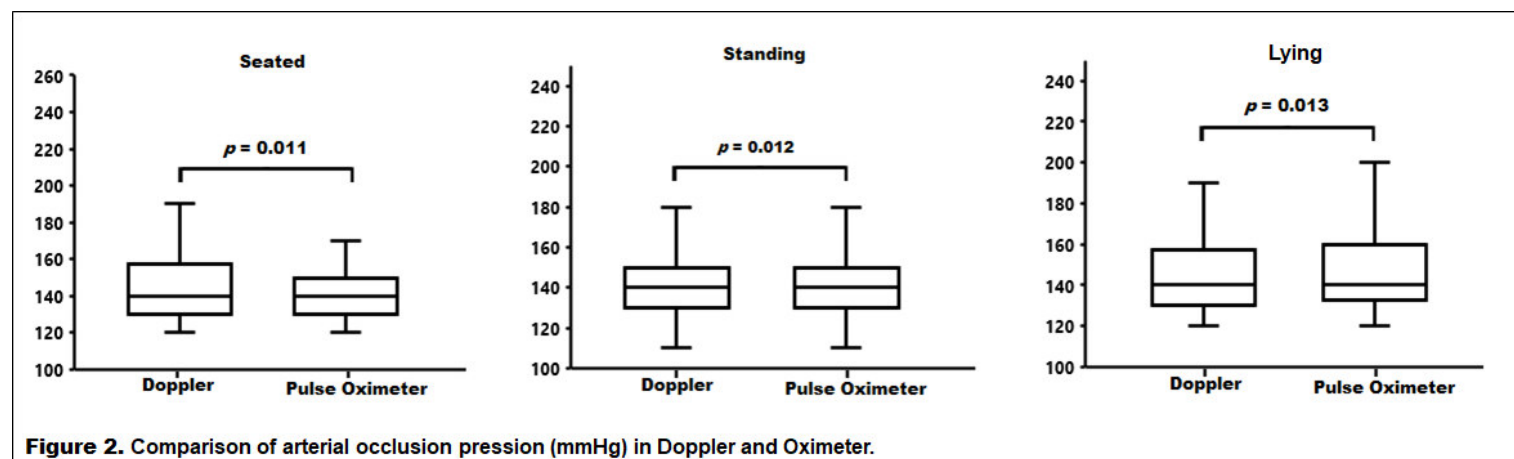


Figure 3

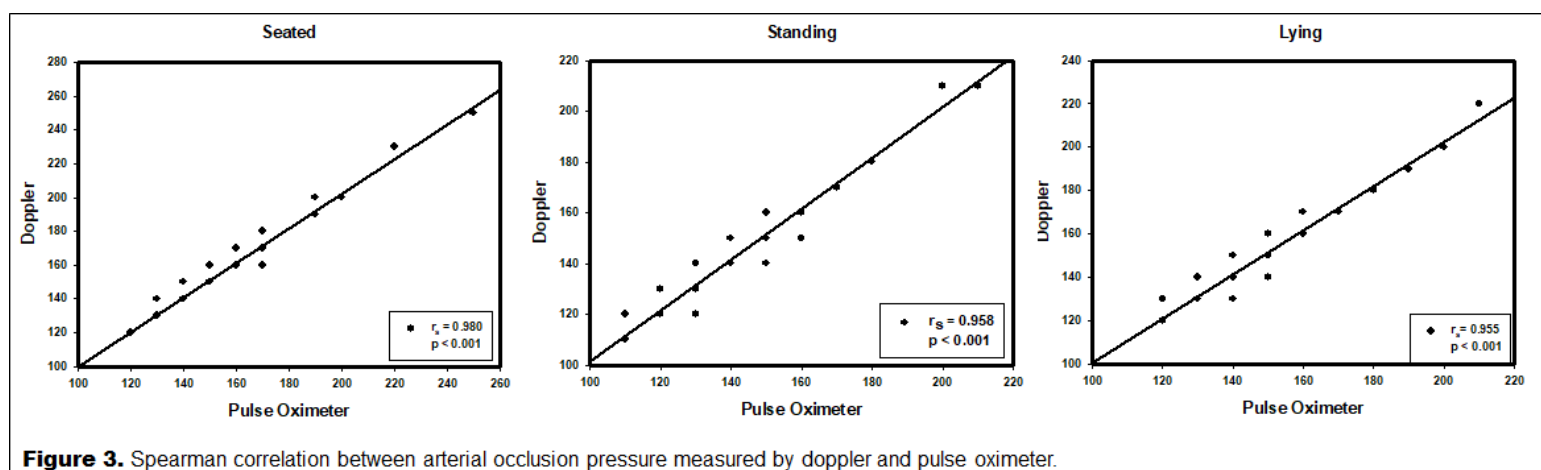


Table 2. Cross-tabulation between Doppler and Pulse Oximeter AOP by 75th percentile in all positions.

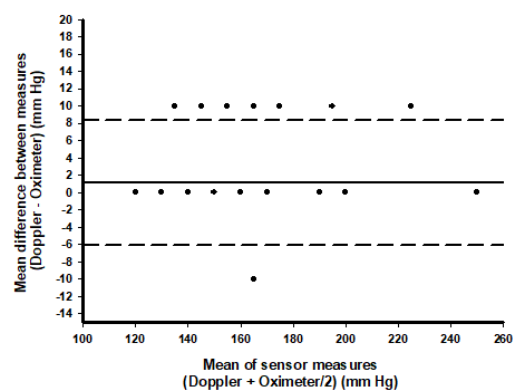
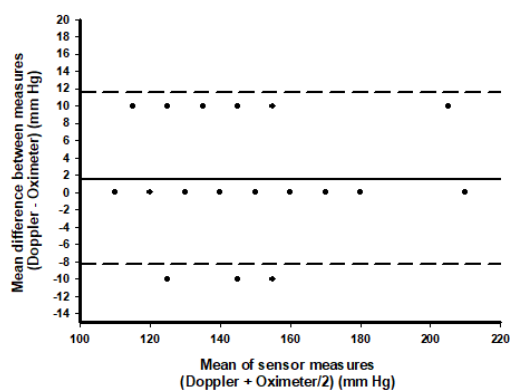
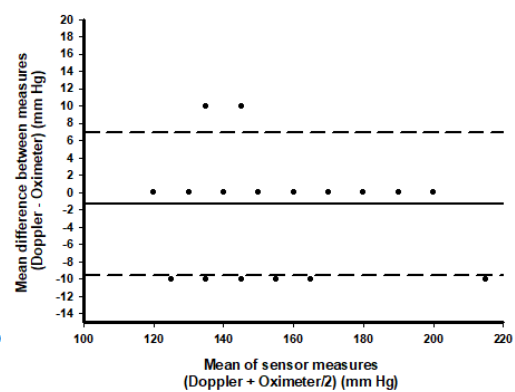
Seated	Doppler	Total
--------	---------	-------

		<P75	>P75	n = 70
Pulse Oximeter	<P75	52 (74.3%)	1 (1.4%)	53 (75.7%)
	>P75	0 (0%)	17 (24.3%)	17 (24.3%)
	Total	52 (74.7%)	18 (25.7%)	
Standing		Doppler		Total
		<P75	>P75	
Pulse Oximeter	<P75	51 (72.9%)	2 (2.9%)	53 (75.7%)
	>P75	2 (2.9%)	15 (21.4%)	17 (24.3%)
	Total	53 (75.7%)	17 (24.3%)	
Standing		Doppler		Total
		<P75	>P75	
Pulse Oximeter	<P75	51 (72,9%)	0 (0%)	51 (72.9%)
	>P75	1 (1.4%)	18 (25.7%)	19 (27.1%)
	Total	52 (74.3%)	18 (25.7%)	

Supplemental material

Bland-Altman analysis

Intending to measure the agreement between handheld doppler and pulse oximeter, Bland-Altman analyses was made but not showed in the mean results because of our sphygmomanometer equipment sensitivity. Occurs that we are able to inflate the pneumatic cuffs in scale by 10 to 10 mmHg, what leads that differences between methods, when they happened, to be a 10 mmHg difference. Thus, in Bland-Altman plots put our results, in many times, above the superior or inferior limit of agreement (LoA), since the plot is done in linear progression and our data in scalar progression, as we show in the Figure 1 – supplemental material.

Figure 1 – supplemental material.**Seated****Standing****Lying**

ANEXOS

ANEXO I - IPAQ

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA – VERSÃO



Nome: _____

Data: ____/____/____ Idade : ____ Sexo: F () M ()

As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez.

1a Em quantos dias da última semana você **CAMINHOU** por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**?

horas: _____ Minutos:

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**)

dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

horas: _____ Minutos:

3a Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por

pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

3b Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia?**

horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um **dia de semana?**

_____ horas _____ minutos

4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um **dia de final de semana?**

_____ horas _____ minutos

ANEXO II – PAR-Q**PAR-Q**

Physical Activity Readiness Questionnaire
QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA
www.bang.com.br

Este questionário tem objetivo de identificar a necessidade de avaliação clínica e médica antes do início da atividade física. Caso você marque um SIM, é fortemente sugerida a realização da avaliação clínica e médica. Contudo, qualquer pessoa pode participar de uma atividade física de esforço moderado, respeitando as restrições médicas.

O PAR-Q foi elaborado para auxiliar você a se auto-ajudar. Os exercícios praticados regularmente estão associados a muitos benefícios de saúde. Completar o PAR-Q representa o primeiro passo importante a ser tomado, principalmente se você está interessado em incluir a atividade física com maior frequência e regularidade no seu dia a dia.

O bom senso é o seu melhor guia ao responder estas questões. Por favor, leia atentamente cada questão e marque SIM ou NÃO.

SIM NÃO

- ☐ ☐ 1. Alguma vez seu médico disse que você possui algum problema cardíaco e recomendou que você só praticasse atividade física sob prescrição médica?
- ☐ ☐ 2. Você sente dor no tórax quando pratica uma atividade física?
- ☐ ☐ 3. No último mês você sentiu dor torácica quando não estava praticando atividade física?
- ☐ ☐ 4. Você perdeu o equilíbrio em virtude de tonturas ou perdeu a consciência quando estava praticando atividade física?
- ☐ ☐ 5. Você tem algum problema ósseo ou articular que poderia ser agravado com a prática de atividades físicas?
- ☐ ☐ 6. Seu médico já recomendou o uso de medicamentos para controle da sua pressão arterial ou condição cardiovascular?
- ☐ ☐ 7. Você tem conhecimento de alguma outra razão física que o impeça de participar de atividades físicas?

Declaração de Responsabilidade

Assumo a veracidade das informações prestadas no questionário “PAR-Q” e afirmo estar liberado(a) pelo meu médico para participação em atividades físicas.

Nome do(a) participante: _____