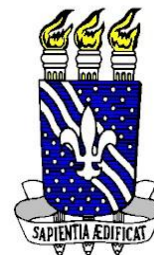




UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
EDUCAÇÃO FÍSICA UPE/UFPB
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA



JULIO CESAR GOMES DA SILVA

RESPOSTAS METABÓLICAS DURANTE E APÓS SESSÕES DE
EXERCÍCIO AERÓBIO DE BAIXA INTENSIDADE COM RESTRIÇÃO DE
FLUXO SANGUÍNEO E INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE

JOÃO PESSOA-PB

2018

JULIO CESAR GOMES DA SILVA

**RESPOSTAS METABÓLICAS DURANTE E APÓS SESSÕES DE
EXERCÍCIO AERÓBIO DE BAIXA INTENSIDADE COM RESTRIÇÃO DE
FLUXO SANGUÍNEO E INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE**

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Programa Associado de Pós-
Graduação em Educação Física
UPE/UFPB como requisito para
obtenção do título de Mestre em
Educação Física.

Área de Concentração: Saúde, Desempenho e Movimento Humano

Linha de Pesquisa: Cineantropometria e Desempenho Humano

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria do Socorro Cirilo de Sousa

JOÃO PESSOA-PB

2018

S586r Silva, Julio Cesar Gomes da.

Respostas metabólicas durante e após sessões de
exercício aeróbio de baixa intensidade com restrição de
fluxo sanguíneo e intervalado de alta intensidade /

Julio Cesar Gomes da Silva. - João Pessoa, 2018.

90 f. : il.

Orientação: Maria do Socorro Cirilo de Sousa.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCS.

1. Educação física. 2. Respostas metabólicas -
Exercício aeróbico. 3. Metabolismo energético. I.
Sousa, Maria do Socorro Cirilo de. II. Título.

UFPB/BC

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA UPE-UFPB
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

A Dissertação **Respostas Metabólicas Durante e Após Sessões de Exercício Aeróbio de Baixa Intensidade com Restrição de Fluxo Sanguíneo e Intervalado de Alta Intensidade.**

Elaborada por Júlio César Gomes da Silva

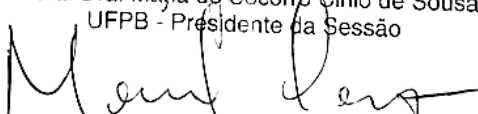
Foi julgada pelos membros da Comissão Examinadora e aprovada para obtenção do título de MESTRE EM EDUCAÇÃO FÍSICA na Área de Concentração: Saúde, Desempenho e Movimento Humano.

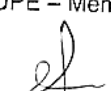
Data: 01 de março de 2018


Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva
Coordenador – UFPB

BANCA EXAMINADORA:


Profa. Dra. Maria do Socorro Cirilo de Sousa
UFPB - Presidente da Sessão


Prof. Dr. Manoel da Cunha Costa
UPE – Membro Interno


Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva
UTFPR – Membro Externo

DEDICATÓRIA

À minha família e ao nosso Deus

AGRADECIMENTOS

A Deus que está comigo em todos os momentos e me proporcionou realizar este sonho, me dando ânimo por meio de muitos momentos felizes e forças para enfrentar todas as dificuldades que surgiram pelo caminho me fazendo chegar até aqui;

A minha mãe e meu pai, Janeide Gomes Neves da Silva e Eudson Gomes da Silva por sempre estarem comigo nos momentos mais especiais e difíceis da minha vida, por todo o incentivo, amor, carinho e apoio para que esse momento se tornasse realidade;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo incentivo financeiro concedido a pesquisa;

Aos meus familiares, Avós maternos Maria Gomes das Neves e Joaquim Noberto da Silva (Nego), Avós paternos Valmira de Andrade e Lourival Gomes (in memoriam), meus tios (Janilton Gomes, Janete Gomes, Rosilda), meu irmão Eudson Junior e em especial ao meu tio José Roberto Gomes pelo incentivo e torcida para que esse momento se tornasse realidade;

À minha Amiga, orientadora e professora, Dr^a Maria do Socorro Cirilo de Sousa (Titia) por contribuir para minha formação acadêmica, por acreditar e ter me dado a oportunidade lá no 2º período do curso de licenciatura em Educação física para participar como membro do Laboratório de Cineantropometria e Desempenho Humano, por todos os ensinamentos, carinho, paciência e amor que teve comigo durante todo este tempo, pelo que fez e vem fazendo por mim;

A minha namorada Kalinne Fernandes Silva pelo amor, carinho, atenção, incentivo, companheirismo e compreensão;

Ao Professor e Amigo Dr. Gilmário Ricarte Batista por todos os conselhos, pela ajuda e incentivo para elaboração deste estudo, meu muito obrigado por tudo que fez e vem fazendo por mim e a professora Dr^a Fátima Wanderley por

acreditar em mim e ter me indicado à minha orientadora para que eu pudesse participar de um grupo de pesquisa;

Aos professores da Banca examinadora Manoel da Cunha Costa meu muito obrigado pela abertura do Laboratório de Performance Humana [LaPh] para realização das análises bioquímicas e ao professor Adriano Eduardo Lima da Silva pela disseminação do conhecimento e respostas fornecidas, perante dúvidas durante esta jornada;

Ao professor Dr. Michael Bembem (University of Oklahoma - Dept. of Health & Exercise Science), pelo exemplo de humildade, pela disseminação do conhecimento e respostas fornecidas perante dúvidas durante a elaboração desta pesquisa;

Ao professor Dr. Rodrigo Ramalho Aniceto (IFCE) pela disseminação do conhecimento e respostas fornecidas perante dúvidas durante a elaboração desta pesquisa;

Aos meus amigos e colegas de curso do mestrado e doutorado da UPE-UFPB e UFRN pelas discussões, descontração, incentivo, coleguismo e contribuição direta ou indireta para formulação da dissertação;

Aos meus amigos do Laboratório de Cineantropometria e Desempenho Humano (LABOCINE) da Universidade Federal da Paraíba Joamira Araujo, Eduardo Domingos, Gabriel Rodrigues, Adenilson Junior, Piettra Moura, Valbério Araújo, Juliana Cirilo, Hidayane Gonçalves, Geraldo Veloso, Leandro Oliota, Thiago Siqueira, Elisio Pereira, Wanessa Kelly obrigado a todos pelo apoio, amizade e momentos de aprendizado;

A Prof^a Dra. Caliandra Maria Bezerra Luna Lima do departamento de Fisiologia e Patologia do CCS-UFPB, ao Prof^o Dr. João Vianey do departamento de Farmácia do CCS-UFPB e ao Prof^o Dr. Alexandre Sérgio pela assistência para as análises bioquímicas e respostas fornecidas perante dúvidas durante a elaboração desta pesquisa;

A todos os voluntários da pesquisa, os atletas do Barcelona Futsal e Espectros Football Americano pela paciência durante a realização do estudo e contribuição para a ciência e formulação desta pesquisa;

Aos alunos de iniciação científica (Leonardo Leandro, Abynoã Lima, Amanda Rodrigues) e os co-orientandos dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Educação Física (Alex Souza e Herberson Barbosa) que foram fundamentais na coleta de dados e materialização desta pesquisa. Além das discussões, incentivos e tamanha dedicação fornecida a este trabalho;

A todos os professores do curso de Mestrado e Doutorado do Programa de Pós-Graduação em educação Física da UPE-UFPB por todo o conhecimento e ensinamento necessário para minha formação;

A todos os funcionários do Departamento de Educação Física e do Centro de Ciências de Saúde que me ajudaram durante esse processo de formação acadêmica;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo incentivo financeiro concedido aos estudantes.

Ao secretário local do PAPGEF UPE/UFPB, Ricardo da Silva Melo, pela disponibilidade e informações necessárias para o bom encaminhamento dos alunos.

E a todos que contribuíram e torceram por este momento...
MEU MUITO OBRIGADO!

“Só sei que nada sei”
Sócrates

“O sucesso é uma consequência e não um objetivo”
Gustave Flaubert

RESUMO

Introdução: O exercício aeróbio combinado à restrição de fluxo sanguíneo (EA+RFS) tem sido utilizado como uma alternativa aos métodos tradicionais de treinamento de alta intensidade, porém, no que concerne as respostas metabólicas, tem se verificado que a falta de padronização nos protocolos de observação das pesquisas com EA+RFS tem resultado em conclusões limitadas, no consumo excessivo de oxigênio pós-esforço (EPOC), no gasto energético e na utilização de substrato energético durante e após sessões de treinamento.

Objetivo: analisar as respostas metabólicas durante e após sessões de exercício aeróbio (EA) de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo (RFS) e intervalado de alta intensidade. **Materiais e Métodos:** trata-se de uma

pesquisa quase-experimental com delineamento cruzado (cross over) e aleatorizado, a amostra foi composta por vinte e dois atletas recreacionais (idade: $24,2 \pm 2,8$ anos; massa corporal: $75,2 \pm 8,2$ kg; estatura: $176,6 \pm 5,6$ cm; índice de massa corporal: $24,1 \pm 1,9$ kg/m²; e gordura corporal: $15,6 \pm 5,1$ %), foram submetidos a quatro condições experimentais com *wash out* de sete dias entre as mesmas: 1) CC+RFS – caminhada contínua a 40% do consumo pico de oxigênio (VO_{2pico}) com 50% de RFS, 2) CC - caminhada continua a 40% do VO_{2pico}, 3) EIAI – exercício intervalado de alta intensidade com seis séries de 90 segundos a 80% do VO_{2pico} e intervalo ativo de 90 segundos de caminhada a 40% do VO_{2pico} e 4) RFS – apenas a aplicação da técnica da RFS sem realização de exercício. Os protocolos experimentais tiveram a duração de 18 minutos. O ar expirado foi coletado durante 5 minutos antes do início das sessões (repouso), durante os protocolos (18 minutos) e até 60 minutos após o término da sessão. O gasto energético aeróbio da sessão foi mensurado pela calorimetria indireta e o EPOC por meio do VO₂, já o QR durante e pós sessão foi mensurado por meio da razão da produção de dióxido de carbono pelo consumo de oxigênio. **Resultados:** verificou-se que o GEA no protocolo EIAI foi significativamente maior que o protocolo CC+RFS, CC e TRFS ($p < 0,05$), durante a sessão de exercício (18 minutos), no entanto, pós sessão não houveram diferenças significativas entre o protocolo EIAI vs. CC+RFS ($p > 0,05$). Observou-se interação significativa entre protocolo x tempo, no protocolo e no tempo para as variáveis da FC, VO₂, QR e EPOC ($p < 0,001$). Na interação protocolo, após análise post hoc verificou-se que a FC, VO₂, QR no protocolo de EIAI foi

significativamente maior que os protocolos de CC+RFS; CC e TRFS ao longo dos 18 minutos da sessão. No EPOC não houve diferença significativa entre o EIAI e CC+RFS, no entanto ambos os protocolos foram significativamente maiores que a CC e a TRFS até o 20º minuto pós sessão. **Conclusão:** o protocolo CC+RFS proporcionou um gasto energético e um EPOC maior do que em uma sessão com a mesma intensidade sem RFS.

Palavras-chave: exercício aeróbio, metabolismo energético, restrição de fluxo sanguíneo

ABSTRACT

Introduction: aerobic exercise combined with blood flow restriction (AR+BFR) is being used as an alternative to the traditional high intensity training methods, however, regarding metabolic responses, it was verified that the lack of a standardized protocols on the researches with AR+BFR leads to limited conclusions on the excess post-exercise oxygen consumption (EPOC), energy expenditure and the use of energy subtract during and after training sessions.

Aim: analyze the aerobic responses during and after exercise sessions of low intensity aerobic exercise (AE) with blood flow restriction (BFR) and high intensity interval training.

Materials and methods: it is a quasi-experimental research with a cross over and randomized design, the sample was composed by twenty-two recreational athletes (age: 24.2 ± 2.8 years; body weight: 75.2 ± 8.2 kg; height: 176.6 ± 5.6 cm; body mass index: 24.1 ± 1.9 kg/m²; e body fat: 15.6 ± 5.1 %), they underwent four experimental conditions with a seven-day washout between them: 1) CW+BFR – continuous walking at 40% of oxygen consumption peak (VO_{2peak}) with 50% of BFR; 2) CW - continuous walking at 40% of VO_{2peak} ; 3) HIIT – high intensity interval training with six series of 90 seconds at 80% of VO_{2peak} and active interval of 90 seconds of walking at 40% of VO_{2peak} ; and BFR – only the application of BFR technique without performing exercise. The experimental protocols had a time length of 18 minutes. The air was collected for 5 minutes before the sessions (rest), during protocols (18 minutes) and until 60 minutes after the end of the session. The aerobic energy expenditure of the session was measured by indirect calorimetry and the EPOC by the VO_2 , the QR during and after sessions was assessed by the relation between carbon dioxide production and oxygen consumption. **Results:** it was verified that aerobic energy expenditure on the HIIT protocol was significantly higher than the CW+BFR, CW and BFR ($p < 0.05$) during exercise sessions (18 minutes), however, after exercise there were not significant differences between the HIIT and CW+BFR protocols ($p > 0.05$). It was observed significant interaction between protocol x time, on the protocol and time ($p < 0.001$) for the HR, VO_2 , QR and EPOC, after post-hoc analysis it was verified that the higher mean values were observed on the HIIT and CW+BFR protocols. **Conclusion:** the CW+BFR protocol promoted a higher

energy expenditure than a session with the same intensity without BFR and a similar EPOC magnitude to the high intensity interval training.

Key-words: aerobic exercise, energy metabolism, blood flow restriction

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Página

Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção	27
Figura 2 - Descrição do desenho do estudo	51
Figura 3 - Procedimentos da medida clínica do I. T. B	52
Figura 4 - Determinação da restrição de fluxo sanguíneo	53
Figura 5 - Avaliação da composição corporal	54
Figura 6 - Teste de esforço máximo na esteira	55
Figura 7 - Avaliação da taxa metabólica de repouso	56
Figura 8 - Protocolo experimental	57
Figura 9 – Curva da primeira fase de recuperação do VO_2	62
Figura 10 - Curva cinética do Epoc após sessões experimentais	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese dos estudos que avaliaram o efeito agudo e crônico do EA+RFS nas variáveis metabólicas	34
Tabela 2 – Síntese dos estudos que avaliaram o efeito agudo e crônico do EA+RFS nas variáveis neuromusculares	44
Tabela 3 – Síntese dos estudos que avaliaram o efeito agudo do EA+RFS nas variáveis hemodinâmicas	48
Tabela 4 – Gasto energético aeróbio durante as sessões de treino	64
Tabela 5 – Consumo de oxigênio durante as sessões experimentais.....	65
Tabela 6 – Frequência cardíaca durante as sessões experimentais.....	66
Tabela 7 – Análise quociente respiratório durante as sessões experimentais ...	68
Tabela 8 – Análise do quociente respiratório após as sessões experimentais ...	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EA- Exercício aeróbio

RFS- Restrição de fluxo sanguíneo

EA+RFS – Exercício aeróbio combinado com restrição de fluxo sanguíneo

VO₂- Consumo de oxigênio

VO_{2max}- Consumo máximo de oxigênio

VO_{2pico}- Pico de volume do consumo de oxigênio

TMB- Taxa metabólica basal

TMR- Taxa metabólica de repouso

GEA- Gasto energético aeróbio

RER- Razão de troca respiratória

QR- Quociente respiratório

FC- Frequência cardíaca

Pmax- Potência máxima

FC_{máx} - Frequência cardíaca máxima

mmHg- Milímetros de mercúrio

rpm- Rotações por minuto

Km/h- Quilometro por hora

GH- Hormônio de crescimento

Akt- Proteína quinase

EPOC – Excesso de consumo de oxigênio

EIAI - Exercício intervalado de alta intensidade

TRFS- técnica da restrição de fluxo sanguíneo sem exercício

CC- Caminhada contínua

CC+RFS – Caminhada contínua combinado a restrição de fluxo sanguíneo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1. 1 Hipóteses	21
1. 1. 1 <i>Substantiva</i>	21
1. 1. 2 <i>Estatística</i>	21
1. 2 Objetivos	22
1. 2. 1 <i>Geral</i>	22
1. 2. 2 <i>Específicos</i>	22
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
2.1 O GASTO ENERGÉTICO: ASPECTOS CONCEITUAIS.....	23
2.2 ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO AERÓBIO E UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATO ENERGÉTICO PELA CALORIMETRIA INDIRETA	24
2.3 CONSUMO EXCESSIVO DE OXIGÊNIO PÓS-EXERCÍCIO	25
2.4 TÉCNICA DA RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEA.....	26
2.4.1 Conceito	26
2.4.2 Surgimento da técnica da restrição de fluxo sanguínea.....	26
2.4.3 Mecanismos fisiológicos envolvidos no exercício com restrição de fluxo sanguíneo	28
2.5 O EXERCÍCIO AERÓBIO COMBINADO A RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEA NAS VARIÁVEIS METABÓLICAS, NEUROMUSCULARES E HEMODINÂMICA	29
2. 5. 1 Exercício aeróbio + RFS nas variáveis metabólicas.....	31
2. 5. 2 Exercício aeróbio + RFS nas variáveis neuromusculares	40
2. 5. 3 Exercício aeróbio + RFS nas variáveis hemodinâmicas.....	49
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	54
3. 1 Caracterização do estudo.....	54
3. 2 Amostra	54
3. 3 Procedimentos éticos	55
3. 4 Desenho do estudo	55
3. 5 Procedimentos	56
3. 5. 1 Índice Tornozelo Braquial (ITB).....	56
3. 5. 2 Determinação da restrição de fluxo sanguíneo	57
3. 5. 3 Antropometria e composição corporal	57
3. 5. 4 Avaliação da capacidade cardiorrespiratória.....	58
3. 5. 5 Avaliação da taxa metabólica de repouso	59
3. 5. 6 Protocolos experimentais	60
3. 5. 7 Estimativa do gasto energético aeróbio nos protocolos experimentais	62
3. 5. 8 Avaliação do consumo excessivo de oxigênio pós-exercício	63
3. 5. 9 Análise estatística	63
4 RESULTADOS	63
5 DISCUSSÃO	70
6 CONCLUSÃO.....	75
7 REFERÊNCIAS.....	75

ANEXOS
APÊNDICES

1 INTRODUÇÃO

O colégio americano de medicina do esporte preconiza que os indivíduos adultos realizem exercícios aeróbios que demandem um gasto calórico entre 1200-2000 kcal por semana para que obtenham melhora do condicionamento físico e reduzam o risco de doenças cardiometabólicas (AINSWORTH et al., 2000; GARBER et al., 2011). No entanto, apesar do EA se configurar como um recurso coadjuvante para promoção e manutenção da saúde e como uma ferramenta eficiente para melhora do condicionamento físico de indivíduos saudáveis e em situações especiais, tem se verificado que muitas pessoas vêm adotando um estilo de vida sedentário, devido a uma falta de tempo dentro de suas rotinas diárias (TROST et al., 2002, TAHARA et al., 2003; THOMAZ et al., 2010; DUARTE et al., 2012), acarretando em um menor dispêndio energético diário.

Diante disso, com a finalidade de atrair estas pessoas devido a uma redução do tempo de sessões de treinamento e pela ideia de que ocorre um elevado gasto energético durante e após a sessão de exercício, recentemente vem sendo bastante utilizado um método de treino denominado exercício intervalado de alta intensidade (EIAI), que consiste na realização de estímulos vigorosos com intervalos passivos ou ativos e em curta duração (BUCHHEIT; LAURSEN, 2014). Estudos recentes reportam que o EIAI tem sido capaz de promover aumentos da capacidade cardiorrespiratória ($VO_{2máx}$) (SANTOS, 2004; ASTORINO et al., 2011), devido ao aumento da atividade da síntese de citrato (BURGOMASTER; HEIGENHAUSER; GIBALA, 2006), e proporcionam uma maior elevação do consumo excessivo de oxigênio após o exercício (EPOC) quando comparada a um treino contínuo de alta intensidade (80% da FC_{pico}) (TUCKER; ANGADI; GAESSER, 2016).

Contudo, apesar do EIAI ser considerado atraente devido a melhorias no desempenho físico e pela redução do tempo de treino, as sessões realizadas em esteiras com intensidades relativamente altas podem não ser adequadas para diversas populações como idosos sedentários, obesos ou atletas em processo de reabilitação de lesão ortopédicas, devido aos altos impactos nas articulações que geram um elevado estresse mecânico. Diante disso, acredita-se que uma possível alternativa ao exercício aeróbio tradicional e intervalado de alta intensidade é um método de treino denominado exercício aeróbio (caminhada

ou ciclismo) combinado a técnica da restrição de fluxo sanguínea (RFS) que é realizado entre 20-40% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e curta duração, e consiste na utilização de manguitos infláveis ou faixas elásticas posicionados na região proximal da musculatura exercitada promovendo significativas mudanças na atividade neuromotora e no ambiente intramuscular (POPE et al., 2013). De fato, existem evidências que este método de treinamento aeróbio cronicamente promove aumento da força e hipertrofia (ABE et al., 2006; ABE et al., 2010, OZAKI et al., 2011; KIM et al., 2016) e da capacidade cardiorrespiratória (ABE et al., 2010; TAYLOR et al., 2016) e proporciona uma melhora no tempo de exaustão em exercício realizado no domínio severo (CORVINO et al. 2014) e na potência máxima (OLIVEIRA et al., 2015) em indivíduos jovens saudáveis, atletas e idosos.

Nessa perspectiva, alguns estudos reportam o efeito agudo do EA+RFS nas respostas metabólicas, tais como, o gasto energético aeróbio, o quociente respiratório e o EPOC (LOENNEKE et al., 2011; MENDONCA et al., 2014; MENDONCA et al., 2015), e constataram que uma caminhada intervalada com RFS proporciona uma maior demanda energética durante e após uma sessão com a mesma intensidade sem RFS, possivelmente isto ocorre devido ao aumento da atividade e do recrutamento de fibras musculares das pernas com a RFS gerados pela redução da oferta de oxigênio e por um subsequente acúmulo de metabólitos durante a realização do exercício com RFS (MOORE et al., 2004; TAKARADA, TAKAZAWA et al., 2000).

Entretanto, no estudo de Loenneke et al. (2011) os sujeitos caminharam com faixas elásticas na coxa para restringir o fluxo sanguíneo e com uma velocidade constante mantida em 75m/min, e no estudo de Mendonca et al. (2015) todos os sujeitos caminharam com uma pressão de RFS severa de 200 mmHg, podendo não ser viável para determinadas populações. Apesar dos estudos demonstrarem que o EA+RFS eleva o GE e o EPOC maior do que em um exercício com a mesma intensidade sem RFS, percebe-se que não existe uma prescrição de exercício individualizada por sujeito e não consideraram o EPOC durante o exercício (intervalos passivos), assim, todos estes fatores em conjunto podem ter influenciado nos resultados encontrados nestas investigações.

Sendo assim, percebe-se que a falta de uma padronização nos protocolos de observação das pesquisas, ocasionam uma falha nas comparações, resultando em conclusões limitadas sobre o efeito do EA+RFS nas respostas metabólicas (LOENNEKE et al., 2011; MENDONCA et al., 2015). Contudo, é evidente que o EA, promove alterações em respostas metabólicas, sendo esta um componente chave da prescrição do EA, especialmente em situações que o indivíduo busca modular a massa corporal (redução ponderal).

Nesta perspectiva, a partir de conhecimentos produzidos pela cineantropometria que fornece os meios de mensurar as variáveis que manifestam as características morfológicas, metabólicas e neuromusculares, este estudo traz como diferencial a realização de uma caminhada contínua combinada a uma RFS prescrita e individualizada por sujeito e uma comparação com exercício aeróbio de baixa intensidade sem RFS e intervalado de alta intensidade para verificar as respostas metabólicas durante e após sessões de treinamento.

1. 1 Hipóteses

1. 1. 1 Substantiva

A hipótese do presente estudo é que uma caminhada contínua com RFS promoveria alterações nas respostas metabólicas semelhante a um treino intervalado de alta intensidade, devido ao aumento do estresse metabólico gerado por este método de treinamento.

1. 1. 2 Estatística

Considerando como critério de rejeição e aceitação o nível de significância de $p \leq 0,05$, as hipóteses são descritas na forma nula (H_0) e experimental (H_E)

H_0 : não existe diferença significativa nas respostas metabólicas entre o exercício aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo e o intervalado de alta intensidade;

HE: existe diferença significativa nas respostas metabólicas entre os exercícios aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo e intervalado de alta intensidade.

1. 2 Objetivos

1. 2. 1 Geral

Analisar as respostas metabólicas durante e após sessões de exercício aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo e intervalado de alta intensidade.

1. 2. 2 Específicos

- Estimar e comparar o gasto energético aeróbio antes, durante e após sessões de exercício aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo e intervalado de alta intensidade;
- Verificar e comparar a curva cinética do EPOC após sessões de exercício aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo e intervalado de alta intensidade;
- Identificar o substrato energético utilizado durante e após sessões de exercício aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo e intervalado de alta intensidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O GASTO ENERGÉTICO: ASPECTOS CONCEITUAIS

Uma das principais formas de caracterizar o exercício e de melhorar a eficiência na especificidade para prescrição do treinamento físico é por meio do perfil bioenergético durante o próprio exercício (BERTUZZI et al., 2013). Segundo Marchini et al. (2005), o gasto energético diário (GED) é composto por 3 componentes: a taxa metabólica basal (TMB), o efeito térmico do alimento (ETA) e a termogênese da atividade física (TAF). A TMB é a energia dispendida quando o indivíduo se encontra na posição supina, pela manhã, depois de dormir, ou em um estado pós-absortivo, sendo determinada, principalmente pela quantidade de massa livre de gordura e o volume corpóreo do indivíduo. Entretanto, a taxa metabólica de repouso (TMR) que é a energia dispendida em estado de repouso em qualquer hora do dia e é geralmente 10% maior que a TMB (LEVINE, 2004).

O ETA também chamado de termogênese induzida pela dieta é o aumento do gasto energético associado a digestão, absorção e armazenamento dos alimentos, sendo influenciado pela seleção dos macronutrientes da dieta (LEVINE, 2004). Dentre os componentes do GED, o mais variável é a energia utilizada para realização de atividades físicas (FOUREAUX; DE CASTRO PINTO; DÂMASO, 2006), efeito térmico do exercício (REED; HILL, 1996) ou como também denominada termogênese da atividade (TAF) (LEVINE, 2004). A diferença entre os termos está relacionada com a definição dos conceitos de atividade física e exercício físico, no qual, a primeira categoria diz respeito ao GE de qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos (jogar, dançar, caminhar e entre outros) e o segundo compreende o gasto energético GE produzido por atividades planejadas e estruturadas e repetitivas, nas quais são controladas, por exemplo, a intensidade e o volume (LEVINE, 2004).

Vale salientar que, o GE do exercício físico pode ser influenciado por diversos fatores, tais como, nível de aptidão física dos indivíduos, o tipo de exercício físico realizado (metabólico/ou tensional), pela duração e intensidade (BORSHEIM, BAHR, 2003), idade (JOHNSTONE et al., 2005), dimensão e

composição corporal (HUNTER et al., 2001), temperatura corporal (BAHR, 1992) e taxas hormonais (DAY et al., 2005; MATSUURA; MEIRELES; GOMES, 2006; KIM, 2008). No entanto, existem evidências que em indivíduos saudáveis, o GED corresponde aproximadamente a 60% a 70% do gasto diário, o ETA entre 5% e 15% e o TAF de 15% a 30%, sendo este último o componente que mais varia entre os indivíduos (LEVINE, 2004; MELO, TIRAPEGUI, RIBEIRO; 2009).

2.2 CALCULO DO GASTO ENERGÉTICO AERÓBIO E UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATO ENERGÉTICO PELA CALORIMETRIA INDIRETA

O sistema energético aeróbio ou oxidativo ocorre na mitocôndria e produz energia na presença do oxigênio (O_2) nas reações advindas do Ciclo de Krebs, cadeia do transporte de elétrons, gradientes quimiosmótico (H^+) e ATPases ligada a membrana (SCOTT; DJURISIC, 2008). Este sistema fornece energia em sua predominância para exercícios com o VO_2 no *steady-state*, como por exemplo, exercícios contínuos em esteira e bicicleta, realizados em baixa intensidade e longa duração. Assim, este sistema responde lentamente às demandas de exercício de alta intensidade e desempenha um pequeno papel na determinação da performance de curtas durações (GASTIN, 2001).

Neste caso, para calcular o GE aeróbio, necessita-se medir o VO_2 , sabendo que apenas este sistema energético utiliza O_2 no processo de degradação dos substratos. O método mais utilizado em diferentes exercícios é a calorimetria indireta sendo a mais aconselhada, por ser não invasiva e de grande reprodutibilidade e fácil administração e analisa indiretamente a produção de calor estimando a taxa metabólica pela medida do VO_2 (FERRANNINI, 1988; SIMONSON; DEFRONZO, 1990). Por meio deste método também é possível analisar a utilização dos substratos energéticos pela razão de troca respiratória (RER) que é a razão da produção de dióxido de carbono (VCO_2) pelo consumo de oxigênio VO_2 ($RER = VCO_2/VO_2$), sendo utilizado como referência os valores de 1,00 para representar a degradação de 1 mol de carboidrato, 0,70 para gordura e 0,80 para proteínas (McARDLE et al., 2008).

A RER foi desenvolvida baseada em processos estequiométricos, referindo-se as medidas dos elementos químicos das substâncias, então por meio de cálculos estequiométricos pode-se calcular as quantidades de

substâncias que participam de uma reação química a partir das quantidades de outras substâncias envolvidas nessa reação. Mudanças no RER depende principalmente do aumento da intensidade do exercício e para que ocorra uma velocidade nesse aumento da RER depende do nível de aptidão física, intensidade do exercício e condições patológicas dos indivíduos (WASSERMAN et al., 1987). Durante e após o exercício, os valores da RER acima de 1,00 são geralmente providos de uma produção não metabólica de CO_2 , isto ocorre devido ao sistema de tamponamento do bicarbonato, onde o aumento da concentração de H^+ vai ser tamponado pelo ácido carbônico (HCO_3^-) e o excesso do dióxido de carbono (CO_2) provoca hiperventilação (JEUKENDRUP; WALLIS, 2005; SCOTT, 2011).

2.3 EXCESSO DE CONSUMO DE OXIGÊNIO PÓS-EXERCÍCIO (EPOC)

Tem verificado na literatura que após o término do exercício, o consumo de O_2 não retorna aos valores de repouso imediatamente, e essa elevada demanda energética durante o período de recuperação é definida como consumo excessivo de oxigênio após o exercício, ou ainda, excess post exercise oxygen consumption – EPOC (GAESSER; BROOKS, 1984). Do ponto de vista didático, o EPOC pode ser dividido temporalmente em três componentes: 1) fase rápida com duração de 10 segundos a alguns minutos após o término do exercício para descrever a primeira fase da recuperação do VO_2 (correspondente a fase alática); 2) fase lenta para descrever a segunda fase de recuperação do VO_2 que compreende até aproximadamente 60 minutos pós-esforço, durante o componente lento os valores de VO_2 são muito menos pronunciados, embora nessa fase ainda existam processos visando a captação de oxigênio do que os processos que ocorrem na fase rápida e a 3) fase ultra lenta para descrever a terceira fase da recuperação do VO_2 que compreende o intervalo de tempo superior a 60 minutos da recuperação até o retorno do VO_2 aos valores de repouso pré-esforço (MATSUURA, et al., 2006; LIMA-SILVA, PIRES, BERTUZZI; 2010).

Neste sentido, a causa precisa dessas respostas vem sendo elucidadas, porém, não estão bem esclarecidas, diversos mecanismos fisiológicos são apontados por GAESSER e BROOKS desde o ano de 1984 no qual poderiam

explicar o EPOC rápido, porém, LIMA-SILVA et al. (2010) apontam que uma possível contribuição quantitativa de cada um desses componentes foi determinada por um estudo experimental de Bahr (1992), em que se verifica que os principais candidatos são: ressaturação da hemoglobina e mioglobina, ressíntese de ATP e CP, remoção do lactato, aumento no gasto energético devido a temperatura corporal elevada dentre outros, no entanto, os principais são a temperatura corporal e a remoção de lactato para o exercício submáximo e remoção de lactato para o exercício supramáximo.

2.4 TÉCNICA DA RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEA

2.4.1 Conceito

A restrição de fluxo sanguínea consiste na utilização de manguitos flexíveis ou faixas elásticas posicionados na porção proximal dos membros (superiores ou inferiores) que estão sendo exercitados, promovendo uma oclusão total do fluxo venoso e uma restrição parcial do fluxo arterial (SATO, 2005; POPE et al., 2013).

2.4.2 Surgimento da técnica da restrição de fluxo sanguínea

A técnica da restrição de fluxo sanguínea surgiu em meados da década de 60, por meio de experimentações realizadas pelo médico japonês Yoshiaki Sato, determinado dia durante um evento religioso (Budista) Sato percebeu que sua perna ficou dormente devido à posição que ele se encontrava (sentado sobre as pernas enquanto estava ajoelhado), ele começou a massagear as panturrilhas e notou que o inchaço e o desconforto na região da panturrilha eram semelhantes à sensação que experimentou após a realização de um extenuante treino de força para panturrilhas. Consequentemente, Sato atribuiu este inchaço a sensação de diminuição do fluxo sanguíneo e teorizou que este inchaço poderia ter sido causado ou associado com a redução do fluxo sanguíneo no músculo (SATO, 2004a).

A partir dessa teoria, Sato começou a fazer repetitivas experimentações com esta técnica e viu-se obrigado a determinar a posição e o local que aplicaria

esta pressão, com a finalidade de reduzir o fluxo sanguíneo de uma forma ativa no músculo. Após seis meses de experimentação Sato conseguiu alcançar um elevado efeito significativo com o método denominado por ele de Kaatsu Training. Em 1967, quando Sato ainda era um estudante na faculdade, aplicou em sua rotina de treino de força imprudentemente uma extenuante pressão de restrição do fluxo sanguíneo na musculatura ativa, até que determinado dia a dormência nas pernas foi tão grave que foi hospitalizado, teve um ataque de falta de ar, foi para a sala de emergência e os médicos o diagnosticaram com embolia pulmonar.

Os médicos pediram para Yoshiaki Sato parar imediatamente com o método de treinamento Kaatsu Training, a partir daquele momento Sato continuou trabalhando incansavelmente com a finalidade de determinar a pressão adequada para o seu método de treinamento evitando que ele novamente voltasse ao hospital. Após numerosas modificações nos protocolos que ele utilizava, começou a acumular conhecimento de como a pressão de restrição de fluxo sanguíneo interagia com o treinamento, em um ano ele tinha estabelecido um método seguro e eficaz de aplicação da pressão adequada para o kaatsu training.

Em 1973, Yoshiaki Sato sofreu um acidente e fraturou os dois tornozelos, rasgando a cartilagem e o ligamento colateral medial do joelho direito, o seu ortopedista iria fazer uma cirurgia imediata, porém Sato se recusou e implorou para outro médico engessar a sua perna, confrontado com a perspectiva de atrofia muscular ele começou a utilizar o Kaatsu Training, pouco tempo após a implementação do KAATSU training, percebeu resultados positivos na sua perna. Quando a sensação de aperto era sentido na sua perna, ele reduzia a pressão. Repetiu esse processo de "pressurização e procedimento de despressurização "durante 2 semanas (SATO, 2005).

No entanto, a sua perna parecia inchada e ficou preocupado, parecia que algo estava errado com a sua perna e decidiu visitar o médico. Surpreendentemente, o seu médico ortopedista surpreendeu-se ao ver que não só a atrofia muscular típica foi impedida, mas aconteceu o efeito oposto o músculo tinha hipertrofiado, para espanto do médico Sato tinha estabelecido a técnica fundamental para KAATSU Training. Dois meses após o acidente, os moldes foram removidos e o ortopedista alegou que os ossos tinham sido

completamente fundidos e o ligamento do joelho estava restaurado (SATO, 2005). Dez anos depois o método foi generalizado para o uso em público e pela primeira vez foi utilizado um protótipo de um manguito de pressão flexível com um sensor de pressão. O método ganhou popularidade no mundo atlético entre os atletas e muitos atletas provaram a sua eficácia com a melhora dos seus desempenhos. Ao mesmo tempo, em colaboração com o professor Ishii os projetos de pesquisa começaram a surgir e em poucos anos verificaram que o método de restrição de fluxo sanguíneo combinado com o exercício de força de baixa intensidade aumentava a concentração de hormônios anabólicos no sangue, a força e hipertrofia (TAKARADA et al., 2000; TAKARADA et al., 2002). Atualmente, o método vem sendo estudado e aplicado tanto conjugado ao exercício resistido quanto no exercício aeróbico no mundo todo em diversas populações, como por exemplo, atletas, hipertensos, obesos, idosos, jovens saudáveis entre outros.

2.4.3 Mecanismos fisiológicos envolvidos no exercício com restrição de fluxo sanguíneo

A literatura mostra que durante um treino com RFS, diversos mecanismos fisiológicos podem ocorrer, tais como: (a) hipóxia devido à diminuição do fluxo sanguíneo na musculatura exercitada, consecutivamente, aumenta o recrutamento de fibras do tipo II (glicolíticas); (b) maior duração da acidose metabólica pela captura e acúmulo de prótons intramuscular (íons H^+), em que estimula a maior participação dos metaborreceptores, possivelmente desencadeando uma exagerada resposta aguda do sistema hormonal; (c) diferenças induzidas pela pressão externa na mecânica contrátil e deformação do sarcolema, resultando no aumento da expressão do fator de crescimento e sinalização intracelular; (d) adaptações metabólicas ao rápido sistema glicolítico que resultam da oferta de oxigênio comprometida; (e) produção de espécies reativas de oxigênio que promove o crescimento do tecido; (f) hiperemia reativa induzida pelo gradiente após a remoção da pressão externa, no qual induz inchaço intracelular e alonga estruturas do citoesqueleto que podem promover o crescimento do tecido e ativação de células tronco miogênicas com subsequente

fusão mionuclear com fibras musculares maduras (POPE, WILLARDSON, SCHOENFELD et al., 2013).

2.5 O EXERCÍCIO AERÓBIO COMBINADO A RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO NAS VARIÁVEIS METABÓLICAS, NEUROMUSCULARES E HEMODINÂMICA

Atualmente, tem se verificado que não existe um consenso acerca dos protocolos utilizados para realização do EA combinado a RFS que estabeleça a real efetividade deste método de treinamento nas alterações agudas e crônicas nas variáveis metabólicas, neuromusculares e hemodinâmicas. Sendo assim, este tópico da revisão de literatura apresenta os protocolos utilizados e as evidências científicas do EA combinado a RFS nas variáveis metabólicas, neuromusculares e hemodinâmicas em indivíduos atletas, obesos, jovens saudáveis e idosos.

Para identificação dos artigos foram utilizadas as bases eletrônicas *National Library of Medicine* (PubMed), Web of Science™, Scopus e o Google Scholar considerando o período de janeiro de 2000 a maio de 2017. O processo de seleção dos estudos está descrito na Figura 1. Para realização das buscas foram utilizados em inglês, os seguintes descritores/termos/operadores: (“*aerobic exercise*” OR “*cycling*” OR “*walking*”) AND (“*kaatsu*” OR “*vascular occlusion*” OR “*blood flow restriction*” OR “*kaatsu training*”). Adicionalmente, adotou-se como critério de inclusão o artigo ser original de pesquisa desenvolvida com seres humanos, publicado em periódico indexado nas bases utilizadas, amostras com faixa etária de 18 a 80 anos e que avaliassem as alterações agudas e crônicas promovidas pelo EA combinado com RFS. Não foram incluídos artigos de revisão, artigos que utilizaram protocolos com exercícios de força, bem como ponto de vista/opinião de especialistas, capítulos ou livros, estudos de validação, monografias, dissertações e teses.

Dois pesquisadores fizeram à busca de forma independente e cega e posteriormente estes achados foram confrontados e diante de alguma discordância um terceiro avaliador foi chamado com objetivo de estabelecer um consenso. Para triagem foi realizada a leitura do título e resumo dos artigos identificados. Assim, os estudos em que o título e o resumo apresentaram

informações suficientes foram obtidos. Todos os artigos foram lidos na íntegra. Foi realizada uma revisão nas referências desses artigos com intuito de identificar algum estudo potencialmente relevante que não havia sido identificado na busca eletrônica. Este estudo foi conduzido de acordo com a padronização da escala PRISMA (Liberati et al., 2009). A análise dos dados foi realizada com base em uma revisão crítica do conteúdo, utilizando os seguintes critérios: título, resumo, fundamento, objetivos, protocolo, risco de viés entre os estudos, características do estudo, resultados de estudos individuais, limitações e conclusões.

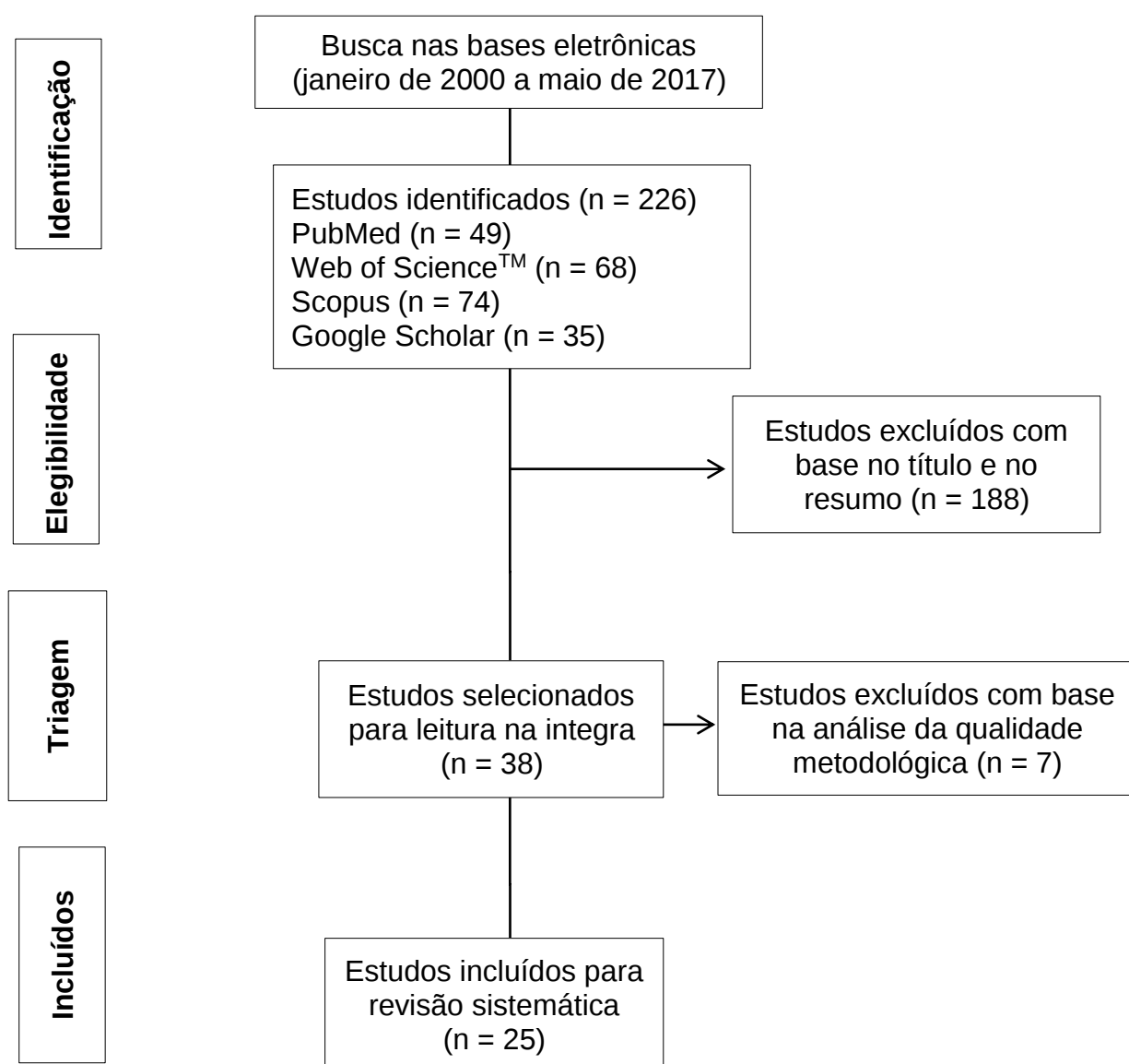


Figura 1. Fluxograma do processo de seleção do estudo

A síntese dos resultados dos artigos foi apresentada a partir de um roteiro estruturado que considerava os seguintes componentes: a) autor (ano) do estudo; b) sujeitos; c) variável; d) protocolo dos exercícios; e) intensidade; f) volume dos exercícios; g) intervalo entre as séries; h) pressão de RFS no exercício; i) tempo com a RFS; j) largura do manguito e k) principais resultados. Dos 226 artigos identificados, 188 (83,1%) foram excluídos com base no título e no resumo, sendo assim, 38 artigos foram selecionados para serem lidos na íntegra. Finalmente, foram selecionados 25 artigos após a aplicação dos critérios de elegibilidade. Este processo foi realizado com base na análise da qualidade metodológica dos estudos. Realizou-se uma avaliação sistemática das alterações promovidas pelo EA combinado com a RFS nas variáveis metabólicas, neuromusculares e hemodinâmicas.

2. 5. 1 Exercício aeróbio com RFS sobre as variáveis metabólicas

A partir da apreciação dos artigos que investigaram o EA+RFS, verificou-se que seis estudos avaliaram o efeito agudo (OZAKI et al., 2010; LOENNEKE et al., 2011a; LOENNEKE et al., 2011b; MENDONÇA et al., 2014; MENDONÇA et al., 2015; KARABULUT et al., 2015) e sete o efeito crônico deste método de treinamento nas variáveis metabólicas (ABE et al., 2010a; ABE et al., 2010b; PARK et al., 2010; CORVINO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2015; TAYLOR et al., 2016; KIM et al., 2016). Os estudos que investigaram o efeito agudo do EA+RFS avaliaram o VO_2 (OZAKI et al., 2010), o gasto energético (LOENNEKE et al., 2011b; MENDONÇA et al., 2014; KARABULUT et al., 2015) e a concentração de lactato sanguíneo (LOENNEKE et al., 2011a) durante o exercício, e apenas um estudo verificou o consumo excessivo de oxigênio pós-exercício (EPOC) (MENDONÇA et al., 2015). No efeito crônico do EA+RFS os estudos avaliaram a capacidade cardiorrespiratória (ABE et al., 2010a; ABE et al., 2010b; PARK et al., 2010; TAYLOR et al., 2016; KIM et al., 2016), o tempo de exaustão no exercício severo (CORVINO et al., 2014), a potência máxima e o ponto de acúmulo do lactato sanguíneo (OLIVEIRA et al., 2015). A tabela 01 apresenta a síntese dos manuscritos selecionados conduzida a partir das categorias estabelecidas pela análise de um roteiro estruturado.

EFEITO AGUDO DO EA com RFS

Consumo de oxigênio (l/min)

No estudo de Ozaki et al., (2010) realizado em um modelo (*cross over*): 10 homens jovens realizaram dois protocolos aleatorizados de ciclismo em um cicloergômetro composto por 4 estágios cada um com duração de 4 minutos e velocidade constante de 70 rotações por minuto (rpm) e intensidades progressivas de 0%, 20%, 40% e 60% do $VO_{2máx}$, em uma das sessões os sujeitos utilizaram manguitos infláveis posicionados na porção proximal da coxa, com pressão de RFS fixa de 200 mmHg para todos os sujeitos, e constatou-se que o consumo de oxigênio é maior no ciclismo com RFS a partir da intensidade de 20% do $VO_{2máx}$ quando comparada ao protocolo de ciclismo sem a utilização da RFS.

Gasto energético

Os resultados encontrados nesta revisão sobre o impacto da RFS no gasto energético (GE) foram que dois estudos verificaram que a realização de caminhadas intervaladas combinada com RFS apresenta uma maior demanda energética quando comparada as caminhadas com a mesma intensidade sem RFS. No estudo de Loenneke et al. (2011), em um modelo (*cross-over*): 10 homens e mulheres jovens realizaram duas sessões aleatórias de caminhada intervalada na esteira com cinco series de dois minutos e um minuto de intervalo entre as series, com velocidade constante de 75 metros por minuto (m/min), em uma das sessões os sujeitos utilizaram faixas elásticas posicionados na porção mais proximal da coxa e verificou-se que a sessão realizada com RFS demonstra ter uma maior elevação do VO_2 e gasto energético quando comparada a uma sessão com o mesmo protocolo sem a utilização das faixas elásticas.

Já no estudo de Mendonça et al. (2014), em um modelo (*cross-over*): 18 homens jovens saudáveis realizaram duas sessões aleatórias de caminhada intervalada com cinco series de três minutos e um minuto de intervalo entre as series, em uma das sessões os sujeitos utilizaram manguitos infláveis posicionados na coxa, com pressão de RFS fixa de 200 mmHg para todos os

sujeitos, e constatou-se que a sessão realizada com RFS demonstra ter um maior custo energético quando comparada a uma sessão com a mesma intensidade sem a utilização da RFS. No estudo de Karabulut et al. (2015) realizado em um modelo (*cross-over*): 34 obesos homens e mulheres realizaram três sessões aleatorizadas de ciclismo com uma velocidade de 50 rpm e carga constante de 50 Watts em duas series de 10 minutos e 1 minuto de intervalo entre as series, um protocolo de exercício foi realizado sem RFS e dois protocolos foram executados combinado com a RFS e utilizaram manguitos infláveis na coxa, sendo uma sessão com 40% de RFS e outra com 60% de RFS e um verificaram que o exercício com RFS aumenta significativamente a demanda energética durante o exercício.

Consumo excessivo de oxigênio pós-exercício (EPOC)

Apenas um estudo verificou o impacto do EA+RFS pós-exercício, cujo estudo foi o de Mendonça et al (2015) realizado em um modelo (*cross over*): 17 homens jovens saudáveis participaram de duas sessões aleatórias de caminhada intervalada com cinco series de três minutos e um minuto de intervalo entre as series, em uma das sessões os sujeitos utilizaram manguitos infláveis posicionados na coxa, com pressão de RFS fixa de 200 mmHg para todos os sujeitos, e constatou-se que a sessão realizada com RFS eleva significativamente a magnitude do EPOC quando comparada a uma sessão com a mesma intensidade sem a utilização da RFS.

Concentração de lactato sanguíneo

Verificou-se que apenas um estudo analisou o estresse metabólico gerado pelo EA+RFS, cujo estudo foi o de Loenneke et al. (2012) realizado em um modelo (*cross over*): 9 homens e mulheres jovens realizaram duas sessões aleatórias de caminhada intervalada na esteira com cinco series de dois minutos e um minuto de intervalo entre as series, com velocidade constante de 75 metros por minuto (m/min), em uma das sessões os sujeitos utilizaram faixas elásticas posicionados na porção mais proximal da coxa e verificou-se que o estímulo

gerado pela caminhada com RFS não é suficiente para aumentar o estresse metabólico pós sessão.

EFEITO CRÔNICO DO EA+RFS

Capacidade cardiorrespiratória

No estudo de Abe et al. (2010a) 19 homens e mulheres idosos ativos (60 a 78 anos) foram divididos aleatoriamente em dois grupos: caminhada com RFS (C+RFS; n= 11) e caminhada sem RFS (CON; n = 8), ambos os grupos realizaram 20 minutos de caminhada contínua em 5 dias por semana durante seis semanas, o grupo de C+RFS utilizou um manguito inflável posicionado na coxa com uma pressão fixa de 200 mmHg para todos os sujeitos e o tempo total de RFS foi de 23 minutos, verificou-se que a C+RFS não promoveu melhora na capacidade cardiorrespiratória dos idosos. Já no estudo de Park et al. (2010) 12 atletas escolares de basquetebol, foram divididos aleatoriamente em dois grupos: 1) caminhada intervalada com RFS (CI+RFS; n = 7) e 2) caminhada intervalada sem RFS (CON; n= 5), ambos os grupos executaram cinco séries de 3 minutos com 1 minuto de intervalo e velocidade entre 4-6 Km/h e 5% de inclinação na esteira, 2 vezes por dia/seis vezes na semana com duração total de 2 semanas, o grupo de CI+RFS utilizou um manguito inflável posicionado na coxa com uma pressão fixa de 160- 230 mmHg para todos os sujeitos, sendo o tempo total de RFS de 22 minutos, observou-se aumento significativo para o grupo de CI+RFS na capacidade cardiorrespiratória dos atletas de basquetebol.

No estudo de Abe et al (2010b) 19 homens jovens foram divididos em dois grupos: 1) ciclismo a 40% do $VO_{2máx}$ com RFS durante 15 minutos e 2) ciclismo a 40% do $VO_{2máx}$ durante 45 minutos, ambos os grupos realizaram o exercício 1 vez por dia/3 vezes na semana durante 8 semanas, e verificou-se que o protocolo de ciclismo combinado a RFS promoveu aumento da capacidade cardiorrespiratória de homens jovens. No estudo de Kim et al. (2016) 31 universitários treinados realizaram 20 minutos de ciclismo, três vezes por semana durante 6 semanas. Foram divididos em três grupos: 1) intensidade vigorosa (60-70% da $FC_{máx}$), 2) baixa intensidade combinado a RFS (30% da $FC_{máx}$) e 3) controle – sem realização de exercício. Os sujeitos no protocolo de

BI+RFS utilizaram um manguito inflável na coxa com pressão de 160-180 mmHg, porém, verificou que este protocolo não promoveu melhoras na capacidade cardiorrespiratória de jovens treinados. No estudo de Taylor et al. (2016) vinte homens treinados foram divididos em dois grupos: 1) sprints intervalados com RFS (SI+RFS) e 2) sprints intervalado. Ambos os grupos realizaram 4, 5, 6 e 7 sprints de 30 segundos contra uma resistência equivalente a $0.075 \text{ kg (kg massa corporal)}^{-1}$ com intervalo de 270 segundos entre os sprints. Foram dois treinos por semana, sendo os sprints realizados de forma progressiva durante 4 semanas. No grupo de SI+RFS foi utilizado um manguito inflável após a realização do sprint no período de intervalo era fixado na coxa e inflado 130 mmHg durante dois minutos. Observou-se que a capacidade cardiorrespiratória foi maior no grupo de SI+RFS do que no protocolo de Sprint sem a RFS pós-exercício.

Tempo de exaustão

No estudo de Corvino et al. (2014), treze sujeitos fisicamente ativos foram divididos em dois grupos: treinamento intervalado com RFS ($n = 9$) e sem restrição ($n = 4$). O treino para ambos os grupos consistiu em 2x 5-8 repetições de 2 minutos a 30% da potência máxima (P_{max}) com intervalos de 1 minuto entre as repetições, durante quatro semanas. O grupo de treinamento com RFS utilizou uma pressão de 140-200 mmHg durante o período de exercício e desinflado nos intervalos. A pressão foi aumentada em 20 mmHg a cada três sessões, assim na última sessão a pressão era de 200 mmHg. Observou-se que quatro semanas de treinamento com RFS aumentou a tolerância ao exercício realizado no domínio severo, sem aumentos no grupo de exercício sem RFS.

Potência máxima e ponto de acúmulo do lactato sanguíneo

No estudo de Oliveira et al. (2016), 37 sujeitos fisicamente ativos (23.8 ± 4 anos) realizaram um treinamento de ciclismo no cicloergômetro em 3 vezes por semana durante 4 semanas. Os sujeitos foram divididos em quatro grupos: 1) treinamento intervalado de baixa intensidade com RFS (TBI+RFS; $n = 10$) realizado com 30% da $P_{\text{máx}}$, 2) treino intervalado de baixa intensidade (TBI; $n =$

7) realizado com 30% da $P_{\text{máx}}$, 3) treinamento intervalado de alta intensidade (TIAI; $n=10$) realizado com 110% da $P_{\text{máx}}$ e 4) TIAI combinado a RFS (TIAI+RFS; $n=10$) realizado 50% do TIAI e 50% da RFS. Ambos os grupos realizaram duas series de 5-8 repetições com 5 minutos de intervalos. Os grupos que executaram os exercícios com RFS utilizaram um manguito inflável com pressão de 140-200 mmHg. Observou-se que o TIAI+RFS melhorou 16% o ponto de acúmulo do lactato sanguíneo e 15% a potência máxima sem apresentar diferença significativa para os grupos de TIAI e TIAI+RFS.

Exercícios, amostra, sexo e padrão utilizado nos estudos

Um ponto a se destacar são os protocolos de treinamento utilizados no EA+RFS para investigar as variáveis metabólicas. Observou-se que seis estudos (46,1%) utilizaram exercícios de caminhada na esteira, sendo cinco (83,3%) realizados de forma intervalada e um (16,6%) de forma contínua, verificou-se que um estudo (7,69%) utilizou a corrida na esteira de forma intervalada e seis estudos (46,1%) foram realizados no exercício de ciclismo, sendo um (16,6%) na bicicleta de forma contínua e cinco (83,3%) no cicloergômetro sendo quatro de forma intervalada (80%) e um de forma contínua (20%). Tendo em vista que o tamanho da amostra e o sexo pode ser um aspecto importante no estudo, verificou-se nessas investigações que o tamanho da amostra era pequeno, variando entre 9 e 37 sujeitos, com uma predominância maior para o sexo masculino sendo 9 estudos realizados (69,2%) com apenas homens e 4 estudos (30,7%) com homens e mulheres na amostra. Em relação ao instrumento utilizado para RFS, verificou-se que 10 estudos (76,9%) utilizaram manguitos infláveis com tamanhos de 5 a 18 cm e três estudos (23,0%) utilizaram faixas elásticas com tamanho de 7,6 cm. A pressão de RFS utilizada nos manguitos variou de 130-230 mmHg durante as sessões de exercícios que foram realizadas de forma intervalada (sem desinflar entre as séries) ou contínua, e dentre estes apenas um estudo utilizou a RFS após a realização do exercício. Os estudos que verificaram as adaptações crônicas do EA+RFS foram realizados entre 2 e 8 semanas de treinamento em atletas de basquetebol, adultos jovens e idosos.

Tabela 1. Síntese dos resultados dos estudos que avaliaram o efeito agudo e crônico do exercício aeróbio combinado com restrição do fluxo sanguíneo sobre as variáveis metabólicas em indivíduos atletas, adultos jovens e idosos.

Autor (Ano)	Sujeitos	Variável	Protocolo dos exercícios			Intensidade ou frequência de treino/ duração do estudo	Volume dos exercícios		Intervalo	PADE (mmHg)	RFS entre séries	LM (cm)	Resultados
			EX	FE	VE		Séries ou continu o	Repetições ou tempo de duração					
Abe et. al. (2010a)	19 idosos homem e mulher	VO _{2máx}	CAM	ESTEIRA	67 m/min	5xsem/6sem	Contínuo	20min	-	200	-	5,0	Não houve melhora do VO _{2MÁX} nos grupos.
Abe et. al. (2010b)	19 homens adultos	VO _{2máx}	CICLI	CICLO	-	40% VO ₂ com e sem RFS 1xdia/3xsem 8 semanas	Contínuo	15min com RFS 45 min sem RFS	-	160-210	-	5,0	↑ VO _{2MÁX} na caminhada com RFS
Park et. al. (2010)	12 atletas de basquete	VO _{2máx} VE _{Max}	CAM	ESTEIRA	4-6km/h	2xdia/6xsem 2 semanas	5 séries	3min	1 min	160-230	sim	-	↑VE _{máx} e VO _{2máx} no protocolo de treino com RFS
Ozaki et. al.(2010)	10 homens	VO ₂ (L/min)	CICLI	CICLO	70 rmp	20-40-60% VO _{2max} com e sem RFS	Contínuo	4 min cada estágio	-	200	Sim	5.0	↑VO ₂ entre 20 e 60% da sessão com RFS

Loenneke et. al. (2011)	10 homens e mulheres	GE e VO ₂ (L/min)	CAM	ESTEIRA	75m/min	-	5 series	2min	1min	Elástico	Sim	7.6	↑VO ₂ e GE na sessão de exercício com RFS
Loenneke et. al. (2012)	9 homens e mulheres	[La ⁺]	CAM	ESTEIRA	75m/min	-	5 series	2min	1min	Elástico	Sim	7.6	CAM+RFS não altera o estresse metabólico
Mendonca et. al (2014)	18 homens saudáveis	Custo Energético	CAM	ESTEIRA	-	<30%VO ₂ Máx	5 séries	3 min	1 min	200	Sim	6x83	Custo energético > para caminhada com RFS
Corvino et. al (2014)	13 sujeitos ativos	Tempo de Exaustão	CICLI	CICLO	-	30% P _{max} +RFS 30% P _{max}	2 séries	5-8 repetições	1 min	140-200	Sim	18	↑ no tempo de exaustão para caminhada com RFS
Mendonca et. al (2015)	17 homens jovens	EPOC	CAM	ESTEIRA	-	<30%VO ₂ Máx	5 séries	3min	1 min	200	Sim	6x83	EPOC> na sessão de exercício com RFS
Oliveira et. al (2015)	37 sujeitos	Pmax. PALS, VO ₂ MÁX	CICLI	CICLO	-	30% P _{max} +RFS 110% P _{max} 30% P _{max} 110 % - 30% P _{max} +RFS 3xsem/4sem	2 séries	5-8 repetições	5 min	140-200	Sim	18	↑VO ₂ MÁX e Pmax e melhora no PALS para o protocolo de BI com RFS
Karabulut et. al (2015)	34 obesos homens e mulheres	GE, RTR	CICLI	CICLO	50 rpm	40%+RFS 60%+RFS Sem RFS	2 séries	10 min	1 min	40% 60%	Sim	5.0	↑ GE e RTR > no protocolo de RFS

50 Watts													
Taylor et al. (2016)	20 homens treinados	VO _{2MÁX}	COR	ESTEIRA	-	1 treino com e 1 sem RFS 2xsem / 4sem	4,5,6 e 7 sprints	30seg	270 seg	130 pós-exercício	Não	6x83	↑VO _{2MÁX} para o protocolo com RFS
Kim et al. (2016)	31 jovens treinados	VO _{2MÁX}	CICLI	BICICLETA	-	30%+RFS 60-70% FC Controle 3xsem/6seman as	Contínuo	20min	-	160-180	Sim	5,0	VO _{2MÁX} não aumentou no grupo de baixa intensidade.

Legenda - RFS = restrição de fluxo sanguíneo; VO_{2MÁX} = consumo de oxigênio máximo; VE_{MÁX} = Ventilação máxima; P_{MÁX} = potência máxima; EPOC = consumo excessivo de oxigênio pós-exercício; GE = Gasto energético; RTR= razão troca respiratória; PALS= ponto de acúmulo do lactato sanguíneo; EX = exercício; FE = Forma de execução; VE= velocidade de execução; CAM= caminhada; CICLI= ciclismo; COR= corrida; CICLO= cicloergômetro; min = minutos; seg = segundos; CON = Controle; PADE = pressão aplicada durante o exercício; LM = largura do manguito; - = Não informado; ↑ = aumento significativo; BI+RFS = baixa intensidade combinada a restrição do fluxo sanguíneo; BI = baixa intensidade; AI = alta intensidade.

2. 5. 2 Exercício aeróbio com RFS sobre as variáveis neuromusculares

A partir da apreciação dos artigos que investigaram o impacto do EA+RFS em variáveis neuromusculares, verificou-se que dois estudos foram realizados de forma aguda (OZAKI et al., 2014; KIM et al., 2015) e onze estudos verificaram o efeito crônico (ABE et al., 2006; ABE et al., 2010a; ABE et al., 2010b; OZAKI et al., 2010; SAKAMAGI et al., 2011; KERAMIDAS et al., 2012; WEISNER et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015; OZAKI et al., 2015; KIM et al., 2016; CLARCKSON et al., 2017). Os estudos que investigaram o efeito agudo do EA+RFS avaliaram a sinalização intracelular associada a hipertrofia e adaptações musculares (OZAKI et al., 2014; KIM et al., 2015), já no efeito crônico do EA+RFS os estudos avaliaram a potência muscular (KERAMIDAS et al., 2012), força muscular (ABE et al., 2006; ABE et al., 2010a; OZAKI et al., 2010; WEISNER et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015; KIM et al., 2016), hipertrofia muscular (ABE et al., 2006; ABE et al., 2010a; ABE et al., 2010b; OZAKI et al., 2010; SAKAMAGI et al., 2011; OZAKI et al., 2015) hormônio do crescimento (ABE et al., 2006; OZAKI et al., 2015). A tabela 03 apresenta a síntese dos manuscritos selecionados conduzida a partir das categorias estabelecidas pela análise de um roteiro estruturado.

EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO

Sinalização intracelular associada a hipertrofia

No estudo de Ozaki et al. (2010) realizado em um modelo (*cross over*): 6 homens jovens saudáveis realizaram um protocolo de caminhada na esteira de forma contínua com e sem RFS, em uma intensidade aproximadamente de 55% do $VO_{2máx}$ e velocidade constante de 100m/min e uma inclinação na esteira fixa em $3,7 \pm 0,2$, na sessão o sujeito caminhou com uma perna sem RFS e a outra com a utilização de um manguito inflável de 5 cm posicionado na porção proximal da coxa, com pressão de RFS fixa de 240 mmHg para todos os sujeitos, após análise de biopsias musculares constatou-se que os níveis de fosforilação Erk 1/2 foi significativamente maior após o exercício, no entanto, apenas a perna que realizou o exercício com RFS ocasionou um aumento da fosforilação de p38. Para a via de sinalização mTOR, não houve alterações nos níveis de fosforilação

Akt, mTOR ou S6K1 antes ou depois da caminhada. No entanto, verificou-se que o nível de fosforilação de eEF2 foi significativamente menor 3 horas após o exercício para a perna com RFS quando comparada a perna sem RFS. Verificou-se que o exercício de caminhada com RFS pode ativar as vias de sinalização intracelular associadas à hipertrofia muscular em homens jovens.

Adaptações musculares

No estudo de Kim et al. (2015) realizado em um modelo (*cross over*): 10 homens fisicamente ativos foram submetidos a quatro protocolos, sendo 3 com exercícios de ciclismo de forma contínua com e sem RFS e um sem exercício. Os sujeitos realizaram um protocolo de ciclismo de alta intensidade a 75% do VO_{2pico} sem RFS durante 14 minutos, um protocolo de ciclismo a 40% do VO_{2pico} combinado com 60% de RFS durante 30 minutos, um protocolo de ciclismo a 40% do VO_{2pico} combinado com 40% de RFS durante 28 minutos. Constatou-se que não houve mudanças significativas no torque, porém, verificou-se que houve um aumento da espessura muscular do quadríceps (~ 2mm) nos protocolos de alta intensidade e baixa intensidade com 40% de RFS em relação ao repouso e foi observado que a ativação muscular foi significativamente maior com o ciclismo de alta intensidade quando comparado com as sessões combinadas a RFS. No estudo de Keramidas et al. (2012) vinte sujeitos não treinados foram randomizados em um grupo controle que treinou sem RFS e um grupo experimental que treinou com RFS, ambos os grupos treinavam 3 dias por semana durante 6 semanas com a mesma intensidade relativa, e cada sessão de treinamento consistiu em 2 minutos a 90% do VO_{2max} e 2 minutos de intervalo ativo a 50% do VO_{2max} , o grupo com RFS treinou com +90 mmHg e verificou-se que este método de treino parece induzir adaptações musculares periféricas.

Hormônio de crescimento

No estudo de Abe et al. (2006) dezoito jovens homens saudáveis foram randomizados em dois grupos sendo um de caminhada com RFS e um grupo de caminhada sem RFS o treinamento foi conduzido duas vezes por dia, 6 dias /semana, durante 3 semanas sendo realizadas caminhadas com 5 series de 2 minutos e 1 minuto de intervalo entre as series com uma velocidade constante de 50m/min, o grupo que realizou a caminhada com RFS utilizou um manguito inflável posicionado na região proximal da coxa com uma pressão fixa e severa de 200 mmHg para todos os sujeitos, após o período de treinamento constatou-se que houve aumento do hormônio de crescimento apenas no grupo com RFS. No estudo de Ozaki et al. (2015) realizado em um modelo (*cross over*) sete homens idosos realizaram dois protocolos de treino em dois dias separados por no mínimo 48 horas, utilizou-se como exercício uma caminhada na esteira com uma intensidade de 45% da FC de reserva durante 20 minutos, em um dos protocolos foi utilizado um manguito inflável posicionado na região mais proximal da coxa com uma pressão de RFS severa de 180mmHg, correlacionaram as respostas hormonais e a hipertrofia e verificaram que a mudança no GH, insulina e noradrenalina não se correlacionou significativamente com a hipertrofia induzida pela caminhada com RFS, sugerindo que a elevação induzida pela caminhada com RFS nestes hormônios anabólicos podem não ter um impacto no crescimento muscular.

EFEITO CRÔNICO DO EXERCÍCIO AERÓBIO COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO

Força, hipertrofia muscular e capacidade funcional

No estudo de Abe et al. (2006) dezoito jovens homens saudáveis foram randomizados em dois grupos sendo um de caminhada com RFS e um grupo de caminhada sem RFS o treinamento foi conduzido duas vezes por dia, 6 dias / semana, durante 3 semanas sendo realizadas caminhadas com 5 series de 2 minutos e 1 minuto de intervalo entre as series com uma velocidade constante de 50m/min, o grupo que realizou a caminhada com RFS utilizou um manguito

inflável posicionado na região proximal da coxa com uma pressão fixa e severa de 200 mmHg para todos os sujeitos, após o período de treinamento constatou-se que houve aumento do volume e da área de secção transversa do músculo da coxa em torno de 4-7% e um aumento da força dinâmica e força isométrica máxima em torno de 8-10% no grupo que treinou com RFS. No estudo de Abe et al (2010b) 19 homens jovens foram divididos em dois grupos: 1) ciclismo a 40% do $VO_{2máx}$ com RFS durante 15 minutos e 2) ciclismo a 40% do $VO_{2máx}$ durante 45 minutos, ambos os grupos realizaram o exercício 1 vez por dia/3 vezes na semana durante 8 semanas, e verificou-se que o protocolo de ciclismo combinado a RFS promoveu hipertrofia muscular de 3,4 a 5,1% e a força isométrica na extensão de joelho tendeu a aumentar em 7,7%.

No estudo de Abe et al. (2010a) 19 homens e mulheres idosos ativos (60 a 78 anos) foram divididos aleatoriamente em dois grupos: caminhada com RFS (C+RFS; n= 11) e caminhada sem RFS (CON; n = 8), ambos os grupos realizaram 20 minutos de caminhada contínua em 5 dias por semana durante seis semanas, o grupo de C+RFS utilizou um manguito inflável posicionado na coxa com uma pressão fixa de 200 mmHg para todos os sujeitos e o tempo total de RFS foi de 23 minutos, verificou-se que a C+RFS promoveu uma melhora da capacidade funcional, aumento na força isométrica (11%) e isocinética (7-16%) na extensão e flexão do joelho e aumento na área de secção transversa da coxa (5,8%) e da perna (5,1%), bem como da massa muscular esquelética estimada por ultrassom para perna e coxa. No estudo de Ozaki et al. (2010) 23 homens e mulheres sedentários foram randomizados em dois grupos 1) caminhada contínua com RFS e 2) caminhada contínua sem RFS, realizaram 20 minutos de caminhada na esteira com 45% da $FC_{máx}$ em 4 dias na semana durante 10 semanas, o grupo que treinou com RFS utilizou um manguito inflável posicionado na região próximas das coxas com uma pressão severa de 200 mmHg para todos os sujeitos, no entanto, constatou-se que houve um aumento da força máxima da articulação do joelho (~15%) e da área da secção transversa do músculo da coxa (3%).

No estudo de Sakamagi et al. (2011) dezessete homens foram randomizados em dois grupos 1) 9 homens realizaram uma caminhada com RFS e 2) 8 homens realizaram o treinamento de caminhada sem RFS, ambos os grupos realizaram 2 sessões por dia, em 6 dias por semana, durante 3 semanas

com 5 series de 2 minutos e 1 minuto de intervalo entre as series e com velocidade constante de 50m/min, o grupo que treinou com RFS utilizou um manguito inflável com pressão de RFS severa entre 160-230mmHg e constatou-se que após o treinamento com RFS houve um aumento significativo no volume muscular da região proximal da coxa (3,8%) e da perna (3,2%). No estudo de Oliveira et al. (2016), 37 sujeitos jovens fisicamente ativos realizaram um treinamento de ciclismo no cicloergômetro em 3 vezes por semana durante 4 semanas. Os sujeitos foram divididos em quatro grupos: 1) treinamento intervalado de baixa intensidade com RFS (TIBI+RFS; n = 10) realizado com 30% da $P_{máx}$, 2) treino intervalado de baixa intensidade (TBI; n= 7) realizado com 30% da $P_{máx}$, 3) treinamento intervalado de alta intensidade (TIAI; n= 10) realizado com 110% da $P_{máx}$ e 4) TIAI combinado a RFS (TIAI+RFS; n= 10) realizado 50% do TIAI e 50% da RFS. Ambos os grupos realizaram duas series de 5-8 repetições com 5 minutos de intervalos. Os grupos que executaram os exercícios com RFS utilizaram um manguito inflável com pressão de 140-200 mmHg e constatou-se que o grupo que treinou com RFS aumentou a força muscular em 11% após o programa de treinamento.

No estudo de Weisner et al (2013) uma 1 idosa de 67 anos foi submetida a um programa de treinamento de caminhada com uma velocidade constante de 0,85m/s realizada de forma intervalada combinado com uma pressão de RFS de 160 a 200 mmHg em 5 series de 2 minutos com 1 minuto de intervalo em 5 vezes por semana durante 8 semanas e avaliaram medidas de força e de capacidade funcional, verificou-se uma melhora nos testes de Timed Up and Go, caminhada de 6 minutos, caminhada de dez metros e na força muscular com um acréscimo de 18,2% até 46,8% do pós x pré-teste. No estudo de Clarckson et al. (2017) 19 homens e mulheres idosos foram randomizados em dois grupos sendo 1) treinamento de caminhada com RFS e 2) treinamento de caminhada sem RFS, ambos os grupos realizaram uma caminhada a pé em uma velocidade de 4 km/h durante 10 minutos em torno de um circuito em um campo com uma distância de 667 metros. A velocidade e a duração selecionada são reflexos de velocidades e duração de estudos prévios e durante a sessão os sujeito eram acompanhados pelo pesquisador para ditar o ritmo e transportar o equipamento de RFS. No grupo de caminhada com RFS os sujeitos utilizaram um manguito de 10,5 cm e com uma pressão de 60% da RFS total e constatou-se que houve

uma melhora significativa de 2,5 a 4,5 vezes maior em testes de capacidade funcional para o grupo com RFS quando comparado ao grupo controle após o programa de treinamento de 6 semanas.

No estudo de Kim et al. (2016) 31 universitários treinados realizaram 20 minutos de ciclismo, três vezes por semana durante 6 semanas. Foram divididos em três grupos: 1) intensidade vigorosa (60-70% da $FC_{máx}$), 2) baixa intensidade combinado a RFS (30% da $FC_{máx}$) e 3) controle – sem realização de exercício. Os sujeitos no protocolo de BI+RFS utilizaram um manguito inflável na coxa com pressão de 160-180 mmHg, porém, verificou que não houve diferença significativa entre os grupos com e sem restrição de fluxo sanguíneo na força e hipertrofia muscular.

Exercícios, amostra, sexo e padrão utilizado nos estudos

Um ponto a se destacar são os protocolos de treinamento utilizados no EA+RFS para investigar as variáveis neuromusculares. Observou-se que oito estudos (61,5%) utilizaram exercícios de caminhada na esteira, um na forma de circuito (12,5%), quatro (50%) realizados de forma contínua e três (16,6%) de forma intervalada, verificou-se que cinco estudos (38,4%) foram realizados no exercício de ciclismo, sendo dois estudos utilizando (40%) a bicicleta um de forma contínua (50%) e um intervalado (50%) e três estudos utilizando (60%) o cicloergômetro sendo um de forma intervalada (33,3%) e dois de forma contínua (66,6%). Tendo em vista que o tamanho da amostra e o sexo pode ser um aspecto importante no estudo, verificou-se nessas investigações que o tamanho da amostra era pequeno, variando entre um e 31 sujeitos, com uma predominância maior para o sexo masculino sendo sete estudos realizados (53,84%) com apenas homens, quatro estudos (30,76%) com homens e mulheres e dois estudos (15,38%) com apenas mulheres na amostra. Em relação ao instrumento utilizado para RFS, verificou-se que todos os estudos (100%) utilizaram manguitos infláveis com tamanhos de cinco a 18 cm. A pressão de RFS utilizada nos manguitos variou de 50-230 mmHg durante as sessões de exercícios que foram realizadas de forma intervalada (sem desinflar entre as séries) ou contínua, e dentre estes apenas um estudo determinou a pressão de RFS estimando pela circunferência da coxa. Os estudos que verificaram as

adaptações crônicas do EA+RFS foram realizados entre 2 e 10 semanas de treinamento em adultos jovens e idosos.

Tabela 2. Síntese dos resultados dos estudos que avaliaram o efeito agudo e crônico do exercício aeróbio combinado com restrição do fluxo sanguíneo sobre as variáveis neuromusculares em indivíduos atletas, adultos jovens e idosos.

Autor (ano)	Sujeitos	Variável	Protocolo dos exercícios			Intensidade/ frequência de treino/ duração do estudo	Volume dos exercícios			PADE (mmHg)	RFS entre séries	LM (cm)	Resultados
			EX	FE	VE		Séries ou contínuo	Repetições ou tempo de duração	Intervalo				
Abe et. al. (2006)	18 jovens saudáveis	HC, HM, FM	CAM	ESTEIRA	50m/min	2xdia/6xsem/3sem	5 séries	2	1 min	120-200	Sim	5,0	↑HC, HM e FM para o grupo com RFS em relação ao GC
Abe et. al. (2010a)	19 homens e mulheres idosos	FM, HM, CF	CAM	ESTEIRA	67m/min	5xsem/6sem	Contínuo	20 min	-	160-200	Sim	-	↑ FM, HM, CF no grupo com RFS em relação ao CON.
Abe et. al. (2010b)	19 homens jovens	HM	CICLI	BICICLETA	-	40% VO2max 3xsem/8sem	Contínuo	15min com RFS 45 min CON	-	160-210	Sim	-	↑ do TM no grupo com RFS
Ozaki et. al. (2010)	23 homens e mulheres sedentários	HM, FM	CAM	ESTEIRA	-	40% FCmáx /4xsem/10sem	Contínuo	20 min	-	120-200	Sim	5,0	↑ Força e hipertrofia muscular no grupo com RFS
Sakamagi et al. (2011)	17 homens saudáveis	HM	CAM	ESTEIRA	50m/min	2xdia/6xsem/3sem	5 séries	2 min	1 min	160-230	Sim	-	↑ na área muscular do grupo com RFS

Keramidas et al. (2012)	20 homens e mulheres jovens	Adaptação Muscular	CICLO	BICICLETA	-	3xsem/6sem	3 séries	2min/2min/6min	-	90	Não	-	O treino com RFS induz adaptação muscular periférica
Weisner et al. (2013)	1 idosa	CF e FM	CAM	ESTEIRA	0,85m/seg	5xsem/8sem	5 séries	2 min	1 min	160-230	Sim	-	↑ no TF e FM no grupo com RFS
Ozaki et al. (2014)	6 homens saudáveis	ERK1/2, MTOR, P38, MAPK, Akt, S6K1	CAM	ESTEIRA	100m/min	CAM+RFS CAM	Contínuo	20 min	-	240	Sim	5,0	↑ Ativação das vias de sinalização intracelular
Kim et al. (2015)	10 homens	Adaptação Muscular	CICLI	CICLO	50-60rpm	AI VO _{2max} BI+40%RF BI+60%RFS CON	Contínuo	AI – 14 min BI+40%RFS - 28min BI+60%RFS- 30min	-	50-210	Sim	5,0	↑ estresse muscular no exercício com alta intensidade
Oliveira et. al. (2015)	37 jovens adultos	FM	CICLI	CICLO	-	3xsem/4 sem	2 séries de 5 a 8 reps	2 min	1min/ reps e 5min/ séries	140-200	Não	18	↑ da FM no grupo com RFS
Ozaki et al. (2015)	7 homens idosos	HC e HM	CAM	ESTEIRA	-	45% FCres com e sem RFS	Contínuo	20 min	-	50-200		5,0	Não houve correlação entre o HC e HM
Kim et al. (2016)	31 homens saudáveis	FM, HM	CICLI	CICLO	-	3xsem/6sem	Contínuo	20 min	-	120-180	Sim	-	Não houve diferenças entre os grupos
Clarckson et. al. (2017)	19 homens e mulheres	CF	CAM	CIRCUITO	4km/h	4xsem/6sem	Contínuo	10 min	-	60% da RFS máx	Sim	10,5	↑ na CF no grupo com RFS

Legenda - RFS = restrição de fluxo sanguíneo; EX = exercício; FE = Forma de execução; VE= velocidade de execução; CAM= caminhada; CICLI= ciclismo; COR= corrida; CICLO= cicloergômetro; min = minutos; seg = segundos; CON = Controle; PADE = pressão aplicada durante o exercício; LM = largura do manguito; - = Não informado; ↑ = aumento significativo; BI+RFS = baixa intensidade combinada a restrição do fluxo sanguíneo; BI = baixa intensidade; AI = Alta intensidade. HC = Hormônio do Crescimento; Área Seccional do Músculo; FDM = Força dinâmica Máxima; FC= Frequência Cardíaca; mTOR= proteína quinase alvo mecanicista de rapamicina; MAPK= Proteína quinase ativada por mitogênio; HC= Hormônio do Crescimento; HM= Hipertrofia Muscular; CF = Capacidade Funcional; FM =Força Muscular; AI=Alta Intensidade; REPS= Repetições.

2. 5. 3 Exercício aeróbio com RFS sobre as variáveis hemodinâmicas

A partir da apreciação dos artigos que investigaram o EA+RFS, verificou-se que 9 estudos avaliaram o efeito agudo deste método de treinamento nas variáveis hemodinâmicas (ABE et al., 2006; ABE et al., 2010; RENZI et al., 2010; OZAKI et al., 2010; LOENNEKE et al., 2011; KUMAGAI et al., 2012; KARABULUT et al., 2015; SUGAWARA et al., 2015; FERREIRA et al., 2016). Os estudos que investigaram o efeito agudo do EA+RFS avaliaram o débito cardíaco (OZAKI et al., 2010; KUMAGAI et al., 2012; SUGAWARA et al., 2015), a frequência cardíaca (ABE et al., 2006; ABE et al., 2010; RENZI et al., 2010; OZAKI et al., 2010; LOENNEKE et al., 2011; KUMAGAI et al., 2012; KARABULUT et al., 2015; SUGAWARA et al., 2015; FERREIRA et al., 2016), o volume de ejeção (OZAKI et al., 2010; KUMAGAI et al., 2012; SUGAWARA et al., 2015; FERREIRA et al., 2016), a pressão arterial (RENZI et al., 2010; OZAKI et al., 2010; KUMAGAI et al., 2012; KARABULUT et al., 2015; SUGAWARA et al., 2015; FERREIRA et al., 2016), resistência periférica total (KUMAGAI et al., 2012; SUGAWARA et al., 2015; FERREIRA et al., 2016) e duplo produto (RENZI et al., 2010; FERREIRA et al., 2016).

EFEITO AGUDO DO EA+RFS

Débito cardíaco

Os estudos que investigaram o débito cardíaco não observaram diferenças significativas entre uma sessão de exercício com RFS e uma sessão controle realizada sem RFS (RENZI et al., 2010; OZAKI et al., et al., 2010; KUMAGAI et al., 2012; FERREIRA et al., 2016). O estudo de Ozaki et al. (2010) sugere que não há diferença significativa em exercício aeróbio de mesma intensidade com ou sem RFS, no entanto o exercício de alta intensidade têm maiores valores de DC que os de BI e BI com RFS.

Frequência cardíaca

No estudo de Ferreira et al. (2016) realizado com idosos verificaram que a FC é maior no exercício realizado em AI quando comparada com BI e BI+RFS. Alguns estudos reportaram que durante o exercício os aumentos de FC foram

maiores na BI+RFS do que na BI (ABE et al., 2006; ABE et al., 2010; RENZI et al., 2010; LOENNEKE et al., 2011). Os estudos de Ozaki et al. (2010) e Karabulut et al. (2015) sugerem que ocorre um aumento linear da FC com o aumento da intensidade do exercício e que quanto maior a RFS maiores são os valores de FC durante o exercício.

Volume Sistólico

Alguns estudos reportaram que o volume sistólico foi menor na sessão de exercício realizada com RFS quando comparada a sessão de exercício controle sem RFS (KUMAGAI et al., 2012; RENZI et al., 2010; SUGAWARA et al., 2015). No estudo de Ferreira et al. (2016) investigaram as variáveis hemodinâmicas até 30 minutos após o exercício e verificaram que o volume sistólico reduziu apenas na sessão de exercício com RFS.

Pressão arterial

Verificou-se que a pressão arterial sistólica e a pressão arterial média aumentam ao longo do exercício, sendo maior na sessão com RFS do que na sessão controle sem RFS (RENZI et al., 2010; KARABULUT et al., 2015; SUGAWARA et al., 2015). A pressão arterial diastólica foi maior no exercício com RFS do que na sessão controle sem RFS (SUGAWARA et al., 2015). Observou-se no estudo de Ozaki et al. (2010) que não houveram diferenças significativas na PAM quando o exercício era realizado com 20% VO_{2max} entre o exercício com RFS e a sessão controle sem RFS. No entanto, quando o exercício foi realizado com as intensidades de 40 e 60% Vo_{2max} o exercício combinado com a RFS apresentou maiores valores de PAM do que no exercício sem RFS.

Resistência periférica total

Verificou-se no estudo de Kumagai et al. (2012) que a RPT foi significativamente maior até o 10º minuto na sessão de exercício com RFS quando comparada a sessão com a mesma intensidade sem RFS. Já no estudo de Ferreira et al. (2016) realizados com idosos não foram verificadas diferenças significativas entre os protocolos de AI, BI e BI+RFS durante e após a sessão. No entanto, no estudo de OZAKI et al. (2010) quando o exercício foi realizado com 20% do VO_{2max} não foram encontradas diferenças significativas entre o

exercício com RFS e a sessão controle, porém, a partir de 40% do VO_2max a RPT na sessão com RFS apresentou maiores valores do que na sessão controle.

Exercícios, amostra, sexo e padrão utilizado nos estudos

Um ponto a se destacar são os protocolos de treinamento utilizados no EA+RFS para investigar as variáveis hemodinâmicas. Observou-se que cinco estudos (55,5%) utilizaram exercícios de caminhada na esteira, quatro (80%) realizados de forma intervalada e um (20%) de forma contínua, verificou-se que quatro estudos (44,4%) utilizaram o exercício de ciclismo, sendo um estudo utilizando (25%) a bicicleta de forma contínua e três estudos utilizando cicloergômetro (75%) sendo um de forma intervalada (33,3%) e dois de forma contínua (66,6%). Tendo em vista que o tamanho da amostra e o sexo pode ser um aspecto importante no estudo, verificou-se nessas investigações que o tamanho da amostra era pequeno, variando entre 8 e 34 sujeitos, com uma predominância maior para o sexo masculino sendo quatro estudos realizados (44,4%) com apenas homens e cinco estudos (55,5%) com homens e mulheres. Em relação ao instrumento utilizado para RFS, verificou-se que 8 estudos (90%) utilizaram manguitos infláveis com tamanhos variando de 5 a 17,5 cm e apenas um estudo (10%) foi realizado com a utilização de faixas elásticas com tamanho de 7,6cm. Verificou-se que 6 estudos foram realizados com pressão fixa para todos os sujeitos variando de 120 a 220 mmHg, dois estudos utilizaram percentuais de pressão de RFS variando entre 40 e 60% de RFSA pressão de RFS utilizada nos manguitos variou de 50-230 mmHg durante as sessões de exercícios que foram realizadas de forma intervalada (sem desinflar entre as séries) ou contínua.

Tabela 3. Síntese dos resultados dos estudos que avaliaram o efeito agudo do exercício aeróbio combinado com restrição do fluxo sanguíneo sobre as variáveis hemodinâmicas em indivíduos atletas, adultos jovens e idosos.

Autor (ano)	Sujeitos	Variável	Protocolo dos exercícios			Intensidade/ frequência de treino/ duração do estudo	Volume dos exercícios		Intervalo	PADE (mmHg)	RFS entre séries	LM (cm)	Resultados
			EX	FE	VE		Séries ou contínuo	Repetições ou tempo de duração					
Abe et. al. (2006)	18 jovens saudáveis	FC	CAM	ESTEIRA	50m/min		5-séries	2 min	1min	120-220	sim	-	↑ FC durante o protocolo com RFS
Abe et. al. (2010)	19 homens jovens	FC	CICLI	CICLO	50m/min	40% VO _{2máx} RFS 40% VO _{2máx}	Contínuo	15min com RFS 45 min sem RFS	-	160-210	-	5,0	↑ FC no protocolo com RFS
Renzi et. al. (2010)	17 adultos homem e mulher	FC, DC, DP e PAS	CAM	ESTEIRA	3,21 Km/h	-	5-séries	2 min	1min	160	sim	-	↑ FC, PA e DP e ↓ VS durante o treino com RFS .
Ozaki et. al. (2010)	10 homens	FC, DC, PAS,PAD, PAM, VEJ	CICLI	CICLO	-	0-20-40-60% VO _{2max} com e sem RFS	Contínuo	4 min cada estágio	-	200	Sim	5.0	↑FC, DC, PAS, PAD, PAM e ↓ VS no treino com RFS

Loenneke et. al. (2011)	10 homens e mulheres	FC	CAM	ESTEIRA	75m/min	-	5 series	2min	1min	Elástico	Sim	7.6	↑FC na sessão de exercício com RFS
Kumagai et. al. (2012)	8 homens	FC, PAS,PAD,VE J,PAM, DC, RPT	CICLI	BICICLETA	-	40% VO _{2max} com e sem RFS	Continuo	30 min	-	200	Sim	5.0	↑ FC RFS e CON ↑ PAS e PAD no treino com RFS até 10 min
Karabulut et. al (2015)	34 obesos homens e mulheres	FC, PAS, PAD	CICLI	CICLO	50 rpm	40%+RFS 60%+RFS sem RFS 50 Watts	2 séries	10 min	1 min	40% 60%	Sim	5.0	↑ > FC e PAS nos protocolos RFS
Sugawara et. al (2015)	15 adultos homens e mulheres	FC, PAS, PAD, VEJ, DC, RPT	CAM	ESTEIRA	3,21 Km/h	CAM+RFS CAM	5 séries	2 min	1 min	160	Sim	-	↑ > FC, PAS no protocolo de RFS, o VEJ e RPT é > no controle
Ferreira et. al (2016)	21 idosos homens e mulheres	FC, PAS, PAD, DP, VEJ, RPT, DC	CAM	ESTEIRA	40%	40% VO _{2máx} RFS 40% VO _{2máx} 70% VO _{2máx}	Continuo	20 min	-	50%	Sim	17.5	↑ FC e PAS nos protocolos RFS. DP AI > BI/ BI+RFS

Legenda - RFS = restrição de fluxo sanguíneo; FC= frequência cardíaca; PA= pressão arterial; PAS= pressão arterial sistólica; PAD= pressão arterial diastólica; RPT= resistência periférica total; DC= débito cardíaco; VEJ= volume de ejeção; DP= duplo produto; EX = exercício; FE = Forma de execução; VE= velocidade de execução; RPM= rotação por minuto; CAM= caminhada; CICLI= ciclismo; COR= corrida; CICLO= cicloergômetro; min = minutos; seg = segundos; CON = Controle; PADE = pressão aplicada durante o exercício; LM = largura do manguito; - = Não informado; ↑ = aumento significativo; BI+RFS = baixa intensidade combinada a restrição do fluxo sanguíneo; BI = baixa intensidade; AI = alta intensidade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização do estudo

Trata-se de uma pesquisa quase-experimental com delineamento cruzado (*crossover*) e aleatorizado, no qual os sujeitos foram controles deles mesmos e submetidos a quatro condições experimentais (HOCHMAN et al., 2005; SOUSA; DRIESSNACK; MENDES, 2007).

3.2 Amostra

Vinte e dois homens atletas de futebol americano da equipe João Pessoa Espectros da cidade de João Pessoa – PB ($24,2 \pm 2,9$ anos; $75,0 \pm 8,5$ Kg; $176,4 \pm 5,8$ cm; $24,0 \pm 2,0$ kg/m²; e $15,6 \pm 5,3$ %G), participaram voluntariamente do estudo. Foram incluídos no estudo sujeitos com idade entre 18 e 30 anos, praticantes de exercícios aeróbios regularmente a pelo menos seis meses anteriores ao estudo e com frequência semanal superior a três dias, e que responderam negativamente ao PAR-Q, sem lesões osteomioarticulares, não fumantes, normotensos e que apresentaram o Índice Tornozelo Braquial ($> 0,90$ e $< 1,30$).



Figura 2. Fluxograma de perda amostral.

3. 3 Procedimentos éticos

Após serem explicados os possíveis riscos e benefícios inerentes ao presente estudo os sujeitos assinaram um termo de consentimento livre esclarecido, elaborado de acordo com a Declaração de Helsinki. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Centro de Ciências da Saúde, na Universidade Federal da Paraíba com protocolo 2. 095. 498.

3. 4 Desenho do estudo

O índice de tornozelo braquial (ITB), o ponto auscultatório de restrição de fluxo sanguíneo e medidas antropométricas foram mensurados na primeira visita ao laboratório, após 24 horas os sujeitos retornaram e realizaram o teste de esforço máximo na esteira para prescrição dos exercícios. Após estas visitas, os sujeitos voltaram ao laboratório em quatro ocasiões diferentes separadas por um intervalo de sete dias (*Wash out*), para realizarem quatro protocolos de exercício em ordem randomizada (*designer cross over*). Os sujeitos foram instruídos a abster-se da ingestão de suplementos nutricionais, cafeína e bebidas alcoólicas durante e após as sessões de exercício e ingerirem uma alimentação leve de 2 a 4 horas antes da sessão e a não praticar exercício físico 24 horas antes das sessões.

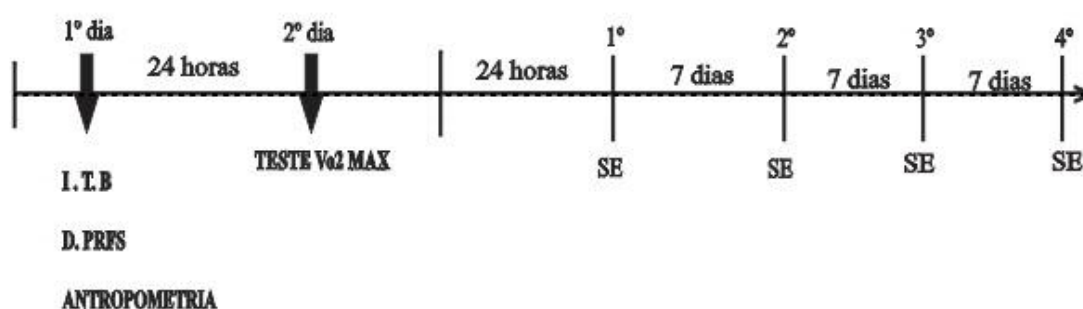


Figura 3. Descrição do desenho do estudo

I.T.B = Índice Tornozelo Braquial; D.PRFS = Determinação do ponto de restrição de fluxo sanguíneo; Teste de VO₂máx= Teste de esforço máximo e SE= Sessões experimentais.

3. 5 Procedimentos

3. 5. 1 Índice Tornozelo Braquial (ITB)

Realizou-se a medida clínica do índice tornozelo braquial como critério pré-participação do estudo, com a finalidade de verificar se os indivíduos tinham predisposição a ter a doença arterial obstrutiva de membros inferiores (DAOMI) (RESNICK et al., 2004). Os sujeitos receberam instruções para realização deste exame clínico, tais como: 1) não ingerir bebida cafeinada; 2) não fumar; 3) está com a bexiga vazia e 4) não realizarem exercícios físicos 24 horas anteriores ao exame. Com os indivíduos deitados em decúbito dorsal foi mensurada a pressão arterial sistólica dos braços direito e esquerdo (artéria braquial) e dos tornozelos direito e esquerdo (artéria tibial posterior) pelo método auscultatório de Korotkoff, sendo as medidas realizadas de maneira rotacional por meio de um aparelho Doppler Vascular Portátil, modelo DV2001 (Medpej, Ribeirão Preto, São Paulo) e um esfigmomanômetro aneróide (PREMIUM; GLICOMED®; São Paulo, Brasil).



Figura 4. Procedimentos da medida clínica do I. T. B

3. 5. 2 Determinação da restrição de fluxo sanguíneo

Os sujeitos permaneceram deitados em decúbito dorsal enquanto foi fixado na região proximal da coxa um torniquete pneumático com largura de 18 cm e comprimento de 80 cm (LAURENTINO et al., 2008) para os membros inferiores com leitura de até 300 mmHg. O torniquete foi inflado até o ponto que o pulso auscultatório da artéria tibial posterior fosse interrompido, sendo estabelecido como 100% de RFS. O pulso auscultatório da artéria tibial posterior foi verificado por meio do aparelho Doppler Vascular Portátil, modelo DV2001 (Medpej, Ribeirão Preto, São Paulo), no qual o transdutor do equipamento foi colocado sobre a pele, utilizando gel de acoplamento, no trajeto da artéria tibial com uma inclinação de aproximadamente 60° em relação ao eixo longitudinal do vaso. Determinou-se para cada indivíduo 50% da RFS como valor da pressão em mmHg aplicadas nas sessões experimentais. Para os protocolos com incremento da RFS a média de pressão aplicada na perna direita foi de $63,8 \pm 6,2$ mmHg e na perna esquerda de $62,3 \pm 5,1$ mmHg.



Figura 5. Determinação da Restrição de Fluxo sanguíneo

3. 5. 3 Antropometria e composição corporal

Para mensurar a estatura dos sujeitos foi utilizado um estadiômetro Sanny®, enquanto, a massa corporal, índice de massa corporal e percentual de

gordura foram avaliados pela bioimpedância octopolar InBody 570, cumprindo os procedimentos especificados na literatura (MILLER et al., 2016). Os sujeitos receberam instruções para realização desta avaliação, tais como: a) estar em jejum; b) não consumir bebidas alcoólicas 48 horas do exame, c) não realizar exercícios físicos com intensidade 12 horas antes da avaliação, d) não efetuar o exame perante a presença de um estado febril ou de desidratação, e) não utilizar objetos metálicos durante o exame, (f) não ingerir café, e (g) realizar a avaliação com trajes de banho ou roupa interior (PITANGA et al., 2012).



Figura 6. Avaliação da composição corporal

3. 5. 4 Avaliação da capacidade cardiorrespiratória

Realizou-se um teste de esforço máximo na esteira para prescrição dos exercícios nas sessões experimentais. O consumo de oxigênio foi mensurado diretamente em um protocolo contínuo incremental em uma esteira (Embreex 800EX; Brusque; Santa Catarina- Brasil). A inclinação da esteira foi fixada em 1% e a velocidade inicial mantida em 4km/h, durante o primeiro minuto. Após esse período, ocorreu um incremento de 1 km/h na velocidade a cada minuto. O critério de interrupção do teste foi a fadiga voluntária; e como parâmetro para

determinar se o teste foi máximo utilizou a (1) atingir frequência cardíaca máxima; (2) percepção subjetiva de esforço superior a 18 na escala de Borg e (3) razão de troca respiratória superior a 1,15. O maior volume de oxigênio (VO_2) obtido antes da interrupção do teste foi considerado o $\text{VO}_{2\text{pico}}$. A produção de dióxido de carbono e o VO_2 foram exibidos respiração a respiração por meio do analisador metabólico portátil K4b² (Cosmed®, Roma, Itália). Em cada sessão, o analisador de gases foi ligado 45 minutos antes da chegada do sujeito, para ser realizado o aquecimento do aparelho e para calibração do sistema de quatro formas diferentes (calibração do ar ambiente, calibração com gás de referência, calibração do tempo delay e calibração da turbina) conforme as recomendações do fabricante.



Figura 7. Teste de esforço máximo na esteira

3. 5. 5 Avaliação da taxa metabólica de repouso

A avaliação da TMR foi realizada pela calorimetria indireta por meio do analisador metabólico portátil K4b² (Cosmed®, Roma, Itália), com média de leitura respiração a respiração. A medida do VO₂ em repouso foi coletada durante 5 minutos e utilizado a média dos 30 segundos finais (ARTIOLI et al., 2012). Realizou-se em ambiente de condições laboratoriais com temperatura entre 22° e 24° C e umidade relativa do ar entre os 50 e 60% (Termo-higrômetro, Testo 608H1, Alemanha), em uma sala devidamente arejada, com a porta fechada e luz baixa, com objetivo de propiciar um ambiente agradável e tranquilo para acomodação dos voluntários (BONGANHA et al., 2009). Antes das sessões experimentais os sujeitos receberam recomendações para realização desta avaliação, tais como: (a) se alimentar entre 2 a 4 horas antes do teste, (b) não consumir álcool 48 horas antes do teste, (c) não realizar exercício físico de intensidade moderada à elevada nas 24 horas antes da avaliação, (d) fazer o mínimo de esforço para chegar ao local da avaliação.



Figura 8. Avaliação da taxa metabólica de Repouso

3. 5. 6 Protocolos experimentais

Todas as sessões experimentais foram randomizada conforme indicam (URBANIAK; PLOUS, 2013), pelo site [https:// www.randomizer.org/](https://www.randomizer.org/) em quatro sessões separadas por 7 dias. Cada sessão experimental teve duração total de 130 minutos em todos os protocolos do estudo. Os protocolos com e sem

exercícios aeróbios foram executados em 18 minutos, a saber: a) CC+RFS - caminhada na esteira continua (40% do VO_{2pico}) combinada a RFS; b) CC= caminhada continua (40% do VO_{2pico}); c) EIAI = exercício intervalado de alta intensidade - alternando 90 segundos de corrida (80% do VO_{2pico}) e 90 segundos de caminhada (40% do VO_{2pico}) e d) técnica da restrição de fluxo sanguíneo (TRFS) - consistiu na aplicação do esfigmomanômetro de pressão posicionado na porção mais proximal da coxa com o indivíduo em pé sem realização de exercício.

Para os quatro protocolos experimentais, os indivíduos chegaram ao laboratório durante o período da tarde e ficaram sentados na posição supina em repouso por 15 minutos, logo após foi colocado o analisador metabólico K4 (Cosmed, Roma, Itália), a máscara facial flexível (Hans Rudolph, Kansas City, EUA) para mensuração da TMR, VO_2 , VO_2/VCO_2 e o frequencímetro (Polar FT2, Polar Electro, Kempele, Finlândia) para mensurar a FC em repouso. Posteriormente, foi ingerido um lanche padrão com a finalidade de uniformizar a ingestão calórica entre todos os sujeitos antes das sessões do estudo (1 pão francês de 50 gramas com 1 fatia de queijo prato de 30 gramas e 1 copo de suco de frutas de 200ml) com densidade energética de aproximadamente 350 Kcal (Carboidrato – 61,7%; Proteína – 13,44% e Lipídeos – 24,86%) (ANICETO et al., 2013), em seguida os sujeitos se posicionaram sentados em repouso durante 30 minutos, para em seguida dar início aos protocolos experimentais com a mensuração das variáveis metabólicas durante a sessão (18 minutos) e após a sessão até 60 minutos. Todas as coletas foram realizadas no Laboratório de Cineantropometria e Desempenho Humano CCS/UFPB e as sessões foram acompanhados pelo pesquisador responsável e outros pesquisadores experientes na prescrição do exercício aeróbio com RFS, integrantes do (LABOCINE/CCS/UFPB).

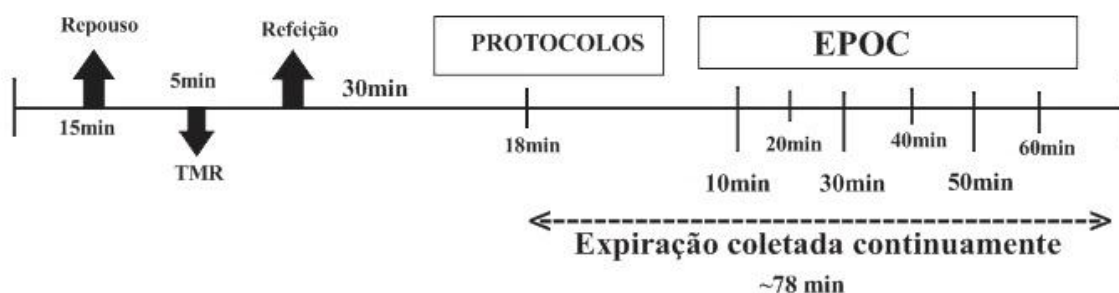


Figura 9 - Protocolo experimental.

TMR- Taxa metabólica de repouso; EPOC – Consumo excessivo de oxigênio mensurado pós-exercício.

3. 5. 7 Cálculo do gasto energético aeróbio nos protocolos experimentais

Para o cálculo do GE aeróbio de cada protocolo experimental (Kcal) foi utilizada a calorimetria indireta, no qual foi registrada a média do VO_2 do protocolo experimental e cada litro de O_2 foi multiplicado pelo valor do equivalente calórico do QR não-protéico metabolizado no protocolo e em seguida multiplicado pelo tempo de duração total do protocolo experimental (18 minutos). O GE aeróbio em repouso foi calculado pela média do VO_2 de repouso e cada litro de O_2 foi multiplicado pelo valor do equivalente calórico de 4,8 Kcal e em seguida multiplicado pelo tempo de duração total do protocolo experimental (SCOTT; CROTEAU; RAVLO, 2009; SCOTT; LEARY; TENBRAAK, 2011, LOENNEKE et al., 2011).

$$GEA = (VO_{2p} \times VEC \times TP)$$

Sendo:

GEA = gasto energético aeróbio

VO_{2p} = media do consumo de oxigênio do protocolo em litros

VEC = Valor do equivalente calórico do Quociente respiratório metabolizado na sessão

TP = Tempo de duração do protocolo experimental

VO_{2r} = media do consumo de oxigênio de repouso em litros

3. 5. 8 Avaliação do excesso de consumo de oxigênio pós-exercício

Para mensuração do EPOC o sujeito se posicionou sentado em uma cadeira e ficou em repouso absoluto, acordado, em uma sala fechada com temperatura entre 22° e 24° C e umidade relativa do ar entre os 50 e 60% (Termo-higrômetro, Testo 608H1, Alemanha), durante 60 minutos. Durante esse período, realizou-se a análise do VO₂ por meio do analisador metabólico portátil K4b₂ (Cosmed®, Roma, Itália).

3. 5. 9 Análise estatística

Os dados foram analisados no pacote estatístico computadorizado *Statistical Package for the Social Science* (SPSS) versão 20.0. Inicialmente, realizou-se uma análise exploratória para verificar a normalidade (Teste de *Shapiro-Wilk*) e a homogeneidade (Teste de Levene) dos dados. Como os dados atenderam os pressupostos da normalidade utilizou-se o teste de Anova One way para verificar possíveis diferenças significativas no gasto energético aeróbio entre os protocolos. Para análise estatística da curva do EPOC, do VO₂, QR e FC realizou-se inicialmente o teste de Teste de *Mauchly* para verificar a esfericidade dos dados e como as interações das variáveis dependentes violaram tais pressupostos da esfericidade adotou-se a correção de *Greenhouse-Geiser* na análise de Medidas repetidas para averiguar o efeito do tempo (tempo: repouso vs. medidas repetidas), do protocolo (CC+RFS vs. CC vs. EIAI vs. TRFS), e da interação (protocolo vs. tempo), com análise post hoc de *bonferroni*. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

4 RESULTADOS

Na análise do GE aeróbio durante a sessão de 18 minutos, observou-se que a demanda energética do protocolo de CC+RFS foi significativamente maior do que o protocolo de CC ($p = 0,038$) e do que a TRFS ($p < 0,001$), já o EIAI foi significativamente maior que todos os protocolos (CC+RFS; CC e TRFS) ($p < 0,001$) nos 18 minutos avaliados. No gasto energético pós sessão não houve

diferença significativa entre a CC+RFS vs. EIAI ($p > 0,05$), porém, observou-se que o protocolo de CC+RFS foi significativamente maior que CC ($p = 0,042$) e do que a TRFS ($p < 0,001$), já o EIAI promoveu um maior gasto energético pós sessão em relação aos protocolos de CC e TRFS ($p < 0,001$), conforme tabela 4.

Tabela 4. Gasto energético aeróbio pré, durante e após as sessões experimentais.

GEA	CC+RFS	CC	EIAI	TRFS
Repouso (Kcal)	26,3 ± 5,1	26,4 ± 6,4	24,7 ± 6,8	28,0 ± 4,8
Durante (Kcal)	146,8 ± 23,7 ^a	126,3 ± 17,0 ^{a,b}	223,5 ± 38,2	37,1 ± 4,8 ^{a,b,c}
60' Após (Kcal)	44,6 ± 6,7	38,4 ± 6,4 ^{a,b}	48,1 ± 9,7	21,3 ± 6,2 ^{a,b,c}

Legenda: CC+RFS= caminhada continua combinada a restrição de fluxo sanguíneo; CC= caminhada continua; EIAI = exercício intervalado de alta intensidade; TRFS = técnica da restrição de fluxo sanguíneo sem exercício; GEA= gasto energético aeróbio; a = significativamente diferente do EIAI; b = significativamente diferente do CC+RFS; c = significativamente diferente do CC.

Na análise comparativa do VO_2 , verificou-se interação significativa entre grupo x tempo ($F = 203,77$; $\eta_p^2 = 0,907$; $p < 0,001$), no grupo ($F = 355,75$; $\eta_p^2 = 0,944$; $p < 0,001$), e no tempo ($F = 632,60$; $\eta_p^2 = 0,968$; $p < 0,001$). Na interação tempo para o VO_2 , após análise post hoc verificou-se que em todos os protocolos houve aumento significativo de todas as medidas durante a sessão vs. repouso ($p < 0,05$). Nos protocolos (CC+RFS; CC e EIAI) houve aumentos significativos a cada 3 minutos durante o exercício até o 9º minuto da sessão, enquanto que no protocolo de TRFS houve aumento até o 6º minuto da sessão ($p < 0,05$). Na interação grupo para a VO_2 , após análise post hoc observou-se diferença significativa em todos os momentos durante a sessão entre os protocolos CC+RFS vs. CC e CC+RFS vs. TRFS ($p < 0,05$), com maiores valores de VO_2 para o protocolo CC+RFS e entre os protocolos EIAI vs. C+RFS; EIAI vs. CBI e EIAI vs. TRFS ($p < 0,001$), com maiores valores de VO_2 para o protocolo EIAI.

Tabela 5. Consumo de oxigênio durante as sessões experimentais.

VO ₂ (litros)	PROTOCOLOS			
	CC+RFS	CC	EIAI	TRFS
VO ₂ repouso	0,312 ± 0,61	0,304 ± 0,74	0,301 ± 0,72	0,331 ± 0,56
VO ₂ 3 min	1,350 ± 0,190 ^{*a}	1,247 ± 0,183 ^{*a,b}	2,104 ± 0,336 [*]	0,409 ± 0,48 ^{*a,b,c}
VO ₂ 6 min	1,660 ± 0,265 ^{*a}	1,501 ± 0,247 ^{*a,b}	2,516 ± 0,434 [*]	0,424 ± 0,58 ^{*a,b,c}
VO ₂ 9 min	1,720 ± 0,293 ^{*a}	1,554 ± 0,262 ^{*a,b}	2,621 ± 0,422 [*]	0,431 ± 0,69 ^{a,b,c}
VO ₂ 12 min	1,746 ± 0,323 ^a	1,561 ± 0,281 ^{a,b}	2,605 ± 0,445	0,427 ± 0,68 ^{a,b,c}
VO ₂ 15 min	1,726 ± 0,308 ^a	1,563 ± 0,294 ^{a,b}	2,559 ± 0,439	0,438 ± 0,73 ^{a,b,c}
VO ₂ 18 min	1,746 ± 0,287 ^a	1,570 ± 0,292 ^{a,b}	2,556 ± 0,452	0,418 ± 0,61 ^{a,b,c}

Legenda: * = diferença significativa na interação tempo; CC+RFS= caminhada continua combinado a restrição de fluxo sanguíneo; CC= caminhada continua; EIAI= exercício intervalado de alta intensidade e TRFS= técnica da restrição de fluxo sanguínea sem exercício; a = significativamente diferente do EIAI; b = significativamente diferente do CC+RFS; c = significativamente diferente do CC.

Na análise comparativa da FC, verificou-se interação significativa entre grupo x tempo ($F= 62,30$; $\eta_p^2 = 0,739$; $p < 0,001$), no grupo ($F= 250,48$; $\eta_p^2 = 0,019$; $p < 0,001$), e no tempo ($F= 408,77$; $\eta_p^2 = 0,949$; $p < 0,001$). Na interação tempo para a FC, após análise post hoc verificou-se que em todos os protocolos houve aumento significativo de todas as medidas durante a sessão vs. repouso ($p < 0,05$). Em todos os protocolos (CC+RFS; CBI; EIAI e TRFS) houveram aumentos significativos a cada 3 minutos durante o exercício até o 12º minuto da sessão ($p < 0,05$). Na interação grupo para a FC, após análise post hoc observou-se diferença significativa em todos os momentos durante a sessão entre os protocolos CC+RFS vs. CC e CC+RFS vs. TRFS ($p < 0,05$), com maiores valores de FC para o protocolo CC+RFS e entre os protocolos EIAI vs. CC+RFS; EIAI vs. CC e EIAI vs. TRFS ($p < 0,001$), com maiores valores de FC para o protocolo EIAI.

Tabela 6. Frequência cardíaca durante as sessões experimentais.

VARIÁVEL	PROTOCOLOS			
	CC+RFS	CC	EIAI	TRFS
FC repouso	63 ± 13	64,3 ± 14,7	63 ± 10	63 ± 14
FC 3 min	109 ± 13* a	103 ± 14* a,b	129 ± 19*	71 ± 11* a,b,c
FC 6 min	115 ± 14* a	107 ± 15* a,b	137 ± 16,3*	74 ± 11* a,b,c
FC 9min	118 ± 16* a	108 ± 14* a,b	143 ± 15,3*	75 ± 11* a,b,c
FC 12 min	121 ± 14* a	111 ± 16* a,b	147 ± 15,6*	75 ± 11* a,b,c
FC 15 min	122 ± 14 a	111 ± 15 a,b	147 ± 18,1	75 ± 12 a,b,c
FC 18 min	123 ± 17 ^a	107 ± 16 a,b	149 ± 18,4	78 ± 11 a,b,c

Legenda: FC= frequência cardíaca; * = diferença significativa na interação tempo; CC+RFS= caminhada continua combinado a restrição de fluxo sanguíneo; CC= caminhada continua; EIAI= exercício intervalado de alta intensidade e TRFS= técnica da restrição de fluxo sanguínea sem exercício; a = significativamente diferente do EIAI; b = significativamente diferente do CC+RFS; c = significativamente diferente do CC.

Na análise comparativa do QR durante a sessão, verificou-se interação significativa entre protocolo x tempo ($F= 8,482$; $\eta_p^2 = 0,288$; $p < 0,001$), no protocolo ($F= 48,944$; $\eta_p^2= 0,778$; $p < 0,001$) e no tempo ($F= 16,949$; $\eta_p^2= 0,447$; $p < 0,001$). Na interação tempo, após análise post hoc verificou-se que no protocolo de CC+RFS houve diferença significativa do repouso vs. o 6º minuto até o 18º minuto da sessão ($p < 0,05$), porém, com aumentos significativos ao longo da sessão até o 9º minuto ($p < 0,05$), enquanto que no protocolo de EIAI observou-se aumento significativo de todos os momentos avaliados durante a sessão vs. repouso ($p < 0,05$), porém, ao longo da sessão houve diferença significativa apenas entre os momentos 6º e 9º minutos ($p= 0,008$), já nos protocolos CC e TRFS houve aumentos significativos ao longo da sessão até o 9º minuto ($p < 0,05$). Na comparação entre os protocolos, verificou-se diferença significativa entre os protocolos CC+RFS vs. CC ($p= 0,019$); CC+RFS vs. TRFS ($p < 0,001$) e CC vs. TRFS ($p < 0,001$) a partir do 6º minuto da sessão, enquanto que o protocolo EIAI é significativamente maior que o protocolo de CC+RFS do 3º ao 15º da sessão ($p < 0,005$) e maior que o protocolo de CC e TRFS ($p < 0,001$) ao longo dos 18 minutos da sessão.

Tabela 7. Quociente respiratório durante as sessões experimentais.

VARIÁVEL	PROTOCOLOS			
	CC+RFS	CC	EIAI	TRFS
QR repouso	0,82 ± 0,05	0,83 ± 0,10	0,83 ± 0,10	0,82 ± 0,09
QR 3 min	0,85 ± 0,07 ^a	0,83 ± 0,06	0,98 ± 0,12*	0,84 ± 0,05 ^{a,b}
QR 6 min	0,91 ± 0,07* ^a	0,87 ± 0,06 ^{a,b}	1,02 ± 0,8*	0,81 ± 0,04 ^{a,b,c}
QR 9min	0,93 ± 0,05* ^a	0,88 ± 0,04 ^{a,b}	0,99 ± 0,06*	0,80 ± 0,04 ^{a,b,c}
QR12 min	0,93 ± 0,04* ^a	0,89 ± 0,04 ^{a,b}	0,99 ± 0,06*	0,81 ± 0,05 ^{a,b,c}
QR 15 min	0,94 ± 0,04* ^a	0,89 ± 0,04 ^{a,b}	0,99 ± 0,05*	0,81 ± 0,04 ^{a,b,c}
QR 18 min	0,94 ± 0,04*	0,89 ± 0,04 ^{a,b}	1,04 ± 0,21*	0,81 ± 0,04 ^{a,b,c}

Legenda: QR= quociente respiratório; * = significativamente diferente do repouso; CC+RFS= caminhada continua combinado a restrição de fluxo sanguíneo; CC= caminhada continua; EIAI= exercício intervalado de alta intensidade e TRFS= técnica da restrição de fluxo sanguínea; a = significativamente diferente do EIAI; b = significativamente diferente do CC+RFS; c = significativamente diferente do CC.

Na análise comparativa da primeira fase da recuperação do VO_2 , verificou-se interação significativa entre protocolo x tempo ($F= 53.767$; $\eta_p^2 = 0.719$; $p < 0.001$), no protocolo ($F= 73.566$; $\eta_p^2 = 0.778$; $p < 0.001$) e no tempo ($F= 360.799$; $\eta_p^2 = 0.945$; $p < 0.001$). Na interação tempo após análise post hoc, observou-se que o EPOC em todos os protocolos (CC+RFS, CC, EIAI e TRFS) não retorna para os níveis de repouso, sendo verificado aumento significativo de todos os momentos avaliados pós sessão vs. repouso ($p < 0.05$). Adicionalmente, verificou-se que não há reduções significativas no EPOC rápido a partir de 180 segundos nos protocolos de CC+RFS, EIAI e TRFS ($p > 0,05$), enquanto que no protocolo de CC são verificadas reduções significativas até 150 segundos ($p > 0,05$). Na interação protocolo, após análise post hoc observou-se que não houve diferença significativa entre os protocolos CC+RFS vs. EIAI em todos os momentos avaliados ($p > 0.05$) na curva da primeira fase de recuperação do VO_2 , porém, verificou-se que os protocolos de CC+RFS e EIAI apresentaram um EPOC significativamente maior do que o protocolo de CC e TRFS durante os 300 segundos avaliados pós sessão ($p > 0,05$), já o protocolo de CC foi significativamente maior do que o protocolo da TRFS até 60 segundos pós sessão ($p < 0.001$), conforme figura 9.

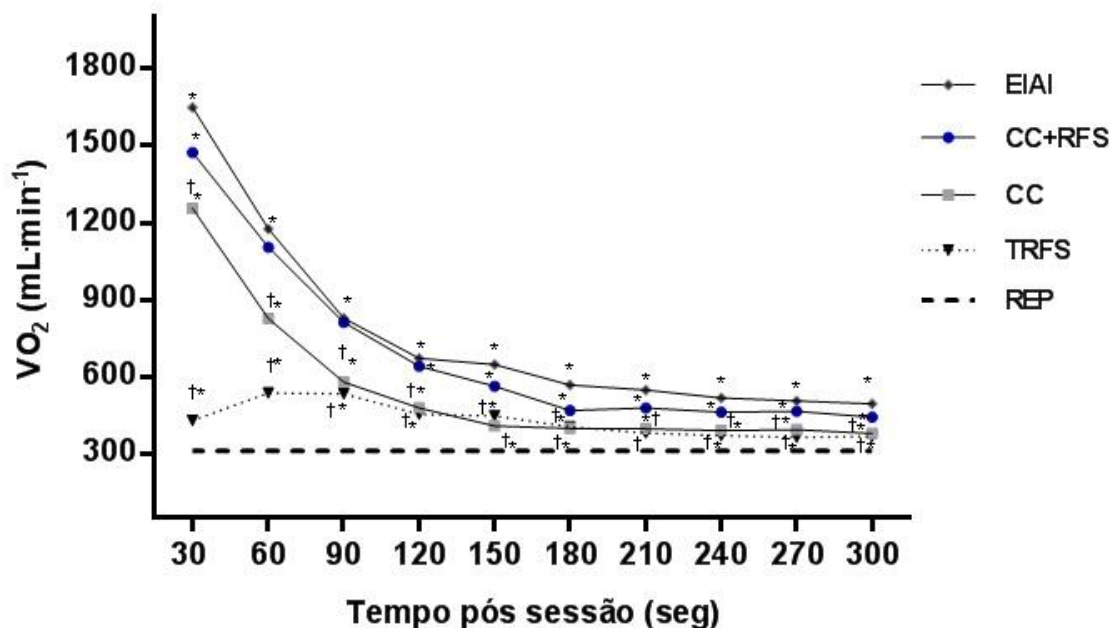


Figura 9. Curva cinética da primeira fase de recuperação do VO₂ pós sessões experimentais.

Legenda: EIAI = exercício intervalado de alta intensidade; CC+RFS = caminhada contínua combinado a restrição de fluxo sanguíneo; CC = caminhada contínua; TRFS = técnica da restrição de fluxo sanguíneo sem exercício; REP = consumo de oxigênio em repouso; * = significativamente diferente do repouso; † = diferença significativa entre os protocolos experimentais.

Na análise comparativa do EPOC no componente lento, houve interações significativas entre protocolo x tempo ($F= 23.432$; $\eta_p^2 = 0.527$; $p< 0.001$), no protocolo ($F= 11.101$; $\eta_p^2= 0.346$; $p< 0.001$) e no tempo ($F= 184.15$; $\eta_p^2= 0.898$; $p< 0.001$). Na interação tempo, observou-se que o EPOC lento em todos os protocolos (CC+RFS, CC, EIAI e TRFS) não retorna para os níveis de repouso, sendo verificados aumentos significativos de todos os momentos avaliados pós sessão vs. repouso ($p< 0.05$). Adicionalmente, são verificadas reduções significativas no EPOC lento até 30 minutos nos protocolo de CC+RFS e EIAI ($p> 0,05$), enquanto que nos protocolo de CC e TRFS são verificadas reduções significativas até 20 minutos ($p> 0,05$). Na interação protocolo para o EPOC lento, observou-se que não houve diferença significativa entre os protocolos CC+RFS e EIAI ($p> 0,05$), no entanto, ambos são significativamente maiores do que os protocolos de CC e TRFS no 10º minuto ($p< 0.001$) e no 20º minuto pós

sessão ($p < 0,05$), enquanto que o protocolo de CC é significativamente maior que o protocolo de TRFS apenas no 10º minuto pós sessão.

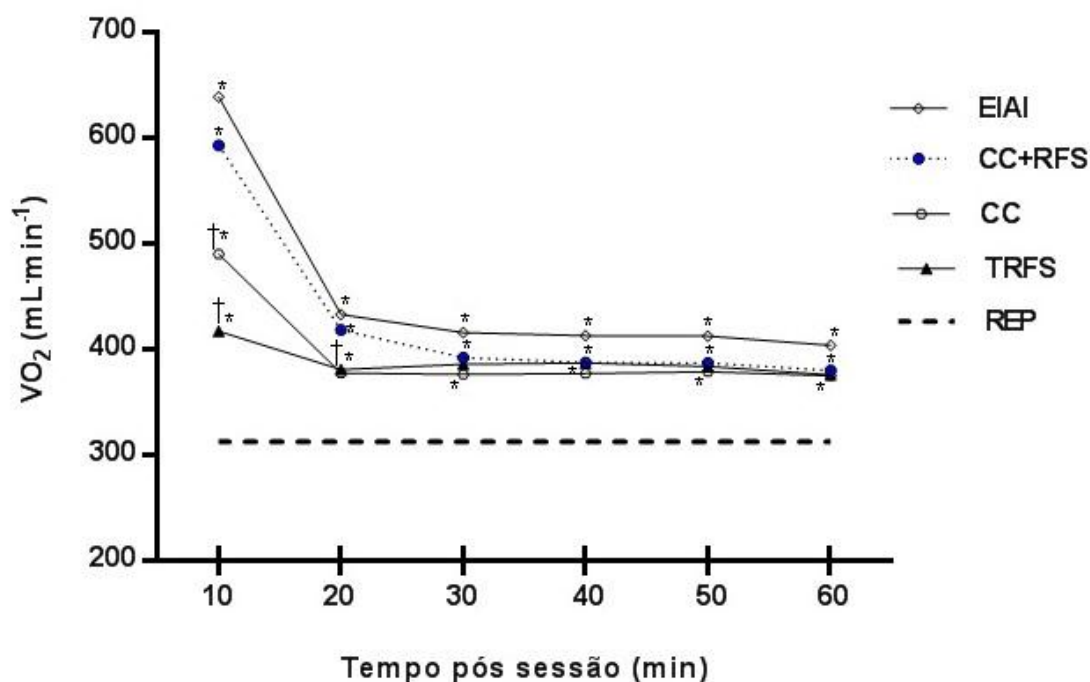


Figura 10. Curva cinética do EPOC lento após sessões experimentais.

Legenda: EIAI = exercício intervalado de alta intensidade; CC+RFS = caminhada continua combinado a restrição de fluxo sanguíneo; CC = caminhada continua; RFS = técnica da restrição de fluxo sanguíneo sem exercício; REP = consumo de oxigênio em repouso; * = significativamente diferente do repouso; † = diferença significativa entre os protocolos

Na análise do quociente respiratório pós sessão, verificou-se interação significativa no tempo ($F = 28,256$; $\eta_p^2 = 0,574$; $p > 0,001$) e no protocolo x tempo ($F = 9,439$; $\eta_p^2 = 0,310$; $p < 0,001$), porém, não houve interação significativa no protocolo ($F = 0,791$; $\eta_p^2 = 0,035$; $p = 0,489$). Na interação tempo, verificou-se após análise post hoc que houve um aumento significativo do 10º minuto pós sessão vs. repouso nos protocolos de CC+RFS ($p < 0,001$; $\Delta\% = 17,0$), CC ($p = 0,021$; $\Delta\% = 10,8$) e EIAI ($p > 0,001$; $\Delta\% = 18,0$). Adicionalmente, houve diferença significativa apenas no momento 10º minuto pós sessão, entre os protocolos CC+RFS vs. CC ($p = 0,041$) e CC+RFS vs. TRFS ($p < 0,001$), CC vs. TRFS ($p < 0,001$), EIAI vs. CC ($p < 0,001$) e EIAI vs. TRFS ($p < 0,001$).

Tabela 8. Análise do quociente respiratório após as sessões experimentais.

PROTOCOLOS				
TEMPO (MIN)	CC+RFS	CC	EIAI	TRFS
QRREP	0,82 ± 0,05	0,83 ± 0,10	0,83 ± 0,14	0,82 ± 0,09
QR 10 min	0,96 ± 0,05*	0,92 ± 0,05 ^{a,b}	0,98 ± 0,07*	0,83 ± 0,04
QR 20 min	0,86 ± 0,06	0,86 ± 0,06	0,86 ± 0,10	0,83 ± 0,04
QR 30 min	0,84 ± 0,05	0,84 ± 0,05	0,82 ± 0,09	0,85 ± 0,04
QR 40 min	0,84 ± 0,06	0,84 ± 0,06	0,81 ± 0,08	0,84 ± 0,04
QR 50 min	0,83 ± 0,04	0,83 ± 0,05	0,83 ± 0,08	0,85 ± 0,05
QR 60 min	0,84 ± 0,04	0,82 ± 0,04	0,83 ± 0,06	0,84 ± 0,04

Legenda: QR= quociente respiratório; *= diferença significativa na interação tempo; QRREP= quociente respiratório em repouso; CC+RFS= caminhada continua com restrição de fluxo sanguíneo; CC= caminhada continua; EIAI= exercício intervalado de alta intensidade; TRFS= técnica da restrição de fluxo sanguínea; a = significativamente diferente do EIAI; b = significativamente diferente do CC+RFS; c = significativamente diferente do CC.

5 DISCUSSÃO

O presente estudo analisou as respostas metabólicas durante e após sessões de exercício aeróbio de baixa intensidade com e sem RFS e intervalado de alta intensidade. A hipótese desta investigação foi parcialmente comprovada, visto que, o EIAI promoveu uma maior demanda energética durante o exercício quando comparado ao protocolo de CC+RFS, porém, na recuperação pós sessão não houveram diferenças significativas na magnitude do EPOC e na utilização de substrato energético entre os protocolos de EIAI e CC+RFS. Desta forma percebe-se que uma lacuna do conhecimento pode ter sido respondida e os dados beneficiam as pesquisas com o exercício aeróbio com RFS, uma vez que o exercício de força é mais característico deste método de treinamento.

Os principais achados desta investigação são: a) a CC+RFS promoveu uma maior demanda energética durante e após as sessões quando comparada

a CC e TRFS; b) o EIAI proporcionou uma maior demanda energética durante a sessão experimental quando comparada aos protocolos de CC+RFS, CC e TRFS; c) na análise da curva do EPOC verificou-se que todos os protocolos não retornam aos níveis de repouso e os protocolos de CC+RFS e EIAI são semelhantes durante os 60 minutos avaliados pós sessão, d) durante o exercício houve uma maior dependência de carboidrato nos protocolos de EIAI e CC+RFS

Desta forma, os resultados do presente estudo evidenciam que o protocolo de EIAI proporcionou uma elevação do gasto energético maior do que as sessões de CC+RFS, CC e TRFS durante a realização das sessões experimentais, e provavelmente isto ocorreu devido à execução de um maior trabalho durante a sessão, sendo um fato verificado semelhante ao estudo de Lins et al. (2010) no qual verificaram que um protocolo de corrida na esteira a 80% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ promoveu uma maior demanda energética durante o exercício quando comparada a um protocolo de caminhada e uma sessão de exercício com intensidade moderada. Por outro lado, os dados mostraram que uma caminhada continua combinada a restrição de fluxo sanguíneo proporcionou uma maior demanda energética durante o exercício quando comparada a uma sessão com a mesma intensidade sem RFS, corroborando desta forma os resultados encontrados por Loenneke et al. (2011) e Mendonca et al. (2014) no qual submeteram indivíduos jovens a uma caminhada intervalada com RFS.

Entretanto, no estudo de Loenneke et al. (2011) os sujeitos realizaram uma caminhada em cinco series de dois minutos com um minuto de intervalo entre as series, com uma velocidade fixa para todos os sujeitos e com a aplicação de faixas elásticas na porção proximal da coxa, assim, não se sabia qual a intensidade e o nível de pressão de RFS necessário para elevar o gasto energético na sessão. Ainda nessa perspectiva, no estudo de Mendonca et al. (2014) os sujeitos realizaram uma caminhada em cinco series de três minutos com um minuto de intervalo e com a utilização de uma pressão de RFS severa (200 mmHg) fixa para todos os sujeitos, o que pode não ser adequado para algumas populações, além disto, nestes estudos não consideraram o período de recuperação passivo nos intervalos entre as series, que pode ter sido um fator limitante para subestimar os resultados destas investigações.

De fato, tem se verificado na literatura que o nível de pressão de RFS utilizado durante o exercício aeróbio é um fator que influencia no VO_2 ao longo do exercício (OZAKI et al., 2010), aumentando a intensidade da sessão com RFS que por conseguinte eleva a demanda energética neste método de treinamento. E isto, é possível ser verificado no presente estudo em que apenas a aplicação de 50% de RFS sem a realização de exercício foi suficiente para elevar o VO_2 na sessão, já na investigação de Karabulut et al. (2015) realizado com obesos no cicloergômetro verificaram que a sessão de ciclismo executada com 60% de pressão de RFS aumentou a demanda energética maior do que em uma sessão realizada com 40% da pressão de RFS e do que em uma sessão de ciclismo sem RFS.

Assim, fica evidente que o aumento da demanda energética em sessões de exercício aeróbio com RFS pode depender da pressão de RFS aplicada durante o exercício, e isto explica em partes, o aumento ao longo de uma sessão de variáveis fisiológicas como a FC (ABE et al., 2006; LOENNEKE et al., 2011), VE (MENDONCA et al., 2014) e variáveis neuromusculares como a ativação muscular (WEISNER et al., 2013) maiores do que em sessões com a mesma intensidade sem RFS. Diante disto, outro fator que parece influenciar na demanda energética durante o EA+RFS é um maior recrutamento dos músculos das pernas que pode ser explicado pela redução do oxigênio e uma subsequente acumulação metabólica. Adicionalmente, no estudo de Mendonca et al. (2014) é reforçada a ideia de que o aumento do VO_2 líquido ao longo da sessão no EA+RFS pode ocorrer devido ao maior recrutamento da fibra do tipo II, e essa hipótese é suportada por estudos anteriores que mostraram que uma sessão aguda de treinamento aeróbio com RFS aumenta a atividade muscular em ambos os músculos dos membros com RFS (YASUDA et al., 2006).

Desta forma, considerando que as fibras musculares do tipo II requerem mais O_2 do que a do tipo I para a mesma taxa de trabalho, especula-se que o recrutamento do tipo da fibra muscular desempenha um papel importante no aumento da intensidade durante o EA+RFS, consequentemente aumentando a demanda energética maior do que em uma sessão com a mesma intensidade sem RFS. Assim, fica evidente que esta acumulação de metabólitos e um maior recrutamento das fibras musculares do tipo II geram um aumento da acidez intra e extracelular, proporcionando um aumento da demanda de O_2 utilizado pelos

músculos e grandes quantidades de CO₂ produzidos (KARABULUT et al., 2015), o que também explica e sustenta a elevação do QR durante o EA+RFS, alterando substancialmente a utilização dos substratos energéticos, como visto no presente estudo em que houve uma maior dependência do carboidrato durante o exercício nos protocolos de EIAI e CC+RFS.

Já em relação ao EPOC, existem evidências solidificadas de que a magnitude do EPOC está diretamente associada à intensidade e a duração do exercício (GORE; WITHERS, 1990; LAFORGIA; BORSHEIM; BAHR, 2003; WITHERS; GORE, 2006; LIMA-SILVA et al., 2008). No estudo de Gore e Withers (1990) verificaram que a intensidade do exercício exerce 45,5% da influência da magnitude do EPOC, enquanto que a duração teve apenas 8,9%, fato verificado na presente investigação, cujo EPOC se mantém elevado por mais tempo nos protocolos de CC+RFS e EIAI quando comparado aos protocolos de CC e TRFS, e especula-se que isto pode ter ocorrido pela intensidade do exercício ser relativamente maior nos protocolos EIAI e CC+RFS.

Nessa perspectiva, a literatura aponta que o EPOC é direcionado primordialmente para a restauração da mioglobina com O₂, dos níveis sanguíneos de O₂, do custo energético da ventilação e FC elevada, e certamente, restauração dos níveis de ATP-CP (DE FREITAS; MARANGON, 2008), e os dados do presente estudo revelam que a magnitude do EPOC é semelhante entre os protocolos de EIAI e CC+RFS, e possivelmente isto ocorre devido a RFS, que ao ser combinada a caminhada promove um ambiente isquêmico, estimulando mecanismos que possivelmente são responsáveis por elevações do EPOC, tais como redução da adenosina trifosfato [ATP] e creatina-fosfato [CP], depleção de fosfocreatina [PCr], redução do pH intramuscular, acumulação de lactato (POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013) e aumento da concentração de noradrenalina (KARABULUT et al., 2015).

Desta forma, o aumento da intensidade no protocolo de CC+RFS pode ser explicado em partes por estes mecanismos fisiológicos, que por sua vez influenciam no reabastecimento das reservas de O₂ no sangue e nos músculos, na ressíntese de ATP e fosfato de creatina, na remoção de lactato e da temperatura corporal após o exercício, contribuindo desta maneira para um aumento da magnitude do EPOC, sendo esta uma possível explicação para a semelhança no EPOC entre os protocolos de EIAI e TRFS. Assim, fica evidente

que é devido a estes mecanismos fisiológicos gerados pelo EA+RFS que pode ser explicado o fato da magnitude do EPOC no protocolo de CC+RFS ser relativamente maior do que em uma caminhada com a mesma intensidade sem RFS.

Em outra perspectiva, em relação ao QR pós sessão verificou-se que não houveram diferenças significativas entre os protocolos a partir do 10º minuto de recuperação, no entanto, ocorreram maiores reduções no protocolo de EIAI e CC+RFS, provavelmente isto ocorreu devido a um alto estresse na regulação do equilíbrio ácido-base durante o exercício (LINS et al. 2010). Outro aspecto a ser considerado para redução do QR nestes protocolos de EIAI e CC+RFS pode estar relacionado ao reabastecimento das reservas de bicarbonato, visto que, ao ser utilizado de uma forma mais acentuada nas reações de tamponamento, em respostas as elevações da acidose no meio intra e extracelular, o bicarbonato para ser ressintetizado necessita da incorporação de CO₂ em sua estrutura molecular resultando em um menor QR (PILARD et al.; 2010; LINS et al., 2010). Assim, este evento fisiológico pode fornecer uma falsa ideia de aumento na oxidação de gorduras, e devido à complexidade metodológica fica evidente que é difícil afirmar que o EIAI e a CC+RFS promovem elevação do metabolismo lipídico pós sessão. Finalmente, o presente estudo apresenta algumas limitações, tais como: 1) não foram analisados o gasto energético anaeróbio láctico e alático do exercício, podendo alterar os resultados destes protocolos utilizados no estudo; 2) estes resultados podem ser aplicados apenas para pessoas com essas características, podendo sofrer variações em pessoas jovens sedentárias, obesas e idosas e 3) não foram verificadas taxas hormonais e temperatura corporal, as quais seriam importantes para fornecer informações mais precisas para explicar os resultados do presente estudo. No entanto, apesar de tais limitações, sugere-se que sejam realizados estudos crônicos para verificar a eficácia deste método de treinamento na modulação da composição corporal de pessoas obesas e estudos agudos utilizando diferentes tamanhos de manguitos, pessoas com diferentes níveis de treinamento e faixas etárias e análises hormonais e de temperatura corporal.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que o exercício de caminhada contínua na esteira combinado à RFS proporcionou um gasto energético e um EPOC maior do que em uma sessão com a mesma intensidade sem RFS. Assim, na perspectiva de prescrição do exercício, a caminhada contínua com restrição de fluxo sanguíneo se torna uma possível alternativa para indivíduos jovens que demonstram ter pouco tempo em suas rotinas diárias para realização de exercício e aqueles que almejam aumentar o dispêndio de energia diário.

REFERÊNCIAS

- 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 Applied Physiologic**, v.100, p. 100-1460-1466, 2006.
- ABE, T.; FUJITA, S.; NAKAJIMA, T.; SAKAMAGI, M.; OZAKI, H.; SUGAYA, M.; KUDO, M.; KURANO, M.; YASUDA, T... Effects of Low-Intensity Cycle Training with Restricted Leg Blood Flow on Thigh Muscle Volume and VO_{2max} in Young Men. **Journal of Sports Science Medicine**, v. 1, n. 3, p. 452-458, 2010a.
- ABE, T.; SAKAMAKI, M.; FUJITA, S.; OZAKI, M. S.; SATO, Y.; NAKAJIMA, T. Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults. **Journal of Geriatric Physical Therapy**, v.33, n. 1, p. 34-40, 2010b.
- AINSWORTH, B. E. et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine and science in sports and exercise*. v. 32. n. 9. p.498-504, 2000.

ANICETO, R. R. et al. Efeitos agudos de diferentes métodos de treinamento com pesos sobre o gasto energético em homens treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.19, n. 3, p.181-185, 2013.

ARTIOLI, G. G., et al. Determining the contribution of the energy systems during exercise. **Journal of Visualized Experiments**, v. 20, n. 61, 2012.

ASTORINO, T. A. et al. Adaptations to high-intensity training are independent of gender. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 7, p. 1279–86, 2011.

BAHR, R. Excess post exercise oxygen consumption magnitude, mechanisms and practical implications. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 605, p. 1-70, 1992.

BERTUZZI, R.; NASCIMENTO, E. M. F.; URSO, R. P.; DAMASCENO, M.; LIMA-SILVA, A. E. Energy System Contributions during Incremental Exercise Test. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 12, p. 454-460, 2013.

BONGANHA, V., et al. A. Taxa metabólica de repouso e composição corporal em mulheres pós menopausa. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia Metabólicas**, v. 50, n. 3, p. 755-759, 2009.

BORSHEIM, E.; BAHR, R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. **Sports Medicine**, v. 33, n. 14, p. 1037-1060, 2003.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. **Sports Medicine**, v. 43, n. 5, p. 313-38, 2013.

BURGOMASTER, K. A; HEIGENHAUSER, G. J. F.; GIBALA, M. J. Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 6, p. 2041–2047, 2006.

CLARKSON, M. J., CONWAY, L.; WARMINGTON, S. T. Blood flow restriction walking and physical function in older adults: a randomized control trial. **Journal of Science and Medicine in Sport**, 2017. doi: 10.1519/JSC.

DAY, D. S.; GOZANSKY, W. S.; VAN PELT, R. E.; SCHWARTZ, R. S.; KOHRT, W. M. Sex hormone suppression reduces resting energy expenditure and beta-adrenergic support of resting energy expenditure. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 90, n. 6, p. 3312-3317, 2005.

DUARTE, C. K.; ALMEIDA, J. C.; MERKER, A. J.; BRAUER, F. O.; RODRIGUES, T. C. Physical activity level and exercise in patients with diabetes mellitus. **Revista da Associação Médica Brasileira**. v. 58, n. 2, p. 215-21, 2012.

FERRANNINI, E. The theoretical bases of indirect calorimetry: a review. **Metabolism**, v. 37, n. 3, p. 287-301, 1988.

FERREIRA, M. L. V.; SOUZA, S. A.; BONGANHA, V.; SANTOS, L. D.C.; CASTRO, A.; CAVAGLIERI, C. R.; CHACON-MIKAHIL, M. P.T. Cardiac autonomic and haemodynamic recovery after a single session of aerobic exercise with and without blood flow restriction in older adults. **Journal of Sports Sciences**, v. 28, p. 1-9, 2016.

FOUREAUX, G.; DE CASTRO PINTO, K.; DÂMASO, A. Efeito do consumo excessivo de oxigênio após exercício e da taxa metabólica de repouso no gasto energético. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 6, p. 393-398, 2006.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, v. 31, n. 10, p. 725-741, 2001.

GARBER, C. E.; BLISSMER, B.; DSECHENES, M. R.; FRANKLIN, B. A.; LAMONTE, M. J.; LEE, I. M.; NIESMAN, D. C.; SWAIN, D. P. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine Science Sports Exercise**. v. 43, n. 7, p. 1334-59, 2011.

HOCHMAN, B; NAHAS, F. X; OLIVEIRA FILHO, R. S; Ferreira, L. M. Desenhos de pesquisa. **Acta Cirurgica Brasileira**, v. 20, p. 2-9 2005.

HUNTER, G. R.; WEINSIER, R. L.; GOWER, B. A.; WETZSTEIN, C. Age-related decrease in resting energy expenditure in sedentary white women: effects of regional differences in lean and fat mass. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 73, n. 2, p. 333-337, 2001.

JEUKENDRUP, A. E.; WALLIS, G. A. Measurement of substrate oxidation during exercise by means of gas exchange measurements. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26 Suppl 1, p. S28-37, 2005.

JOHNSTONE, A. M.; MURISON, S. D.; DUNCAN, J. S.; RANCE, K. A.; SPEAKMAN, J. R. Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 82, n. 5, p. 941-948, 2005.

KARABULUT, M.; GARCIA, S. D. Hemodynamic responses and energy expenditure during blood flow restriction exercise in obese population. **Clinical Physiology Functional Imaging**, 2015. doi 10.1111/cpf.12258

KERAMIDAS, M. E.; KOUNALAKIS, S. N.; GELADAS, N. D. The effect of interval training combined with thigh cuffs pressure on maximal and submaximal exercise performance. **Clinical Physiology Functional Imaging**, v. 32, p. 205–213, 2012.

KIM, B. Thyroid hormone as a determinant of energy expenditure and the basal metabolic rate. **Thyroid**, v. 18, n. 2, p. 141-144, 2008.

KIM, D.; LOENNEKE, J. P.; THIEBAUD, R. S.; ABE, T.; BEMBEN, M. G. The acute muscular effects of cycling with and without different degrees of blood flow restriction. **Acta Physiologica Hungarica**, v. 102, n. 4, p. 428–441, 2015.

KIM et al. Comparative effects of vigorous-intensity and low-intensity blood flow restricted cycle training and detraining on muscle mass, strength, and aerobic capacity. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1453-1461, 2016.

KUMAGAI, K.; KUROBE, K.; ZHONG, H.; LOENNEKE, T.; THIEUBAUD, R. S.; OGITA, F.; ABE, T. Cardiovascular drift during low intensity exercise with leg blood flow restriction. **Acta Physiologica Hungarica**, v. 99, n. 4, p. 392–399, 2012.

LAURENTINO, G. C., UGRINOWITSCH, C., AIHARA, A. Y., FERNANDES, A. R., PARCELL, A. C., RICARD, M., & TRICOLI, V. Effects of strength training and vascular occlusion. **International Journal Sports Medicine**, v. 29, n. 8, p. 664-667, 2008.

LEVINE, J. A. Nonexercise activity thermogenesis (NEAT): environment and biology. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, v. 286, n. 5, p. E675-E685, 2004.

LIMA-SILVA, A. E., PIRES, F. O. BERTUZZI, R. Excesso de Oxigênio consumido pós-esforço: possíveis mecanismos fisiológicos. **Revista da Educação Física/UEM**, v. 21, n. 3, p. 563-575, 2010.

LINS, T. A.; NEVES, P. R. S.; COSTA, M. C.; PRADO, W. L. Efeitos de diferentes intensidades de exercício sobre o gasto energético e a sensação de fome em jovens. **Revista Brasileira de Cineantropometria Desempenho Humano**, v. 12, n. 5, p. 359-366, 2010.

LOENNEKE, J. P.; THROWER, A. D.; BALAPUR, A.; BARNES, J. T., & Pujol, T. J. The energy requirement of walking with restricted blood flow. **Sport Science**, v. 4, n. 2, p. 7-11, 2011.

LOENNEKE, J. P.; THROWER, A. D.; BALAPUR, A.; BARNES, J. T.; PUJOL, T. Blood flow-restricted walking does not result in an accumulation of metabolites. **Clinical Physiology Functional Imaging**, v. 32, p. 80-82, 2012.

MATSUURA, C., MEIRELLES, C. M., GOMES, P. S. C. Gasto energético e consumo de oxigênio pós-exercício contra-resistência. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 6, p. 729-40, 2006.

McARDLE et al., W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V. I. **Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

MELO, C. M.; TIRAPGUI, J.; RIBEIRO, S. M. L. Gasto energético corporal: conceitos, formas de avaliação e sua relação com a obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v.52, p. 452-464, 2009.

MENDONCA, G. V.; VAZ, J. R.; TEIXEIRA, M. S.; GRACIO, T.; PEZARAT-CORREIA, P. Metabolic cost of locomotion during treadmill walking with blood flow restriction. **Clinical Physiology Functional and Imaging**, v. 34, p. 308–316, 2014.

MENDONCA, G. V.; VAZ, J. R.; PEZARAT-CORREIA, P.; FERNHALL, R. Effects of walking with blood flow restriction on excess post-exercise oxygen consumption. **International Journal Sports and Medicine**, 2015.

MILLER, R. M.; CHAMBERS, T. L.; BURNS, S. P. Validating InBody® 570 Multifrequency Bioelectrical Impedance Analyzer versus DXA for Body Fat Percentage Analysis. **Journal Exercise physiology**, v. 19, n. 5, p. 71-78, 2016.

OLIVEIRA, M. F. M.; CAPUTO, F.; CORVINO, R. B. DENADAI, B. S. Short-term low-intensity blood flow restricted interval training improves both aerobic fitness

and muscle strength. **Scandinavian Journal Medicine of Science Sports**, v. 26, n. 9, p. 1017-25, 2016.

OZAKI, H.; BRECHUE, W. F.; SAKAMAGI, M.; YASUDA, T.; NISHIKAWA, M.; AOKI, N.; OGITA, F.; ABE, T. Metabolic and cardiovascular responses to upright cycle exercise with leg blood flow reduction. **Journal of sports science and Medicine**, v. 9, n. 2, p. 224-230, 2010.

OZAKI, H.; MIYACHI, M.; NAKAJIMA, T.; ABE, T. Effects of 10 Weeks Walk Training With Leg Blood Flow Reduction on Carotid Arterial Compliance and Muscle Size in the Elderly Adults. **Angiology**, v. 62, n. 1, p. 81-86, 2010.

OZAKI, H.; KAKIGI, R.; KOBAYASHI, H.; LOENNEKE, T.; ABE, T.; NAITO, H. Effects of walking combined with restricted leg blood flow on mTOR and MAPK signalling in young men. **Acta Physiologica**. v. 211, n. 1, p. 97-106, 2014.

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 Functional Imaging**, 2015. doi: 10.1111/cpf.12312.

PARK, S.; KIM, J. K.; CHOI, H. M.; KIM, H. G.; BEEKLEY, M. D.; NHO, H. Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 4, p. 591-600, 2010.

PITANGA, C. P. S.; PITANGA, F. J. G.; BECK, C. C.; GABRIEL, R. E. C. D.; MOREIRA, M. H. R. Nível de atividade física para prevenção do excesso de gordura visceral em mulheres pós menopáusicas: quanto é necessário? **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e metabologia**. v. 56, n. 6, p. 358-363, 2012.

PILLARD, F.; VAN WYMELBEKE, V.; GARRIGUE, E.; MORO, C.; CRAMPES, F.; GUILLAND, J. C. et al. Lipid oxidation in overweight men after exercise and food intake. **Metabolism**, v. 59, p. 267-274, 2010

POPE, Z. K.; WILLARDSON, J.M.; SCHOENFELD, B. J. Exercise and blood flow restriction. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 27, n. 10, p. 2914-2926, 2013.

PRADO, W., et al. Effect of a 12-week low vs. high intensity aerobic exercise training on appetite-regulating hormones in obese adolescents: a randomized exercise intervention study. **Pediatric Exercise Science**, v. 27, n. 4, p. 510-517, 2015.

REED, G. W.; HILL, J. O. Measuring the thermic effect of food. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 63, n. 2, p. 164-169, 1996.

RENZI, C. P.; TANAKA, H.; SUGAWAR, J. Effects of leg blood flow restriction during walking on cardiovascular function. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 4, p. 726–732, 2010.

RESNICK, H. E.; LINDSAY, R. S.; MCDERMOTT, M.M.; DEVEREUX, R. B. JONES, K. L.; FABSITZ, R. R.; HOWARD, B. V. Relationship of high and low ankle brachial index to all-cause and cardiovascular disease mortality. **Circulation**, v. 109, n. 6, p. 733-739, 2004.

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

SATO, Y. History and recent progress of KAATSU resistance training (in Japanese). **Journal Clinical Sports medicine**, v. 21, p. 209-213, 2004a.

SAKAMAGI, M. BEMBEN, M. G., ABE, T. Legs and trunk muscle hypertrophy following walk training with restricted leg muscle blood flow. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 10, n. 2, 338-340, 2011.

SANTOS, J. E. D. Efeito da atividade física associada à orientação alimentar em adolescentes obesos: comparação entre o exercício aeróbio e anaeróbio. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n. 5, p. 349–355, 2004.

SCOTT, C. B.; CROTEAU, A.; RAVLO, T. Energy expenditure before, during, and after the bench press. **Journal of Strength Conditional Research**. v. 23, p. 611-8, 2009.

SCOTT, C. B.; LEARY, M. P.; TENBRAAK, A. J. Energy expenditure characteristics of weight lifting: 2 sets to fatigue. **Applied Physiology Nutrition Metabolism**. v. 36, p. 115-20, 2011.

SOUSA, V. D.; DRIESSNACK, M.; MENDES, I. A. C. An overview of research designs relevant to nursing: Part 1: quantitative research designs. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 15, n. 3, p. 502-507, 2007.

SIMONSON, D. C.; DEFRONZO, R. A. Indirect calorimetry: methodological and interpretative problems. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, v. 258, n. 3 Pt 1, p. E399-412, 1990.

TAHARA, A.K.; SCHWARTZ, G. M.; SILVA, K.A. Aderência e manutenção da prática de exercícios em academias. **Revista brasileira de Ciências e Movimento**, v. 11, n. 4, p. 7-12, 2003.

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.

TAYLOR, C. W.; INGHAM, S. A.; FERGUSON, R. A. Acute and chronic effect of sprint interval training combined with post-exercise blood flow restriction in trained individuals. **Experimental Physiology**, v. 101, n. 1, p. 143-154, 2016.

THOMAZ, P. M. D et al. Fatores associados à atividade física em adultos, Brasília, DF. **Revista de Saúde Pública**, v. 44, n. 5, p. 894-900, 2010.

TROST, S. G., OWEN, N. BAUMAN, A. E., SALLIS, J. F., BROWN, W. Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 34, n. 12 p. 1996-2001, 2002.

TUCKER, W. J.; ANGADI, S. S.; GAESSER, G. A. Excess post exercise oxygen consumption after high-intensity and sprint interval exercise, and continuous steady-state exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 11, p. 3090-3097, 2016.

URBANIAK, G. C; PLOUS, S. (2013). Research Randomizer (Version 4.0). [Computer software]. Retrieved 30/05/2015, 2015, from <http://www.randomizer.org/>

WASSERMAN, K.; HANSEN, J.E.; SUE, D.Y.; WHIPP, B. J. **Principles of Exercise Testing and Interpretation**. Philadelphia, Lea & Febiger, 1987.

WEISNER, K.; BEEKLEY, M.; FINLEY, M. Functional Assessment Performance and Muscular Strength Improve in an Older Adult Following an 8-Week Kaatsu-Walk Training Program: A Case Study. **Physical & Occupational Therapy in Geriatrics**, v. 31, n. 1, p. 61–70, 2013.

SUGAWARA J, TOMOTO T, TANAKA H. Impact of leg blood flow restriction during walking on central arterial hemodynamics. **American Journal of Physiology Regulatory Integrative and Comparative Physiology**, v. 309, p. 732–739, 2015.

ANEXOS

ANEXO A – QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA A ATIVIDADE FÍSICA (PAR-Q)

Nº:	
Nome:	Idade:
Data de Nascimento: / /	Data da coleta: / /
Questionário de Prontidão para Atividade Física (Par-Q)	
1. Alguma vez seu médico disse que você possui algum problema de coração e recomendou que você só praticasse atividade física sob prescrição médica? () Sim () Não	
2. Você sente dor no peito causada pela prática de atividade física? () Sim () Não	
3. Você sentiu dor no peito no último mês? () Sim () Não	
4. Você tende a perder a consciência ou cair como resultado do treinamento? () Sim () Não	
5. Você tem algum problema ósseo ou muscular que poderia ser agravado com a prática de atividades físicas? () Sim () Não	
6. Seu médico já recomendou o uso de medicamentos para controle de sua pressão arterial ou condição cardiovascular? () Sim () Não	
7. Você tem consciência, através de sua própria experiência e/ou de aconselhamento médico, de alguma outra razão física que impeça a realização de atividades físicas? () Sim () Não	

ANEXO B – CERTIDÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Respostas metabólicas em sessões de exercícios aeróbios com e sem restrição de fluxo sanguíneo

Pesquisador: Julio Cesar Gomes da Silva

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 64790217.6.0000.5188

Instituição Proponente: Universidade Federal da Paraíba

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.095.498

Apresentação do Projeto:

Bem elaborada

Objetivo da Pesquisa:

Bem definido

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Realizada

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Faltível

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresentados segundo as normas da resolução 466/12

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: eticaccsufpb@hotmail.com

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, naturalidade, idade, estado civil, profissão, residente no endereço, número, bairro – cidade/UF, RG, CPF, estou sendo convidado a participar do estudo denominado “RESPOSTAS METABÓLICAS DURANTE E APÓS SESSÕES DE EXERCÍCIO AERÓBICO COM E SEM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO”, cujo objetivo é analisar a contribuição dos sistemas energéticos, gasto energético total durante o exercício e o consumo excessivo de oxigênio pós-exercício.

A minha participação no referido estudo será no sentido de ser submetido ao exercício de caminhada e corrida na esteira em dias alternados. Fui alertado de que, da pesquisa a se realizar, não é esperado nenhum benefício. Recebi, por outro lado, os esclarecimentos necessários sobre os possíveis desconfortos e riscos decorrentes do estudo, levando-se em conta que é uma pesquisa, e os resultados positivos ou negativos somente serão obtidos após a sua realização. Assim, pode ocorrer fadiga após o esforço, leve tontura, desconforto muscular local e desconforto na coleta de sangue devido à perfuração pela agulha para a coleta do lactato, que serão minimizados visto que serão acompanhados por profissionais de educação física e fisioterapeutas treinados. Receberão como benefícios o acompanhamento e resultados da capacidade cardiorrespiratória.

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo. Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e de, por desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo à assistência que venho recebendo.

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são Julio Cesar Gomes da Silva e Maria do Socorro Cirilo de Sousa e poderei manter contato pelos telefones (83) 8862-4032 e (83) 9950-0577. É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação. Em caso de reclamação ou qualquer tipo de denúncia sobre este estudo, devo ligar para o CEP UFPB (83) 3216-7791 ou mandar um email para eticaccsufpb@hotmail.com.

João Pessoa, ____ de _____ de 2016.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX – voluntário

Julio Cesar Gomes da Silva – Pesquisador

Maria do Socorro Cirilo de Sousa – Pesquisador

APÊNDICE B – PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA DISSERTAÇÃO

Artigo Aceito para publicação na Revista Motricidade
Quallis B1

Hipotensão e exercício aeróbio com RFS

**EFEITO DO EXERCÍCIO AERÓBIO INTERVALADO E CONTÍNUO COM E
SEM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE A PRESSÃO ARTERIAL
PÓS-EXERCÍCIO**

**EFFECT OF INTERVAL AND CONTINUOUS AEROBIC EXERCISE WITH AND
WITHOUT RESTRICTION OF BLOOD FLOW ON POST-EXERCISE BLOOD
PRESSURE**

Júlio Cesar Gomes da Silva^{1,2}, Elísio Alves Pereira Neto^{1,2}, Simoni Teixeira Bittar^{1,2},
Gabriel Rodrigues Neto^{1,2,3}, Jarbas Ralisson Domingos-Gomes^{1,2}, Maria S. Cirilo-
Sousa^{1,2}

Artigo Original

Artigo de Revisão Sistemática em fase de tradução para submissão na Revista Sport Medicine

Quallis A1- Fator de Impacto = 6,832

Adaptações agudas e crônicas do exercício aeróbio com restrição de fluxo sanguíneo: uma revisão sistemática

Título abreviado: *exercício aeróbio com restrição de fluxo sanguíneo*

Júlio Cesar Gomes da Silva^{1,2}, Elísio Alves Pereira Neto^{1,2}, Patrick Alan Souza Pfeiffer^{1,2}, Gabriel Rodrigues Neto^{1,2,3}, Michael Bemben⁴, Amanda de Sousa Santos Rodrigues^{1,2}, Maria S. Cirilo-Sousa^{1,2}

¹ Department of Physical Education, Associate Graduate Program in Physical Education UPE / UFPB, João Pessoa, Paraíba – Brazil

² Department of Physical Education, Kinanthropometry and Human Development Laboratory - UFPB, João Pessoa, Paraíba – Brazil

³ Coordination of Physical Education / Professional Master's in Family Health, Nursing and Medical Schools, Nova Esperança (FAMENE/ FACENE), João Pessoa, Paraíba – Brazil

⁴ Department of Health and Exercise Science / University of Oklahoma, Norman, United States of American

Corresponding author:

Julio Cesar Gomes da Silva, Department of Physical Education - Associate Graduate Program in Physical Education UPE / UFPB, Federal University of Paraíba, University City, Research Center for Human Movement Sciences, Kinanthropometry Laboratory, Room 06 and 08. Castelo Branco. João Pessoa – 58051-900, Brazil. E-mail: juliociesar123@gmail.com

Artigo Original em fase de tradução para submissão na revista *Perceptual Motor and Skills*

Quallis A2- Fator de Impacto = 0,626

RESPOSTAS PSICOFISIOLÓGICAS DURANTE A CAMINHADA CONTÍNUA COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO

Julio Cesar Gomes da Silva,^{1,2} Jarbas Rállison Domingos-Gomes,^{1,2} Gabriel Rodrigues Neto,^{1,2} Rodrigo Ramalho Aniceto^{1,3}, Adeilma Lima dos Santos,^{1,2} Maria do Socorro Cirilo-Sousa^{1,2}

¹Departamento de Educação Física, Programa Associado de Pós-graduação em Educação Física, Universidade de Pernambuco / Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

²Departamento de Educação Física, Laboratório de Cineantropometria e Desempenho Humano, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

³Departamento de Educação Física, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia, Camocim, Ceará, Brasil.

Corresponding author:

Julio Cesar Gomes da Silva, Department of Physical Education - Associate Graduate Program in Physical Education UPE / UFPB, Federal University of Paraíba, University City, Research Center for Human Movement Sciences, Kinanthropometry Laboratory, Room 06 and 08. Castelo Branco. João Pessoa – 58051-900, Brazil. E-mail: juliociesar123@gmail.com