

Dissertação

EFEITO DA ROUPA DE COMPRESSÃO EM MEMBROS INFERIORES  
DURANTE O ESFORÇO SOBRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, DE  
DESEMPENHO E PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO EM ADULTOS  
ATLETAS E NÃO ATLETAS: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE

César Augusto da Silva



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde:

Cardiologia e Ciências Cardiovasculares

EFEITO DA ROUPA DE COMPRESSÃO EM MEMBROS INFERIORES  
DURANTE O ESFORÇO SOBRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, DE  
DESEMPENHO E PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO EM ADULTOS  
ATLETAS E NÃO ATLETAS: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE

Autor: César Augusto da Silva

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Stein

Co-orientador: Prof. Dr. Daniel Umpierre de Moraes

*Dissertação submetida como requisito para  
obtenção do grau de Mestre ao Programa de Pós-  
Graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia e  
Ciências Cardiovasculares, da Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul.*

Porto Alegre

2016

Silva, César Augusto  
Eficácia da Roupa de Compressão em Membros  
Inferiores Durante o Esforço Sobre Parâmetros  
Fisiológicos, Perceptivos e de Desempenho em Adultos  
Atletas e Não Atletas: Revisão Sistemática e Meta-  
Análise / César Augusto Silva. -- 2016.  
56 f.

Orientador: Ricardo Stein.  
Coorientador: Daniel Umpierre Moraes.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa  
de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia e  
Ciências Cardiovasculares, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. Desempenho humano. 2. Roupa de compressão. I.  
Stein, Ricardo, orient. II. Moraes, Daniel Umpierre,  
coorient. III. Título.

Dedico este trabalho aos meus pais, exemplos de honestidade, pelo imensurável amor dedicado à família.

## AGRADECIMENTOS

Uso este espaço para registrar que a conclusão deste trabalho certamente não teria sido possível sem o envolvimento e apoio de todos os que dedico minha gratidão.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia e Ciências Cardiovasculares, por organizar e proporcionar o contato com profissionais extremamente qualificados.

Ao Hospital de Clínicas de Porto Alegre, por propiciar o contato com profissionais competentes e excelente estrutura.

Ao meu orientador Professor Doutor Ricardo Stein, pela sabedoria e extrema confiança depositada em mim ao longo destes anos, bem como pela prontidão e constante incentivo em minha trajetória acadêmica.

Ao Daniel Umpierre, co-orientador e amigo, por toda segurança, cordialidade, comprometimento, paciência e conhecimento transmitidos, invariavelmente de forma didática e resolutiva, através dos vários canais de comunicação hoje existentes.

Aos colegas constantemente presentes e empenhados Roberto Pacheco e Karlyse Belli, pelas inúmeras horas de trabalho e conhecimento dedicado e compartilhado, sempre de forma produtiva e acessível.

Ao colega Rafael Cechet pelo fundamental apoio na estruturação do projeto inicial e pelas discussões e indagações sempre pertinentes.

A todos os integrantes do Grupo de Pesquisa em Cardiologia do Exercício, em especial às colegas Rosane Nery e Maurice Zanini, pelo imediato apoio, confiança e acolhimento desde o meu primeiro contato com o grupo até hoje.

Aos meus pais e irmão, Saul, Tânia e Saul Júnior, pela referência, apoio, educação, imensurável amor e também pela compreensão.

À minha amada companheira Paula Maicá, pelo crucial apoio, exemplo de perseverança, paciência e compreensão. Muito obrigado pela confiança, empenho e sobretudo amor dedicado às nossas vidas.

Ao Sr. Gentil e Sra. Eloisa Maicá, pela generosidade, respeito e pelas incontáveis vibrações a cada conquista, por mais simples que pudessem parecer.

“A felicidade só é real quando compartilhada”.

(Christopher McCandless)

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS E TABELAS.....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>CAPÍTULO I.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>CAPÍTULO II.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>  | <b>12</b> |
| 2.1 ROUPA DE COMPRESSÃO: DA MEDICINA TERAPÊUTICA AO ESPORTE.....                 | 12        |
| 2.2 ROUPA DE COMPRESSÃO E PERCEPÇÃO DE ESFORÇO.....                              | 13        |
| 2.3 ROUPA DE COMPRESSÃO E REMOÇÃO DE METABÓLITOS MUSCULARES.....                 | 14        |
| 2.4 ROUPA DE COMPRESSÃO, PARÂMETROS HEMODINÂMICOS E<br>CARDIORRESPIRATÓRIOS..... | 15        |
| 2.5 ROUPA DE COMPRESSÃO, PROPRIOCEPÇÃO E OSCILAÇÃO MUSCULAR.....                 | 17        |
| <b>3 REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>CAPÍTULO III.....</b>   | <b>27</b> |
| <b>OBJETIVOS.....</b>  | <b>27</b> |
| <b>CAPÍTULO IV.....</b>  | <b>28</b> |
| <b>ARTIGO.....</b>   | <b>28</b> |
| <b>CAPÍTULO V.....</b>   | <b>53</b> |
| <b>CONCLUSÕES.....</b>   | <b>53</b> |
| <b>APÊNDICES.....</b>  | <b>54</b> |
| APÊNDICE 1 – ESTRATÉGIA DE BUSCA COMPLETA.....                                   | 54        |
| APÊNDICE 2 – CONTRIBUIÇÃO INDIVIDUAL DOS ESTUDOS QUANTO AOS<br>DESFECHOS.....    | 55        |

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**EP:** embolia pulmonar

**FC:** frequência cardíaca

**H<sup>+</sup>:** hidrogênio

**RC:** roupa de compressão

**TVP:** trombose venosa profunda

**TEV:** tromboembolismo venoso

**VO<sub>2max</sub>:** consumo de oxigênio máximo

**VO<sub>2pico</sub>:** consumo de oxigênio de pico

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

### FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Fluxograma de seleção dos estudos.....   | 34 |
| Figura 2: Classificação do risco de viés de acordo com a Cochrane tool.....  | 35 |
| Figura 3: Forest plot ilustrando o efeito da RC sobre o desempenho de tempo em eventos competitivos.....                     | 39 |
| Figura 4: Forest plot ilustrando o efeito da RC sobre o desempenho de tempo em testes de corrida entre 50 e 400m.....        | 39 |
| Figura 5: Forest plot ilustrando o efeito da RC sobre o desempenho de tempo em testes de corrida entre 800 e 3000m.....      | 40 |
| Figura 6: Forest plot ilustrando o efeito da RC sobre o desempenho de tempo em testes de corrida entre 5000m e maratona..... | 40 |
| Figura 7: Forest plot ilustrando o efeito da RC sobre o desempenho na altura do salto vertical.....                          | 41 |
| Figura 8: Forest plot ilustrando o efeito da RC sobre o consumo de oxigênio.....   | 42 |
| Figura 9: Forest plot ilustrando o efeito da RC sobre a concentração de lactato sanguíneo.....                               | 43 |
| Figura 10: Forest plot ilustrando o efeito da RC sobre a percepção subjetiva de esforço.....                                 | 44 |

### TABELA

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1. Características dos estudos e indivíduos incluídos.....        | 36 |
| Tabela 2 – Contribuição individual dos estudos quanto aos desfechos..... | 55 |

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUÇÃO

A roupa de compressão (RC) é uma vestimenta que aplica pressão mecânica sobre a superfície corporal por meio da compressão e estabilização dos tecidos subjacentes (1). Tal pressão depende primeiramente de propriedades mecânicas deste tipo de roupa, as quais derivam do material de confecção e do ajuste às dimensões corporais (1). A elasticidade, propriedade mecânica de determinados materiais de sofrer deformações reversíveis, é determinante para a manutenção da pressão exercida pela RC, tanto durante a sua utilização quanto no intervalo entre as sessões de uso (2).

Tipicamente utilizada como método não invasivo na profilaxia contra estase venosa (3), linfedema (4,5) e tromboembolismo venoso (6), a utilização deste recurso passou também para o âmbito esportivo. Em indivíduos saudáveis e em atletas o uso das RC tem aumentado. Neste cenário, estudos objetivando identificar os efeitos da compressão durante o exercício e o esporte têm sido realizados. Nestes experimentos parâmetros importantes relacionados à saúde e ao desempenho atlético têm sido investigados, tais como: força máxima (7), potência muscular (8), resistência muscular (9), potência anaeróbica (10) e capacidade aeróbica (11).

Em atletas de alto rendimento, quaisquer alterações que resultem em benefícios físicos, fisiológicos ou psicológicos podem ser determinantes para obtenção de resultados positivos nos mais diferentes eventos esportivos. Neste sentido, a compressão tem sido vista como um potencial recurso ergogênico na redução do tempo de *sprint* (10), atenuação da oscilação muscular (12) e na diminuição do custo energético (13) em corrida de intensidade submáxima. Melhora nos índices de percepção de fadiga (7) e de dor muscular (14) também são postulados como efeitos do uso de RC durante o exercício, inclusive em não atletas.

Rotinas de treinamento físico e competições esportivas frequentemente resultam em dano muscular induzido pelo exercício (15,16). A extensão do dano causado varia de acordo com fatores como tipo, intensidade, duração e volume de exercício (17). Pesquisas sugerem que as RC afetam funções que resultam na diminuição do estresse induzido pelo esforço físico, facilitando a remoção de metabólitos musculares (18,19), associados ao desconforto, tornando-as um fator considerável na recuperação para performances subsequentes.

Mais especificamente, enquanto alguns estudos sugerem melhora na performance de salto (8,12,20) e diminuição dos níveis de percepção de esforço (7,10) sob determinadas circunstâncias experimentais, conclusões consistentes acerca do uso de RC durante o exercício não foram firmadas. Tal fato se deve à grande heterogeneidade entre as diferentes investigações. Esta diversidade existe em relação à área corporal envolvida pela RC, tempo de utilização da vestimenta, intensidade e distribuição espacial da compressão aplicada, tipo de exercício, intensidade e volume de exercício, nível de aptidão dos indivíduos, assim como é relativa aos desfechos avaliados como indicadores de *performance* (21).

Apesar do uso difundido entre praticantes de exercício e atletas, sempre com o objetivo de melhora do desempenho físico, não encontramos na literatura atual grandes ensaios clínicos ou revisões sistemáticas que tenham verificado de forma consistente os efeitos positivos do uso da RC durante o exercício/esporte. Dentre os principais desfechos encontram-se as manifestações de força máxima e potência muscular, potência anaeróbica e capacidade aeróbica, assim como marcadores de dano muscular e índices de percepção de esforço e dor. Tendo em vista esta lacuna vigente na literatura internacional, delineamos o presente estudo com o objetivo de verificar o efeito da roupa de compressão em membros inferiores durante o esforço de alta intensidade sobre o desempenho do tempo, altura em salto vertical, consumo de oxigênio, concentração de lactato sanguíneo e percepção subjetiva de esforço quando comparado ao controle sem compressão.

## CAPÍTULO II

### 2 REVISÃO DE LITERATURA

#### 2.1 ROUPA DE COMPRESSÃO: DA MEDICINA TERAPÊUTICA AO ESPORTE

Através de válvulas responsáveis por manter o fluxo sanguíneo unidirecional, a orientação do sangue nos membros inferiores ocorre das veias superficiais para as profundas e, por meio da contração de musculaturas adjacentes, em direção ao coração. A hemodinâmica anormal do sistema venoso é um fator precursor de diferentes distúrbios e doenças vasculares como edema, úlceras varicosas, trombose venosa profunda (TVP) e embolia pulmonar (EP) (22). Mudanças no fluxo adequado deste sistema provocam alterações da circulação sanguínea com suas respectivas repercussões clínicas.

O tromboembolismo venoso (TEV), que compreende a TVP e a EP, representa um grande risco para o indivíduo e sociedade em virtude de possuir altas taxas de recorrência, redução da sobrevida e elevados custos de tratamento (23). A TVP e a EP constituem uma das principais causas de mortalidade cardiovascular (24,25) em países desenvolvidos. Tais disfunções são responsáveis por prejudicar a qualidade de vida dos indivíduos, além de aumentar a suscetibilidade à insuficiência venosa crônica (26,27).

Devido a sua prevalência e impacto sobre a saúde, instituições como *American Heart Association* e *European Society of Cardiology* têm desenvolvido diretrizes específicas para a prevenção e o manejo do TEV (24,28). Dentre as formas de tratamento e profilaxia utilizadas contra o TEV encontram-se estratégias medicamentosas (29,30) e abordagens não-farmacológicas (31–33). A utilização de RC é uma das medidas profiláticas adotadas por auxiliar no retorno venoso (34), especialmente dos membros inferiores, reduzindo a estase sanguínea (35), a dor e o edema (34).

Tendo em vista ser um recurso de baixo custo, não invasivo e com resultados efetivos no aumento do fluxo sanguíneo (36), redução de edema de membros inferiores e na melhora do retorno venoso (34), a RC passou a ser investigada no ambiente esportivo. Dentre os desfechos pesquisados em relação ao uso de RC durante o exercício, a redução nos índices de percepção de esforço (7,10), alterações na cinética do lactato muscular (18,19), influência

sobre a potência de membros inferiores (8,12), e a melhora na economia de corrida (13) encontram-se em destaque. A seguir, serão abordados os mecanismos atualmente entendidos como responsáveis pelos potenciais efeitos ergogênicos da utilização de RC durante o exercício.

## 2.2 ROUPA DE COMPRESSÃO E PERCEPÇÃO DE ESFORÇO

Durante um esforço físico, existem diferentes formas de monitorar a intensidade que é imposta sobre um indivíduo. Amplamente utilizada na prescrição de exercício e no treinamento esportivo, a chamada escala de Borg foi criada com o intuito de fornecer ao praticante uma forma de classificar subjetivamente o esforço realizado (37). Sua rápida aplicabilidade e sua associação com variáveis fisiológicas, como frequência cardíaca (FC) e lactato sanguíneo (38,39), consolidaram a utilização dessa escala como uma ferramenta para identificação do nível de esforço durante o exercício.

Embora não seja o método de referência, a escala de percepção de esforço de Borg é um recurso auxiliar na observação da intensidade em exercícios de resistência e especialmente em cardiorrespiratórios (40). Através da sua utilização também é possível perceber a instalação do processo de fadiga muscular (41,42). Independentemente da origem, central ou periférica, um sintoma comum da fadiga é a sensação de cansaço ou fraqueza associada ao esforço físico intenso ou prolongado (43). Assim, estratégias que visam protelar a manifestação da fadiga geram particular interesse por parte de atletas e desportistas amadores, já que sua manifestação compromete a capacidade de produção de força muscular (44).

Neste sentido, pesquisas associando o uso de RC na diminuição da fadiga muscular ganham espaço. Miyamoto et al. (45) investigaram o uso meias de compressão sobre a capacidade de gerar torque durante uma sessão de exercício para a musculatura da perna. Os resultados indicam que a RC, por melhorar a circulação periférica (34,46), atenua a fadiga do tríceps sural através da prevenção da acidose local. A acidificação do ambiente intramuscular é prejudicial às propriedades de contração do músculo, afetando a produção de força isométrica máxima e a velocidade de encurtamento (47,48).

A intensidade da pressão aplicada sobre a superfície corporal parece ter fundamental importância para a obtenção destes achados (49). A aplicação de pressões apropriadas nos membros inferiores, através de bermudas de compressão, reduziu o desenvolvimento de

fadiga e a percepção de esforço, na musculatura exercitada, durante corrida em velocidade submáxima (49). Resultados similares foram encontrados com o uso de meias compressivas (50), sendo que, em ambos os estudos, um dos possíveis mecanismos envolvidos na redução da fadiga muscular foi a remoção de metabólitos como íons  $H^+$  e fosfato inorgânico dos músculos exercitados.

Por fim, não é possível observar consenso na literatura atual entre uso de RC durante o exercício e melhora nos níveis de percepção subjetiva de esforço (13,51–53). Entre os estudos identificados na revisão de MacRae et al. (21), não foram encontrados efeitos ergogênicos do uso de RC sobre a fadiga e o nível de percepção de esforço. Embora a utilização de RC tenha se popularizado como um recurso para o incremento da performance no exercício e no esporte, seu efeito é maior quando utilizado como estratégia de recuperação pós-exercício (54).

### 2.3 ROUPA DE COMPRESSÃO E REMOÇÃO DE METABÓLITOS MUSCULARES

Outro potencial benefício atribuído ao uso de RC no exercício é o aumento na velocidade de remoção do lactato muscular. A presença em níveis elevados deste metabólito foi frequentemente associada ao desenvolvimento da fadiga no exercício (55), e mais recentemente, a uma redução na economia de corrida (56). Como resultado, diferentes experimentos são conduzidos com a finalidade de testar a influência da RC durante o exercício na remoção do lactato sanguíneo (7,19,52,57–59). Contudo, as pesquisas desenvolvidas têm apresentado resultados conflitantes a este respeito, o que parece não ter afetado o crescimento em publicidade desta vestimenta.

Lovell et al. (18) encontraram reduções nos níveis de lactato sanguíneo, durante a recuperação ativa, após um exercício de alta intensidade em esteira, quando os indivíduos utilizaram RC em comparação ao controle. Similarmente, Berry e McMurray (60) observaram menores níveis de lactato 15 minutos após uma sessão exaustiva de exercício em cicloergômetro quando a RC foi utilizada no exercício e na recuperação. Entretanto, quando as meias de compressão foram utilizadas no exercício e retiradas durante recuperação, os níveis de lactato sanguíneo pós-exercício foram significativamente maiores. A resposta nestes estudos sugere que o uso de RC na remoção do lactato durante a recuperação é eficiente, no entanto, sua contribuição sobre a cinética do lactato durante o exercício não é clara.

Uma hipótese levantada por Berry e McMurray (60) é que a RC pode atuar represando o lactato na musculatura exercitada. Nesta mesma linha, Rimaud et al. (19) encontraram valores de lactato sanguíneo significativamente maiores, ao final de um exercício incremental máximo, no grupo RC em comparação ao grupo sem compressão. Os autores pontuam que o maior acúmulo de lactato observado na condição experimental é atribuído a uma maior taxa de liberação líquida de lactato quando a musculatura ativa é submetida a pressões externas, estando em acordo com resultados de estudos anteriores (61–63).

Del Coso et al. (52) não encontraram diferença nos marcadores de dano e estresse muscular, nem mesmo na redução da função muscular, em atletas experientes ao final de uma competição de triathlon entre os grupos compressão e controle. Ali et al. (57) não evidenciaram quaisquer benefícios fisiológicos no uso de RC durante 40 minutos de corrida em intensidade submáxima quando comparado ao controle. Adicionalmente, a utilização de calças de compressão não promoveu alterações positivas em parâmetros fisiológicos como lactato sanguíneo em mulheres submetidas a corridas de 30 metros com intensidade máxima em comparação ao uso de roupas convencionais.

O mecanismo que serve de base para os estudos com resultado positivo é a melhora na circulação periférica causada pelo uso desse tipo de vestimenta (34,46). Por sua vez, o aumento do fluxo sanguíneo favorece a distribuição do lactato, bem como sua reutilização pelas musculaturas ativas, servindo como substrato energético para oxidação (64). Já em relação às pesquisas que não apresentaram melhora na cinética e no metabolismo do lactato durante o exercício com utilização de RC, permanecem dúvidas a respeito da efetividade deste recurso. De fato, o desconhecimento sobre o efeito da utilização de RC durante o exercício ainda requer cautela na elaboração de recomendações práticas (19).

## 2.4 ROUPA DE COMPRESSÃO, PARÂMETROS HEMODINÂMICOS E CARDIORRESPIRATÓRIOS

Apesar de limitados dados relacionando à influência de RC sobre efeitos cardiovasculares durante o exercício, a alteração do fluxo sanguíneo é repetidamente apontada como um efeito fisiológico da RC, e proposta como mediador de potenciais benefícios (21). Parte das informações de ordem cardiovascular que relacionam-se com a utilização de vestimentas compressivas, derivam de investigações no tratamento de pacientes apresentando complicações hemodinâmicas, fundamentalmente em situações de repouso. A transposição

destes resultados para indivíduos saudáveis deve ser evitada, principalmente em condições de exercício dinâmico (21).

Um considerável número de pesquisas não demonstrou influência significativa da RC sobre a FC máxima e submáxima entre indivíduos com diferentes níveis de aptidão física (10,13,14,46,57,65–67). Em desfechos como consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) e de pico ( $VO_{2pico}$ ), resultados similares entre as condições com e sem RC foram obtidos, sugerindo não haver diferença sobre a oferta e a utilização de oxigênio durante protocolos de exercício incremental (13,60,68,69). Assim, apesar de promover incremento no fluxo sanguíneo periférico, a utilização de RC não potencializa o desempenho em corrida até a exaustão (46).

Embora em menor número, resultados positivos foram encontrados em um estudo que investigou a utilização de RC sobre o custo energético de locomoção (por unidade de distância) (13). Neste ensaio, o custo energético, variável fundamental para o sucesso em esportes de resistência (70), foi significativamente menor durante o teste incremental no grupo RC. Embora a significância estatística tenha sido alcançada em um dos estágios do teste, houve tendência de melhora em diferentes momentos. No entanto, incrementos na propriocepção (12,71,72) e torque articular (12) foram os mecanismos sugeridos pelos autores como responsáveis pela redução do custo energético, já que não houve modificação sobre os parâmetros cardiorrespiratórios.

Interessantemente, ao avaliarem os indivíduos em um protocolo de corrida em carga constante (velocidade correspondente a  $\sim 80\% VO_{2max}$ ), os pesquisadores identificaram redução significativa ( $p=0,013$ ) do componente lento da cinética do  $VO_2$  (13) no grupo RC em relação ao controle. O comportamento desse componente permite caracterizar diferentes intensidades do exercício (73,74) e representa um marcador de eficiência muscular em exercício intenso com carga constante (75). Desta forma, embora tenha sido evidenciada alguma melhora em parâmetros cardiorrespiratórios promovidos pelo uso de RC durante exercício, são necessárias mais pesquisas para compreendermos a influência deste tipo de vestimenta sobre o desempenho no exercício e esporte.

Em um ensaio envolvendo ciclistas treinados com o objetivo de avaliar a influência de RC sobre concentração de lactato sanguíneo,  $VO_2$ , FC e oxigenação muscular, foi realizado teste contínuo com duração de 60 minutos (67). Segundo os autores, não foi observada nenhuma diferença nas medidas fisiológicas avaliadas entre RC e controle, corroborando achados anteriores (7,10,18,52,57,58,72). Em geral, estudos sobre RC abordando aspectos relacionados a parâmetros hemodinâmicos derivam em maior parte da literatura médica,

inviabilizando a extrapolação dos resultados para pesquisas desenvolvidas sob condições de exercício que reflitam intensidades de treinamento ou competição (21).

## 2.5 ROUPA DE COMPRESSÃO, PROPRIOCEPÇÃO E OSCILAÇÃO MUSCULAR

A capacidade de reconhecer a localização espacial do corpo, a força exercida pelos músculos bem como o posicionamento das articulações, é denominada propriocepção. Dentre os mecanismos positivamente envolvidos nos estudos sobre RC e desempenho físico no exercício ou esporte competitivo, encontra-se a melhora da propriocepção. Barret et al. (76) demonstraram melhora na percepção articular de pacientes e indivíduos saudáveis com a aplicação de bandagens e meias elásticas na articulação do joelho. De forma similar, Perla et al. (77) evidenciaram, em indivíduos com lesão na articulação do joelho, melhora de 25% na precisão do posicionamento articular em tarefas onde era exigida a replicação de angulações previamente demonstradas.

Um dos primeiros trabalhos a sugerir que adaptações proprioceptivas justificariam a melhora na performance de salto em atletas, relacionada ao uso de RC, foi o de Kraemer e colaboradores (20). Em homens atletas, a altura máxima alcançada no desempenho de salto vertical foi significativamente maior no grupo que utilizou bermudas compressivas quando comparado ao controle (12). Neste estudo, os indivíduos que receberam a intervenção com as vestimentas tiveram melhora na técnica de salto, detectada através de análise cinemática do movimento, apontada pelos autores como uma contribuição da propriocepção.

A aplicação de pressão mecânica sobre a pele tem sido relatada por ativar receptores cutâneos que transmitem informações essenciais a respeito do posicionamento articular para o sistema nervoso central (78,79). Além disso, o alongamento da pele é uma fonte significativa de informação proprioceptiva (80). Desta forma, a aplicação de compressão extraderme pode ser responsável pela melhora da propriocepção articular, contribuindo nas atividades de equilíbrio e salto, frequentemente observadas no meio esportivo. No entanto, ainda é necessário um número maior de pesquisas com indivíduos saudáveis, em exercício, uma vez que parte das investigações realizadas basearam-se em indivíduos com lesões e envolvendo tarefas com pouca atuação de componentes dinâmicos.

O uso de RC pode reduzir a oscilação muscular durante a execução de saltos, movimentos corporais frequentemente realizados na prática de exercício e no esporte (12,71). A conclusão encontrada em um estudo envolvendo homens e mulheres, atletas de nível

universitário, foi que o uso de bermudas de compressão quando comparado ao controle reduziu a oscilação muscular na região da coxa ( $p=0,013$ ), tanto no aspecto antero-posterior como no longitudinal (12). Ainda, o grupo experimental, quando combinados homens e mulheres, obteve aumento significativo na altura máxima de salto vertical com contramovimento ( $p=0,015$ ).

Corroborando os resultados anteriores, a alteração na velocidade vertical na musculatura da coxa após o impacto causado no contato com o solo, em indivíduos submetidos a séries múltiplas de saltos verticais, foi inferior no grupo que utilizou RC (71). Tem sido sugerido que o deslocamento oscilatório excessivo de um músculo pode contribuir para a fadiga, interferindo na neurotransmissão e no padrão ideal de recrutamento muscular (81,82). Até o momento, a redução da oscilação muscular é especulada como sendo um fator responsável pela melhora na performance de salto. Entretanto, se efeitos similares permanecem e influenciam positivamente outras formas de exercício, tais como corrida, isso ainda é incerto.

Não havendo até o momento um consenso a respeito do efeito da RC sobre o desempenho durante o exercício físico, faz-se relevante compreender o efeito desta intervenção. Desta forma, delineamos o presente estudo com o objetivo de verificar o efeito da RC em membros inferiores durante o esforço de alta intensidade sobre o desempenho do tempo, altura em salto vertical, consumo de oxigênio, concentração de lactato sanguíneo e percepção subjetiva de esforço quando comparado ao controle sem compressão.

### 3 REFERÊNCIAS

1. Partsch H. The Static Stiffness Index: A Simple Method to Assess the Elastic Property of Compression Material In Vivo. *Dermatologic Surg.* 2006 Mar 21;31(6):625–30.
2. Lurie F, Kistner R. Variability of interface pressure produced by ready-to-wear compression stockings. *Phlebology.* 2014 Nov 15;29(2):105–8.
3. Meara OS, Cullum N, Nelson A, et al. Compression for venous leg ulcers. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009 Jan 21;11(11):1–113.
4. Moseley AL, Carati CJ, Piller NB. A systematic review of common conservative therapies for arm lymphoedema secondary to breast cancer treatment. *Ann Oncol.* 2007 Apr;18(4):639–46.
5. Rinehart-Ayres ME. Conservative approaches to lymphedema treatment. *Cancer.* 1998 Dec 15;83(12 Suppl American):2828–32.
6. Qaseem A. Venous Thromboembolism Prophylaxis in Hospitalized Patients: A Clinical Practice Guideline From the American College of Physicians. *Ann Intern Med.* 2011 Nov 1;155(9):625.
7. Sperlich B, Born D-P, Swarén M, Kilian Y, Geesmann B, Kohl-Bareis M, et al. Is leg compression beneficial for alpine skiers? *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2013;5(1):18.
8. Ali A, Creasy RH, Edge JA. The effect of graduated compression stockings on running performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25(5):1385–92.
9. Gupta A, Bryers JJ, Clothier PJ. The effect of leg compression garments on the mechanical characteristics and performance of single-leg hopping in healthy male volunteers. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2015 Dec 19;7(1):10.
10. Born D-P, Holmberg H-C, Goernert F, Sperlich B. A novel compression garment with adhesive silicone stripes improves repeated sprint performance - a multi-experimental approach on the underlying mechanisms. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2014;6(1):21.
11. Stickford A SL, Chapman RF, Johnston JD, Stager JM. Lower Leg Compression, Running Mechanics and Economy in Trained Distance Runners. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015 Jan 1;10(1):76-83.

12. Doan BK, Kwon Y-H, Newton RU, Shim J, Popper EM, Rogers R a, et al. Evaluation of a lower-body compression garment. *J Sports Sci.* 2003;21(8):601–10.
13. Bringard a., Perrey S, Belluye N. Aerobic energy cost and sensation responses during submaximal running exercise - Positive effects of wearing compression tights. *Int J Sports Med.* 2006;27(5):373–8.
14. Ali A, Caine MP, Snow BG. Graduated compression stockings: physiological and perceptual responses during and after exercise. *J Sports Sci.* 2007;25(4):413–9.
15. Burt DG, Lamb K, Nicholas C, Twist C. Effects of exercise-induced muscle damage on resting metabolic rate, sub-maximal running and post-exercise oxygen consumption. *Eur J Sport Sci.* 2013 Apr 8;14(4):337–44.
16. Keane KM, Salicki R, Goodall S, Thomas K, Howatson G. Muscle Damage Response in Female Collegiate Athletes After Repeated Sprint Activity. *J Strength Cond Res.* 2015 Oct;29(10):2802–7.
17. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. *Sports Med.* 2003 Jan;33(2):145–64.
18. Lovell DI, Mason DG, Delphinus EM, McLellan CP. Do Compression Garments Enhance the Active Recovery Process after High-Intensity Running? *J Strength Cond Res.* 2011;25(12):3264–8.
19. Rimaud D, Messonnier L, Castells J, Devillard X, Calmels P. Effects of compression stockings during exercise and recovery on blood lactate kinetics. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(2):425–33.
20. Kraemer WJ, Bush J a., Bauer J a., Triplett-McBride NT, Paxton NJ, Clemson A, et al. Influence of Compression Garments on Vertical Jump Performance in NCAA Division I Volleyball Players. *J Strength Cond Res.* 1996;10(3):180–3.
21. MacRae B a., Cotter JD, Laing RM. Compression garments and exercise: Garment considerations, physiology and performance. *Sport Med.* 2011;41(10):815–43.
22. Eberhardt RT, Raffetto JD. Chronic Venous Insufficiency. *Circulation.* 2014 Jul 22;130(4):333–46.
23. Heit JA. Epidemiology of venous thromboembolism. *Nat Rev Cardiol. Nature Publishing Group;* 2015 Jun 16;12(8):464–74.

24. Jaff MR, McMurtry MS, Archer SL, Cushman M, Goldenberg N, Goldhaber SZ, et al. Management of massive and submassive pulmonary embolism, iliofemoral deep vein thrombosis, and chronic thromboembolic pulmonary hypertension: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2011;123(16):1788–830.
25. Cohen AT, Agnelli G, Anderson FA, Arcelus JI, Bergqvist D, Brecht JG, et al. Venous thromboembolism (VTE) in Europe. The number of VTE events and associated morbidity and mortality. *Thromb Haemost*. 2007 Oct;98(4):756–64.
26. Kahn SR, Kearon C, Julian JA, Mackinnon B, Kovacs MJ, Wells P, et al. Predictors of the post-thrombotic syndrome during long-term treatment of proximal deep vein thrombosis. *J Thromb Haemost*. 2005 Apr;3(4):718–23.
27. Prandoni P, Lensing AW, Cogo A, Cuppini S, Villalta S, Carta M, et al. The long-term clinical course of acute deep venous thrombosis. *Ann Intern Med*. 1996 Jul 1;125(1):1–7.
28. Konstantinides S V., Torbicki A, Agnelli G, Danchin N, Fitzmaurice D, Galiè N, et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. *Eur Heart J*. 2014 Nov 14;35(43):3033–73.
29. Kearon C, Ginsberg JS, Kovacs MJ, Anderson DR, Wells P, Julian JA, et al. Comparison of low-intensity warfarin therapy with conventional-intensity warfarin therapy for long-term prevention of recurrent venous thromboembolism. *N Engl J Med*. 2003 Aug 14;349(7):631–9.
30. Goldhaber SZ, Bounameaux H. Pulmonary embolism and deep vein thrombosis. *Lancet (London, England)*. 2012 May 12;379(9828):1835–46.
31. Prandoni P, Lensing AWA, Prins MH, Frulla M, Marchiori A, Bernardi E, et al. Below-knee elastic compression stockings to prevent the post-thrombotic syndrome: a randomized, controlled trial. *Ann Intern Med*. 2004 Aug 17;141(4):249–56.
32. Amaragiri S V, Lees TA. Elastic compression stockings for prevention of deep vein thrombosis. *Cochrane database Syst Rev*. 2000 Jan;(3):CD001484.
33. Kolbach DN, Sandbrink MWC, Hamulyak K, Neumann HAM, Prins MH. Non-pharmaceutical measures for prevention of post-thrombotic syndrome. *Cochrane database Syst Rev*. 2004 Jan;(1):CD004174.

34. Lattimer CR, Kalodiki E, Kafeza M, Azzam M, Geroulakos G. Quantifying the degree graduated elastic compression stockings enhance venous emptying. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2014 Jan;47(1):75–80.
35. Kuroiwa M, Takahira N, Ujihashi Y, Miida K, Arai Y, Kawatani H. Reduction in the soles of graduated compression stockings prevents falls without reducing the preventive effect for venous stasis. *Thromb Res.* 2015 May;135(5):877–81.
36. Charles T, Mackintosh D, Healy B, Perrin K, Weatherall M, Beasley R. Merino wool graduated compression stocking increases lower limb venous blood flow: a randomized controlled trial. *Adv Ther.* 2011 Mar;28(3):227–37.
37. Borg GA. Perceived exertion. *Exerc Sport Sci Rev.* 1974 Jan;2:131–53.
38. Noble BJ, Borg GA, Jacobs I, Ceci R, Kaiser P. A category-ratio perceived exertion scale: relationship to blood and muscle lactates and heart rate. *Med Sci Sports Exerc.* 1983 Jan;15(6):523–8.
39. Borg G, Hassmén P, Lagerström M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1987 Jan;56(6):679–85.
40. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011 Jul;43(7):1334–59.
41. Shepherd J, Gleeson N, Minshull C. Congruency and responsiveness of perceived exertion and time-to-end-point during an intermittent isometric fatigue task. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113(4):905–9.
42. Crewe H, Tucker R, Noakes TD. The rate of increase in rating of perceived exertion predicts the duration of exercise to fatigue at a fixed power output in different environmental conditions. *Eur J Appl Physiol.* 2008;103(5):569–77.
43. Keyser RE. Peripheral fatigue: high-energy phosphates and hydrogen ions. *PM R.* 2010 May;2(5):347–58.

44. Knicker AJ, Renshaw I, Oldham ARH, Cairns SP. Interactive processes link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. *Sports Med.* 2011 Apr 1;41(4):307–28.
45. Miyamoto N, Hirata K, Mitsukawa N, Yanai T, Kawakami Y. Effect of pressure intensity of graduated elastic compression stocking on muscle fatigue following calf-raise exercise. *J Electromyogr Kinesiol.* Elsevier Ltd; 2011;21(2):249–54.
46. Dascombe BJ, Hoare TK, Sear J a., Reaburn PR, Scanlan AT. The effects of wearing undersized lower-body compression garments on endurance running performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2011;6(2):160–73.
47. Dawson MJ, Gadian DG, Wilkie DR. Muscular fatigue investigated by phosphorus nuclear magnetic resonance. *Nature.* 1978 Aug 31;274(5674):861–6.
48. Rassier DE, Herzog W. Effects of pH on the length-dependent twitch potentiation in skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 2002;92(3):1293–9.
49. Miyamoto N, Kawakami Y. Effect of pressure intensity of compression short-tight on fatigue of thigh muscles. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(11):2168–74.
50. Miyamoto N, Kawakami Y. No graduated pressure profile in compression stockings still reduces muscle fatigue. *Int J Sports Med.* 2015 Mar;36(3):220–5.
51. Barwood MJ, Corbett J, Feeney J, Hannaford P, Henderson D, Jones I, et al. Compression Garments: No enhancement of high-intensity exercise in hot radiant conditions. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8(5):527–35.
52. Del Coso J, Areces F, Salinero JJ, González-Millán C, Abián-Vicén J, Soriano L, et al. Compression stockings do not improve muscular performance during a half-ironman triathlon race. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(3):587–95.
53. Venckūnas T, Trinkūnas E, Kamandulis S, Poderys J, Grūnovas A, Brazaitis M. Effect of Lower Body Compression Garments on Hemodynamics in Response to Running Session. *Sci World J.* 2014;2014:1–10.
54. Born DP, Sperlich B, Holmberg HC. Bringing light into the dark: Effects of compression clothing on performance and recovery. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8(1):4–18.

55. Tesch P, Sjödín B, Thorstensson A, Karlsson J. Muscle fatigue and its relation to lactate accumulation and LDH activity in man. *Acta Physiol Scand*. 1978 Aug;103(4):413–20.
56. Hoff J, Støren Ø, Finstad A, Wang E, Helgerud J. Increased blood lactate level deteriorates running economy in World class endurance athletes. *J Strength Cond Res*. 2016 Jan 22;
57. Ali A, Creasy RH, Edge J a. Physiological effects of wearing graduated compression stockings during running. *Eur J Appl Physiol*. 2010;109(6):1017–25.
58. Wahl P, Bloch W, Mester J, Born DP, Sperlich B. Effects of different levels of compression during sub-maximal and high-intensity exercise on erythrocyte deformability. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(6):2163–9.
59. Driller MW, Halson SL. The effects of wearing lower body compression garments during a cycling performance test. *Int J Sports Physiol Perform*. 2013;8(3):300–6.
60. Berry MJ, McMurray RG. Effects of graduated compression stockings on blood lactate following an exhaustive bout of exercise. *Am J Phys Med*. 1987;66(3):121–32.
61. Nishiyasu T, Nagashima K, Nadel ER, Mack GW. Human cardiovascular and humoral responses to moderate muscle activation during dynamic exercise. *J Appl Physiol*. 2000 Jan;88(1):300–7.
62. Sundberg CJ, Kaijser L. Effects of graded restriction of perfusion on circulation and metabolism in the working leg; quantification of a human ischaemia-model. *Acta Physiol Scand*. 1992 Sep;146(1):1–9.
63. Rowell LB, Savage M V, Chambers J, Blackmon JR. Cardiovascular responses to graded reductions in leg perfusion in exercising humans. *Am J Physiol*. 1991 Nov;261(5 Pt 2):H1545–53.
64. Monedero J, Donne B. Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *Int J Sports Med*. 2000 Nov;21(8):593–7.
65. Higgins T, Naughton G a., Burgess D. Effects of wearing compression garments on physiological and performance measures in a simulated game-specific circuit for netball. *J Sci Med Sport*. 2009;12(1):223–6.

66. Duffield R, Portus M. Comparison of three types of full-body compression garments on throwing and repeat-sprint performance in cricket players. *Br J Sports Med.* 2007 Jul;41(7):409–14; discussion 414.
67. Scanlan AT, Dascombe BJ, Reaburn PRJ, Osborne M. The effects of wearing lower-body compression garments during endurance cycling. *Int J Sports Physiol Perform.* 2008;3(4):424–38.
68. Sperlich B, Haegele M, Achtzehn S, Linville J, Holmberg H-C, Mester J. Different types of compression clothing do not increase sub-maximal and maximal endurance performance in well-trained athletes. *J Sports Sci.* 2010;28(6):609–14.
69. Kemmler W, von Stengel S, Köckritz C, Mayhew J, Wassermann A, Zapf J. Effect of compression stockings on running performance in men runners. *J Strength Cond Res.* 2009;23(1):101–5.
70. Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley J a. in *Trained Distance Runners.* *Sports Med.* 2004;34(7):465–85.
71. Kraemer WJ, Bush JA, Newton RU, Duncan ND, Volek JS, Denegar CR, et al. Influence of a compression garment on repetitive power output production before and after different types of muscle fatigue. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation.* 1998. p. 163–84.
72. Bernhardt T, Anderson GS. Influence of moderate prophylactic compression on sport performance. *J Strength Cond Res.* 2005;19(2):292–7.
73. Whipp BJ, Ward SA, Rossiter HB. Pulmonary O<sub>2</sub> uptake during exercise: conflating muscular and cardiovascular responses. *Med Sci Sports Exerc.* 2005 Sep; 37(9):1574–85.
74. Jones AM, McConnell AM. Effect of exercise modality on oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1999 Aug; 80(3):213–9.
75. Jones AM, Grassi B, Christensen PM, Krstrup P, Bangsbo J, Poole DC. Slow component of VO<sub>2</sub> kinetics: mechanistic bases and practical applications. *Med Sci Sports Exerc.* 2011 Nov; 43(11):2046–62.
76. Barrett DS, Cobb AG, Bentley G. Joint proprioception in normal, osteoarthritic and replaced knees. *J Bone Joint Surg Br.* 1991 Jan; 73(1):53–6.

77. Perlau R, Frank C, Fick G. The effect of elastic bandages on human knee proprioception in the uninjured population. *Am J Sports Med.* Jan; 23(2):251–5.
78. Moberg E. The role of cutaneous afferents in position sense, kinaesthesia, and motor function of the hand. *Brain.* 1983 Mar; 106 (Pt 1):1–19.
79. Simoneau GG, Degner RM, Kramper CA, Kittleson KH. Changes in ankle joint proprioception resulting from strips of athletic tape applied over the skin. *J Athl Train.* 1997 Apr; 32(2):141–7.
80. Collins DF, Prochazka A. Movement illusions evoked by ensemble cutaneous input from the dorsum of the human hand. *J Physiol.* 1996 Nov 1;496 Pt 3:857–71.
81. Perrey S. Compression Garments : Evidence for their Physiological Effects (P208). *Eng Sport* 7 (Vol 2). 2008;319–38.
82. Heise GD, Martin PE. Are variations in running economy in humans associated with ground reaction force characteristics? *Eur J Appl Physiol.* 2001 May; 84(5):438–42.

## **CAPÍTULO III**

### **OBJETIVO GERAL**

Verificar o efeito da roupa de compressão em membros inferiores durante o esforço de alta intensidade sobre o desempenho do tempo quando comparado ao controle sem compressão.

### **OBJETIVO ESPECÍFICO**

Verificar o efeito da roupa de compressão em membros inferiores durante o esforço de alta intensidade sobre a altura em salto vertical, consumo de oxigênio, concentração de lactato sanguíneo e percepção subjetiva de esforço quando comparado ao controle sem compressão.

## **CAPÍTULO IV**

### **ARTIGO**

Efeito da roupa de compressão em membros inferiores durante o esforço sobre parâmetros fisiológicos, de desempenho e percepção subjetiva de esforço em adultos atletas e não atletas:  
revisão sistemática e meta-análise

Normas da Sports Medicine

ISSN: 01121642 [versão impressa] / ISSN: 11792035 [versão eletrônica]

# Efeito da Roupa de Compressão em Membros Inferiores Durante o Esforço Sobre Parâmetros Fisiológicos, de Desempenho e Percepção Subjetiva de Esforço em Adultos Atletas e Não Atletas: Revisão Sistemática e Meta-Análise

César Augusto da Silva<sup>1,2</sup>, Roberto Pacheco da Silva<sup>1,3</sup>, Karlyse Claudino Beli<sup>1</sup>, Daniel Umpierre<sup>1,4</sup>, Ricardo Stein<sup>1,2,5</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Cardiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

<sup>2</sup> Grupo de Pesquisa em Cardiologia do Exercício – CardioEx (HCPA/UFRGS)

<sup>3</sup> Laboratório Interdisciplinar de Pesquisa em Sono – LIPES (HCPA/UFRGS)

<sup>4</sup> Instituto de Avaliação de Tecnologia em Saúde (IATS HCPA/UFRGS)

<sup>5</sup> Professor Adjunto da Faculdade de Medicina da UFRGS, Porto Alegre, Brasil

Autor correspondente: Ricardo Stein – [rstein@cardiol.br](mailto:rstein@cardiol.br)

## Resumo

**Introdução:** Roupas de compressão (RC) têm sido utilizadas no esporte. Entretanto, evidências quanto à eficácia desta estratégia são conflitantes.

**Objetivos:** Sumarizar as evidências sobre o efeito da RC nos membros inferiores (RCMI) durante exercício de alta intensidade ( $\geq 85\%$  consumo de oxigênio de pico -  $VO_2$ ) sobre o desempenho de tempo, potência de membros inferiores,  $VO_2$ , concentração de lactato sanguíneo ([La]) e percepção subjetiva de esforço (PSE) em atletas e não atletas comparado ao controle sem compressão.

**Métodos:** Realizou-se revisão sistemática com metanálise de ensaios clínicos randomizados, em indivíduos adultos ( $\geq 18$  anos), atletas e não atletas, com RCMI, nas bases PubMed, EMBASE, Cochrane, Clinical Trials e em listas de referências de revisões anteriores. Os resultados foram descritos como diferença média ponderada (DMP) com intervalo de confiança (IC) de 95%.

**Resultados:** Os 26 estudos incluídos apresentaram baixa heterogeneidade para os desfechos avaliados ( $I^2 = 0,00\%$ ). Não houve diferença significativa entre grupos quanto ao desempenho de tempo (Contrarrelógio = -0,24, IC95% -2,87–2,40; Tempo até exaustão = -0,03, IC95% -0,31–0,26), potência de membros inferiores (-0,14, IC95% -2,31–2,03),  $VO_2$  (0,18, IC95% -0,64–1,01), [La] (0,32, IC95% -0,00–0,64) e PSE (-0,18, IC95% -0,44–0,08).

**Conclusões:** Utilizar RCMI durante exercício de alta intensidade não alterou: desempenho de tempo,  $VO_2$ , potência de membros inferiores, [La] e PSE. Neste cenário, não foi demonstrada evidência de benefício na utilização de RCMI através dos protocolos avaliados, entretanto permanece incerto o efeito dessa intervenção sobre outras formas de exercício.

## Pontos Chave

Esta revisão sistemática com meta-análise resume os efeitos do

uso de roupa de compressão em membros inferiores (RCMI) durante o esforço intenso sobre parâmetros fisiológicos, de desempenho esportivo e percepção subjetiva de esforço, servindo como instrumento de apoio à tomada de decisão entre usuários, treinadores e atletas.

O uso de RCMI durante exercício de alta intensidade não apresentou alteração no desempenho de tempo, consumo de oxigênio, potência de membros inferiores, concentração de lactato sanguíneo e percepção subjetiva de esforço em comparação ao controle sem compressão.

Os resultados são similares independentemente do gênero, categoria atlética e graduação da intensidade do teste. Quando o tipo de RC foi analisado, indivíduos que utilizaram meia ou pernilo de compressão demonstraram aumento na concentração de lactato sanguíneo.

## 1 Introdução

A roupa de compressão (RC) é uma vestimenta que aplica pressão mecânica sobre a superfície corporal por meio da compressão e estabilização dos tecidos subjacentes [1]. Tipicamente utilizada como método não invasivo na profilaxia de pacientes com disfunções de ordem hemodinâmica [2–5], a utilização deste recurso passou também para o âmbito esportivo. Neste cenário, com o aumento na utilização das vestimentas entre indivíduos saudáveis e atletas, parâmetros importantes relacionados ao desempenho atlético têm sido investigados. Avaliações em força máxima [6], potência e resistência muscular [7,8], consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) [9] e tempo até exaustão [10], assim como concentrações de lactato sanguíneo ([La]) e níveis de percepção subjetiva de esforço (PSE) [11] são alguns desfechos pesquisados.

Enquanto certos estudos sugerem melhora em parâmetros importantes para o desempenho esportivo sob determinadas condições experimentais [6,7,12–14], conclusões inequívocas ainda não foram firmadas. A dificuldade na consistência entre os resultados se deve à grande heterogeneidade metodológica das investigações. Essa diversidade é relativa à área corporal envolvida pela RC, tempo de utilização da vestimenta, intensidade e distribuição espacial da compressão aplicada, tipo, intensidade e volume de exercício, nível de aptidão física dos indivíduos, assim como aos desfechos avaliados como indicadores de desempenho [15].

Nos últimos anos, o número de estudos avaliando o uso de RC durante o exercício tem aumentado, e as revisões sistemáticas têm sido desenhadas na tentativa de sumarizar seus efeitos [15–17]. Entretanto, as revisões conduzidas tiveram enfoque voltado para os mecanismos que hipoteticamente podem melhorar o desempenho esportivo [16,17], como alguns especulados pelos fabricantes, tais como altura em salto vertical, controle motor,  $VO_2$ , parâmetros cardíacos, marcadores de dano e esforço muscular, bem como escalas de PSE, dor e conforto. Sendo assim, Beliard et al. [17] concluiu que o uso de RC na prática esportiva permanece empírico, evidenciando a incerteza na eficácia deste recurso.

Em última análise, para muitas modalidades esportivas o tempo é reconhecido como uma medida acurada de desempenho. Considerando a lacuna de conhecimento sobre a influência das RC durante o esforço físico, uma revisão sistemática com meta-análise avaliando o tempo como variável indicativa de desempenho

poderia sintetizar de forma quantitativa as evidências sobre a eficácia do método. Sendo assim, o propósito desta revisão sistemática com meta-análise de ensaios clínicos randomizados foi de averiguar o efeito da RC em membros inferiores (RCMI), durante o esforço de alta intensidade ( $\geq 85\%$  consumo de oxigênio de pico –  $VO_2$ ), em indivíduos adultos ( $\geq 18$  anos), atletas e não atletas, sobre o desempenho do tempo. Além disso, também visou atualizar o conhecimento em relação à influência desta estratégia sobre altura em salto vertical,  $VO_2$ , [La] e PSE quando comparado ao controle sem compressão.

## 2 Métodos

Esta revisão sistemática com meta-análise foi relatada de acordo com o *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) statement* [18].

### 2.1 Estratégias de busca

Os estudos foram identificados a partir de buscas realizadas em fevereiro de 2016, sem restrição de data, nas seguintes bases de dados: MEDLINE (PubMed), Cochrane Central Register of Controlled Trials, EMBASE e Clinical Trials. Os principais termos utilizados na busca foram *athlete, adult, compression garment, compression clothing, elastic stocking, athletic performance, sport, physical exercise, time to exhaustion, time trial* e termos associados os quais foram combinados com uma estratégia sensível para a busca de ensaios clínicos randomizados (ECRs). A estratégia completa é apresentada no Apêndice 1 do material eletrônico suplementar. Adicionalmente, foram realizadas buscas na lista de referências de revisões da área.

### 2.2 Seleção dos Estudos

Para serem elegíveis os estudos deveriam 1) ser ECRs com grupo controle sem RC, 2) com a vestimenta sendo utilizada apenas em membros inferiores, 3) durante esforços de alta intensidade ( $VO_2 \geq 85\%$ ), 4) em indivíduos acima de 18 anos, 5) atletas de nível universitário à internacional e indivíduos não atletas. Para fins de classificação como atleta, o participante deveria apresentar uma das seguintes características: ser declarado pelo autor como atleta ou altamente treinado, membro de equipe universitária ou clube, ou apresentar  $VO_2$  acima de  $60\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  verificado no estudo. Foram incluídos estudos nos idiomas inglês, espanhol e português.

Para evitar o risco de duplicação na contagem de indivíduos incluídos em mais de um estudo do mesmo grupo de pesquisadores, foram avaliados tamanho amostral, características basais da amostra e períodos de recrutamento, e, se necessário, os autores eram contatados para maiores esclarecimentos. Ensaios que não apresentaram dados suficientes para a realização da meta-análise, mesmo após contato com autor, foram excluídos. Estudos em indivíduos com histórico ou diagnóstico de doença cardiovascular, pulmonar ou metabólica, doença vascular periférica (arterial ou venosa) ou que estivessem em uso de medicamento não foram incluídos. Referências duplicadas em bases de dados diferentes foram identificadas e excluídas.

A seleção dos estudos potencialmente elegíveis foi conduzida inicialmente por meio da análise de título e resumo. Dois investigadores (C.A.S. e R.P.S.) realizaram a seleção de maneira padronizada e cegada em todas as etapas. O cegamento só era aberto no cruzamento dos resultados da seleção, no qual a dupla deveria incluir ou excluir cada referência por consenso. Resumos que não ofereciam informações suficientes relativas a pelo menos

um critério de exclusão eram analisados posteriormente durante a fase de textos completos. Nesta fase, os casos de discordância também eram resolvidos por consenso ou através de um terceiro investigador (D.U.).

### 2.3 Extração de Dados

Dois investigadores (C.A.S. e R.P.S.) realizaram independentemente a extração dos dados em planilhas padronizadas, desenvolvidas pelo grupo de pesquisa e testadas previamente ao início da revisão. Os casos de discordância eram resolvidos por consenso ou através de um terceiro investigador (D.U.). Nos casos de dados incompletos nos estudos publicados, os autores eram contatados por e-mail. Vinte e três contatos foram realizados solicitando dados necessários para a meta-análise e que não estavam descritos com precisão no artigo. Destes, 9 (39%) foram respondidos com as informações completas, 10 (44%) não foram respondidos e 4 (17%) informaram não possuir mais estes dados.

As informações extraídas dos estudos contemplavam características dos participantes (idade, gênero, peso, estatura, capacidade aeróbica e informações sobre suas rotinas de treinamento), características das RC (tipo de roupa, intensidade da compressão, perfil de distribuição da compressão e se as vestimentas eram feitas sob medida) e desfechos (desempenho de tempo, altura de salto vertical,  $VO_2$ , [La] e valores de PSE).

### 2.4 Avaliação da Qualidade

Para avaliar o risco de viés foi utilizada a Cochrane *tool* [19]. A avaliação da qualidade dos estudos foi realizada por dois investigadores cegados um para a avaliação do outro (C.A.S. e R.P.S.). Os casos de discordância foram resolvidos por consenso ou através de um terceiro investigador (D.U.). A avaliação da qualidade foi dividida em 4 itens, sendo eles: a) controle para o efeito placebo, b) geração da sequência randômica, c) sigilo da sequência de alocação e d) relato seletivo dos desfechos. A classificação era dividida em três categorias: baixo, incerto ou alto risco de viés. A qualidade metodológica não foi utilizada como critério de elegibilidade.

### 2.5 Análise dos Dados

Todas as meta-análises foram realizadas utilizando o *software* Stata versão 11.0 (Stata Inc, College Station, Texas, USA). Dados de média e de dispersão de tendência central foram extraídos. Dados de dispersão expressos como erro padrão eram convertidos em desvio padrão. As estimativas agrupadas foram calculadas utilizando o modelo de efeitos aleatórios [20] e descritas como diferença média ponderada (DMP) com intervalos de confiança de 95% (IC95%). As análises principais compararam os efeitos do uso da RC *versus* controle sem compressão sobre os seguintes desfechos: 1) tempo até exaustão, 2) tempo em testes contrarrelógio, 3) altura em salto vertical, 4)  $VO_2$ , 5) [La] e 6) níveis de PSE avaliados através da escala de BORG [21]. Como alguns estudos compararam múltiplas intervenções (diferentes intensidades de compressão, tipos de RC) com um único grupo controle, dividimos este grupo em tamanhos de amostra menores ponderados em relação às diferentes intervenções [22]. As análises do desempenho de tempo foram separadas por modalidade esportiva, sendo analisadas somente nos grupos com pelo menos dois estudos.

Os protocolos baseados em testes de corrida foram agrupados de acordo com as distâncias reconhecidas pela *International Association of Athletics Federations* (IAAF). Devido à dificuldade de simular a influência exercida pela participação em eventos competitivos reais, estudos desta natureza foram analisados separadamente.

A possibilidade de viés de publicação foi avaliada plotando o tamanho de efeito no estudo *versus* o erro padrão sobre um gráfico de funil com contorno realçado [23]. A assimetria no gráfico de funil foi avaliada formalmente pelo teste de Begg e Egger [24], sendo considerados significativos valores de  $P < 0,1$ . O teste de inconsistência ( $I^2$ ) foi utilizado para verificar o percentual de heterogeneidade entre os estudos.

Foram realizadas análises de sensibilidade para avaliar subgrupos com características relevantes pré-estabelecidas pelos pesquisadores. As análises foram relativas aos indivíduos (gênero, categoria atlética), a intervenção (tipos de RC variando entre meia/pernito, bermuda ou uma combinação entre meia/pernito + bermuda ou calça) e aos protocolos de exercício (intensidade progressiva e não progressiva).

## 3 Resultados

### 3.1 Seleção dos Estudos

A busca nas bases de dados utilizadas resultou em 2811 referências potencialmente elegíveis. Após seleção por títulos e resumos, 89 referências foram revisadas na fase dos textos completos e 26 ECRs foram incluídos no estudo (Figura 1). Duas referências potencialmente elegíveis e não publicadas (1 resumo publicado em anais de congresso e 1 registro no *Clinical Trials*) não foram revisadas na fase dos textos completos, visto que não foi possível acessar o artigo final ou relatório com resultados (dados indisponíveis mesmo após contato com os autores).

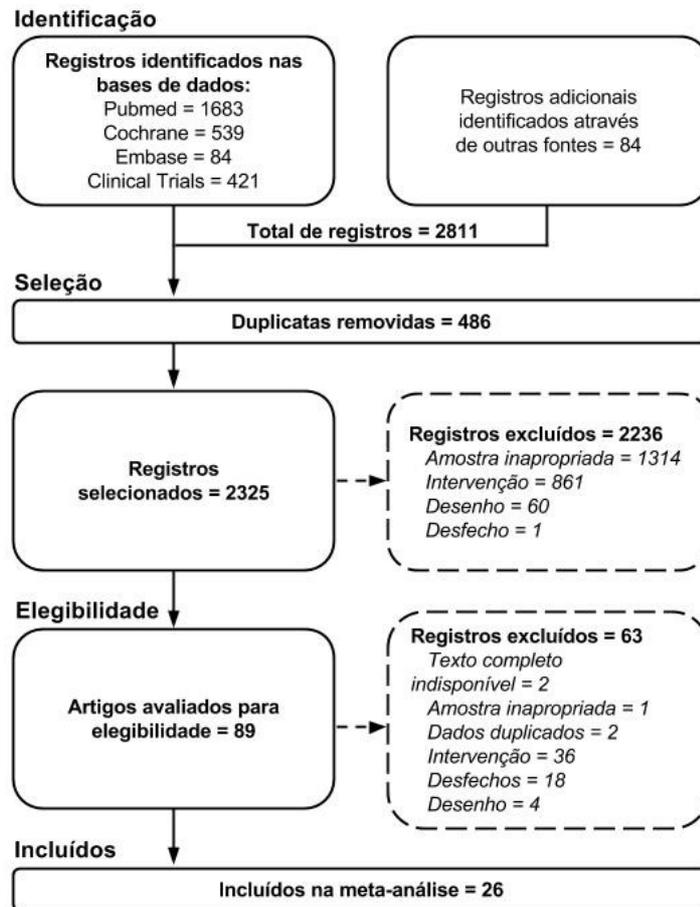


Figura 1: Fluxograma de seleção dos estudos

### 3.2 Avaliação da Qualidade

A Figura 2 apresenta a classificação do risco de viés para os 26 estudos incluídos. Destes, 77% (20 estudos) apresentaram baixo risco de viés quanto ao relato seletivo dos desfechos. Referente à utilização de estratégias para controlar ou minimizar o efeito placebo, 23% (6 estudos) apresentaram baixo risco de viés. Os critérios que avaliaram o método de geração da sequência randômica e o sigilo de alocação foram os que apresentaram maior ausência de informações. Dessa forma foi possível definir o risco de ambos os critérios apenas no estudo de Gupta et al. [8].

|                | A | B | C | D |
|----------------|---|---|---|---|
| Ali 2007       | ⊖ | ? | ? | + |
| Ali 2010       | + | ? | ? | ? |
| Ali 2011       | + | ? | ? | ⊖ |
| Areces 2015    | ⊖ | ? | ? | + |
| Barwood 2013   | + | ? | ? | + |
| Bernhardt 2005 | ⊖ | ? | ? | ⊖ |
| Born 2014      | + | ? | ? | + |
| Bringard 2006  | + | ? | ? | ? |
| Burden 2012    | ⊖ | ? | ? | + |
| Dascombe 2011  | ⊖ | ? | ? | + |
| Del Coso 2013  | ⊖ | ? | ? | + |
| Driller 2013   | ⊖ | ? | ? | + |
| Faulkner 2013  | ⊖ | ? | ? | + |

|                  | A | B | C | D |
|------------------|---|---|---|---|
| Goh 2011         | ⊖ | ? | ? | + |
| Gupta 2015       | + | + | ? | + |
| Kemmler 2009     | ⊖ | ? | ? | ? |
| Lovell 2011      | ⊖ | ? | ? | ? |
| Menetrier 2011   | ⊖ | ? | ? | + |
| Rider 2014       | ⊖ | ? | ? | + |
| Rimaud 2010      | ⊖ | ? | ? | + |
| Scanlan 2008     | ⊖ | ? | ? | + |
| Sperlich 2010    | ⊖ | ? | ? | + |
| Stickford 2015   | ⊖ | ? | ? | + |
| Varela-Sanz 2011 | ⊖ | ? | ? | + |
| Venckunas 2014   | ⊖ | ? | ? | + |
| Wahl 2012        | ⊖ | ? | ? | + |

A - Controle do efeito placebo  
 B - Geração da sequência randômica  
 C - Sigilo da lista de alocação  
 D - Relato seletivo de desfecho

**Risco de Viés**

+    ?    ⊖  
 Baixo    Incerto    Alto

Figura 2: Classificação do risco de viés de acordo com a *Cochrane tool*

De acordo com a avaliação qualitativa pelo *Funnel Plot*, dos 26 estudos avaliados, somente 2 (8%) apresentaram as estimativas de efeitos fora dos intervalos de confiança calculados, sugerindo baixo risco de viés de publicação.

### 3.3 Características dos estudos

As características dos estudos estão resumidas na Tabela 1. A amostra total incluiu 408 participantes, com idade entre 20 e 42 anos, sendo 86% (350) homens. Em 10 (38%) estudos os participantes foram descritos pelos autores como atletas ou se enquadravam nos critérios utilizados para definição de atleta. Todos os 26 ensaios foram publicados em inglês, 13 (50%) conduzidos na Europa, 10 (38%) na Oceania e 3 (12%) na América do Norte. Vinte e três (88%) ensaios utilizaram delineamento com grupos cruzados, 2 (8%) com grupos em paralelo e 1 (4%) utilizou ambos, a fim de analisar diferentes desfechos. Sobre o período de publicação, 8 (31%) ocorreram entre os anos de 2005 e 2010, e 18 (69%) entre 2011 e 2015.

Dos protocolos de exercício, 12 (46%) foram de corrida em esteira, 7 (27%) de corrida em quadra, pista, ou estrada, 4 (15%) em cicloergômetro, 2 (8%) em eventos competitivos de maratona e *triathlon*, e 1 (4%) de salto em uma perna. Sobre o grau de intensidade da compressão, 13 (50%) utilizaram níveis menores que 20 mmHg, 5 (19%) entre 20 e 30 mmHg, 4 (15%) não relataram e 4 (15%) testaram mais de uma intensidade, variando de 12 a 45 mmHg.

**Tabela 1. Características dos estudos e indivíduos incluídos**

| Fonte, ano      | Participantes                      |   | Vestimenta                             |                            | Protocolo do Estudo   | Variáveis de Desfecho  |
|-----------------|------------------------------------|---|--|----------------------------|---|--|
|                 | Amostra e gênero; idade (média±DP) | Categoria Atlética  | Tipo                                   | Faixa de Pressão (mmHg)    |   |  |
| Ali, 2007       | 14M;<br>22,5±1,7†                  | Homens saudáveis cujo desporto principal baseava-se em corrida: (1) $VO_{2max}$ 56±2 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> †, (2) $VO_{2max}$ 55±3 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> †. | Meia (G)                               | 18-22                      | 2 x 20 <i>shuttle-runs</i> (separados por 1h) e 10km CR (corrida em estrada)  | TE, distância percorrida, PSE, FC, ES  |
| Ali, 2010       | 9M / 1F;<br>36±10                  | Corredores competitivos ( $VO_{2max}$ 70±6 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ).  | Meia (G)                               | 12-15;<br>23-32;           | 40min (corrida em esteira a 90% da melhor velocidade pessoal em 10km com 1% de inclinação)  | $VO_2$ , [La], CK, Mio, salto, PSE, FC, ES   |
| Ali, 2011       | 9M / 3F;<br>33±10                  | Aletas bem treinados ( $VO_{2max}$ 69±6 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ).   | Meia (G)                               | 12-15;<br>18-21;<br>23-32; | 10km CR (corrida em pista)  | CR, [La], salto, PSE, PC, ES   |
| Areces, 2015    | 30M / 4F;<br>42±8,4                | Maratonistas experientes e saudáveis (melhor tempo em maratona 206±26min).  | Meia (G)                               | 20-25                      | 42km maratona   | CR, [La], CK, LDH, salto, PSE  |
| Barwood, 2013   | 8M; 21±2                           | Homens recreativamente ativos (esporte não especificado). 5km CR 26±4min.   | Calça (G)                              | 11-20                      | 5km CR (corrida em esteira sob condições de calor radiante)   | CR, PSE, FC, Temp, ES  |
| Bernhardt, 2005 | 10M / 3F;<br>25,7                  | Adultos jovens ativos de população universitária (esporte não especificado). $VO_{2pico}$ 50±9 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> .   | Bermuda                                | NR                         | 20m <i>shuttle run</i> , 20m <i>sprint</i> , salto, replicação de ângulo articular, teste de agilidade e equilíbrio, amplitude de movimento ativa | TE, $VO_2$ , <i>sprint</i> , salto, propriocepção, controle motor, ES                    |
| Born, 2014      | 24F; 24±2,5                        | Aletas de campo e pista ou de equipes de clubes esportivos (tempo em corrida de 30m 4,9±0,2s).  | Calça (G)                              | 18-22                      | Duas sessões de 30 x 30m <i>sprint</i>  | $VO_2$ , <i>sprint</i> , [La], SO, Temp, PSE, FC, ativação muscular, padrão de movimento |
| Bringard, 2006  | 6M;<br>31,2±5,4                    | Corredores bem treinados ( $VO_{2max}$ 60±7 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ).   | Calça                                  | NR                         | Teste progressivo em pista coberta a 10, 12, 14, 16 km/h (sob 31°C)   | $VO_2$ , PSE, temp, ES   |
| Burden, 2012    | 10M;<br>34,6±6,8                   | Triatletas e ciclistas bem treinados ( $VO_{2max}$ 51±7 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ).   | Calça (G)                              | 11-21                      | 10km CR em cicloergômetro e teste anaeróbico de Wingate   | TE, $VO_2$ , [La], <i>sprint</i> , PO, índice de fadiga, FC                              |
| Dascombe, 2011  | 11M;<br>28,4±10                    | Corredores e triatletas bem treinados ( $VO_{2max}$ 59±7 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ).  | Calça (G)                              | 14-22                      | Teste máximo progressivo e TE a 90% $VO_{2max}$ em esteira (sob 22±2 °C)  | TE, $VO_2$ , [La], FC, SO  |
| Del Coso, 2013  | 32M / 4F;<br>35,4±5,8              | Triatletas experientes (melhor tempo em um <i>half-ironman</i> 302±29min).  | Pernito (G)                            | NR                         | Competição de triatlo ( <i>Half-Ironman</i> : 1,9km natação, 90km ciclismo e 21,1km corrida)  | CR, salto, LDH, CK, Mio, PSE, Temp, ES   |
| Driller, 2013   | 12M; 30±6                          | Ciclistas altamente treinados ( $VO_{2pico}$ 67±3 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ).   | Calça (G)                              | 10-18                      | 30-min sessão de ciclismo (15min em sobrecarga constante + 15min CR)  | CR, [La], PO, PSE, FC, ES  |
| Faulkner, 2013  | 11M;<br>23,7±5,7                   | Corredores (melhor tempo 400m em 2011 53,9±2,7s).   | Calça(G);<br>Bermuda (G);<br>Meia (G); | 5-13;<br>4-8;<br>14-21     | 6 x 400m CR (em pista de corrida externa emborrachada)  | CR, FC, [La], PSE, ES  |

Tabela 1. continuação

| Fonte, ano      | Participantes                      |   | Vestimenta   |                         | Protocolo do Estudo   | Variáveis de Desfecho   |
|-----------------|------------------------------------|---|--------------|-------------------------|---|---|
|                 | Amostra e gênero; idade (média±DP) | Categoria Atlética  | Tipo         | Faixa de Pressão (mmHg) |   |   |
| Goh, 2011       | 10M; 29±10                         | Corredores recreativos ( $VO_{2max}$ 59±3 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ).   | Calça (G)    | 9-14                    | 20min de corrida em esteira no 1º limiar ventilatório seguido por corrida até a exaustão em velocidade do $VO_{2max}$ (sob condições de 10°C e 32°C)                        | TE, $VO_2$ , Temp, PSE  |
| Gupta, 2015     | 38M; 22,1±2,8                      | Estudantes saudáveis recreativamente ativos (esporte não especificado). Prática esportiva ou de exercício entre 3–15 h/semana por 6 meses antes do teste. | Calça        | NR                      | Salto em uma perna (132 saltos por minuto até a exaustão)   | TE, características espaço-temporais e mecânicas das pernas     |
| Kemmler, 2009   | 21M; 39,3±10,9                     | Corredores moderadamente treinados ( $VO_{2max}$ 52±6 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ).   | Meia (G)     | 18-24                   | Teste até a exaustão progressivo em esteira (sob 20-22°C)   | TE, $VO_2$ , [La], FC   |
| Lovell, 2011    | 25M; 21,6±2,5                      | Jogadores de rugby semiprofissionais (participantes da liga de rugby por 13±3 anos, com 3-5 sessões de treino/semana).                                    | Calça (G)    | 15-20                   | 30min de corrida em esteira composto por estágios de 5min que variam em 3 velocidades (6km/h, 10km/h e 85% $VO_{2max}$ )  | $VO_2$ , [La], FC   |
| Menetrier, 2011 | 14M; 21,9±0,7                      | Moderadamente treinados em resistência (volume de 3,1±0,3 h/semana de treino de resistência).   | Pernito (G)  | 15-27                   | 15min em repouso, 30min a 60% VAM, 15min de recuperação, corrida de TE a 100% VAM (esteira com 12% de inclinação), e um último período de recuperação de 30min (sob 22±1°C) | TE, PSE, SO, FC   |
| Rider, 2014     | 7M / 3F; 20,3±1,1                  | Corredores de <i>cross-country</i> da divisão III ( $VO_{2max}$ 64±7 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ).  | Meia (G)     | 15-20                   | Protocolo descontínuo de rampa em esteira até a exaustão  | TE, $VO_2$ , [La], PSE, FC                                      |
| Rimaud, 2010    | 8M; 27,1±2,5†                      | Indivíduos saudáveis treinados envolvidos em atividades de ciclismo, corrida ou natação ( $VO_{2max}$ 54±8 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> †).     | Meia (G)     | 12-22                   | Teste incremental de ciclismo até a exaustão  | $VO_2$ , [La], FC, pressão arterial sistólica e diastólica, PSE |
| Scanlan, 2008   | 12M; 20,5±3,6                      | Ciclistas bem treinados ( $VO_{2max}$ 55±7 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ).  | Calça (G)    | 9-20                    | 1h CR em cicloergômetro (entre 90-100 RPM sob 22±2°C)   | $VO_2$ , [La], FC, SO, PO                                       |
| Sperlich, 2010  | 15M; 27,1±4,8                      | Corredores e triatletas bem treinados ( $VO_{2max}$ 64±5 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ).  | Meia e calça | 20                      | 15min corrida em esteira a 70% $VO_{2max}$ + TE na velocidade máxima de teste incremental prévio  | TE, $VO_2$ , [La], SO, PSE, ES                                  |
| Stickford, 2015 | 16M; 22,4±3                        | Corredores altamente treinados (5km < 16min 30s ou $VO_{2max}$ > 65 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> no último ano).                                | Pernito (G)  | 15-20                   | Estágios de 4min nas 3 velocidades constantes submáximas 233, 268, e 300m/min em esteira  | $VO_2$ , variáveis cinemáticas da corrida                       |

Tabela 1. continuação

| Fonte, ano        | Participantes                        |   | Vestimenta  |                           | Protocolo do Estudo   | Variáveis de Desfecho                                      |
|-------------------|--------------------------------------|---|-------------|---------------------------|---|--|
|                   | Amostra e gênero; idade (média ± DP) | Categoria Atlética  | Tipo        | Faixa de pressão (mmHg)   |   |  |
| Varela-Sanz, 2011 | 13M / 3F;<br>34,7±6,3                | Corredores experientes (VO <sub>2max</sub> 63±9 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ).                               | Pernito (G) | 15-22                     | 4 x 6min em ritmo de meia maratona recente seguido por TE a 105% de um ritmo recente de 10km em esteira | TE, VO <sub>2</sub> , [La], FC, PSE, variáveis cinemáticas |
| Venckunas, 2014   | 13F;<br>25,1±4,2                     | Adultos jovens saudáveis recreativamente ativos (participavam de atividades físicas recreacionais de 2-4 vezes/semana). | Calça       | 17-18                     | 4km a um ritmo de 7min 30s por km, seguido imediatamente por 400m CR em pista coberta de 200m           | CR, PSE, FC, Temp, PC, ES, SO                              |
| Wahl, 2012        | 9M;<br>25,8±3,8                      | Corredores e triatletas bem treinados (VO <sub>2pico</sub> 58±5 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ).               | Meia (G)    | 13-21;<br>23-31;<br>39-46 | 30min a 70% VO <sub>2</sub> seguido por um TE incremental em esteira                                    | TE, VO <sub>2</sub> , [La], FC                             |

Abreviações e símbolos: **DP**, desvio padrão; ‡, DP obtido multiplicando o erro padrão da média pela raiz quadrada do tamanho da amostra; **M**, masculino; **F**, feminino; **G**, compressão gradual; **CR**, contra relógio; **ES**, escala de sensibilidade (conforto, pressão, dor, sensação térmica); **PSE**, percepção subjetiva de esforço; **FC**, frequência cardíaca; **[La]**, concentração de lactato sanguíneo; **PC**, parâmetros cardíacos (FC, débito cardíaco, índice cardíaco, volume sistólico, fluxo sanguíneo); **CK**, creatina quinase; **Mio**, concentração de mioglobina no sangue; **LDH**, concentração sanguínea de lactato desidrogenase; **Salto**, salto vertical; **Temp**, temperatura corporal (temperatura superficial ou central); **VO<sub>2</sub>**, consumo de oxigênio; **VO<sub>2pico</sub>**, consumo de oxigênio de pico; **VO<sub>2max</sub>**, consumo de oxigênio máximo; **SO**, saturação de oxigênio; **NR**, não relatado; **PO**, potência (média, pico e trabalho gerado); **RPM**, rotações por minuto; **TE**, tempo até a exaustão; **VAM**, velocidade aeróbica máxima; **km**, quilômetro; **m**, metro; **h**, hora; **min**, minuto; **s**, segundo;

A Tabela 2 apresenta a contribuição individual dos estudos em relação aos desfechos avaliados (Apêndice 2).

### 3.4 Desempenho de Tempo

Os resultados do desempenho de tempo foram subdivididos nos estudos realizados sob condições de eventos competitivos reais [25,26] e de acordo com as distâncias percorridas em testes não competitivos (Figuras 3, 4, 5 e 6) [7,8,10,27–39]. Nas quatro análises a intervenção não esteve associada com alterações no desempenho dos indivíduos testados. Adicionalmente, mesmo quando todos os estudos [7,8,10,27–39,26,25] foram avaliados em uma análise global, esse resultado se manteve (Contrarrelógio N=8 estudos: DMP= -0,24, IC95% -2,87–2,40, I<sup>2</sup>= 0,0%, P= 1,000; Tempo até exaustão N=10 estudos: DMP= -0,03, IC95% -0,31–0,26, I<sup>2</sup>= 0,0%, P= 0,990).

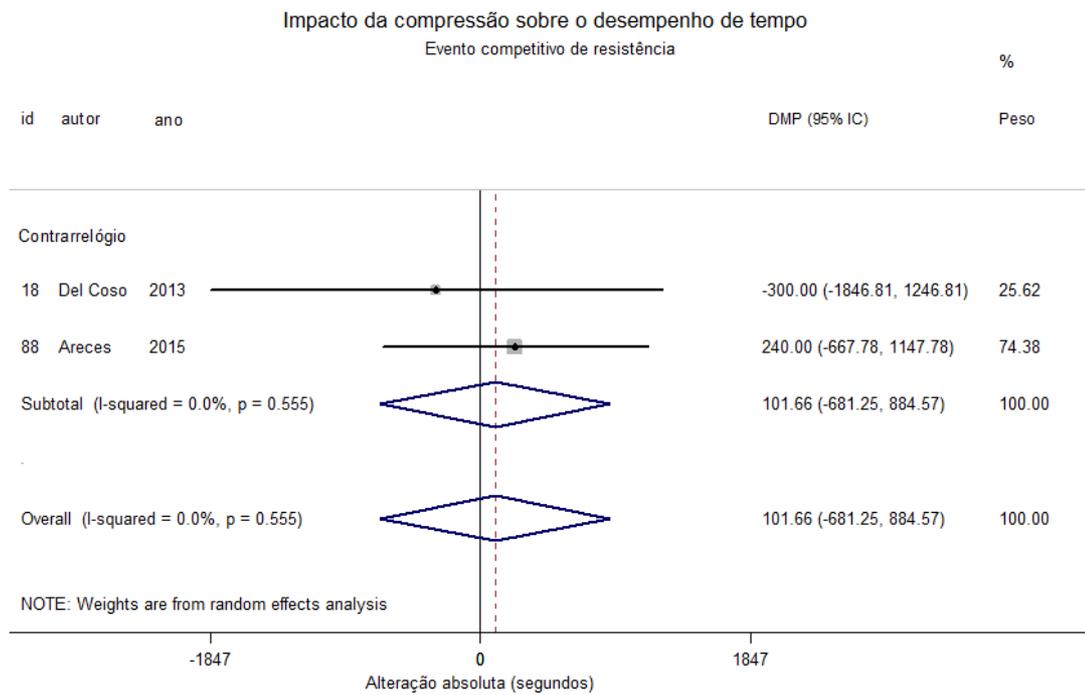


Figura 3: *Forest plot* ilustrando o efeito da RC sobre o desempenho de tempo em eventos competitivos

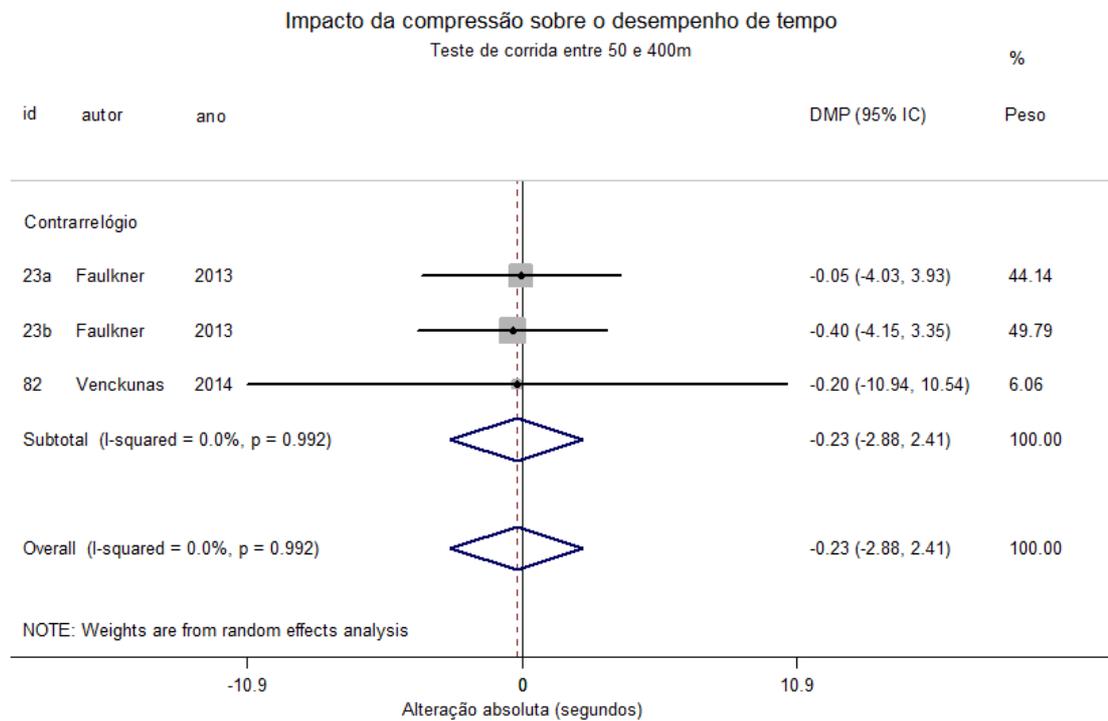


Figura 4: *Forest plot* ilustrando o efeito da RC sobre o desempenho de tempo em testes de corrida entre 50 e 400m

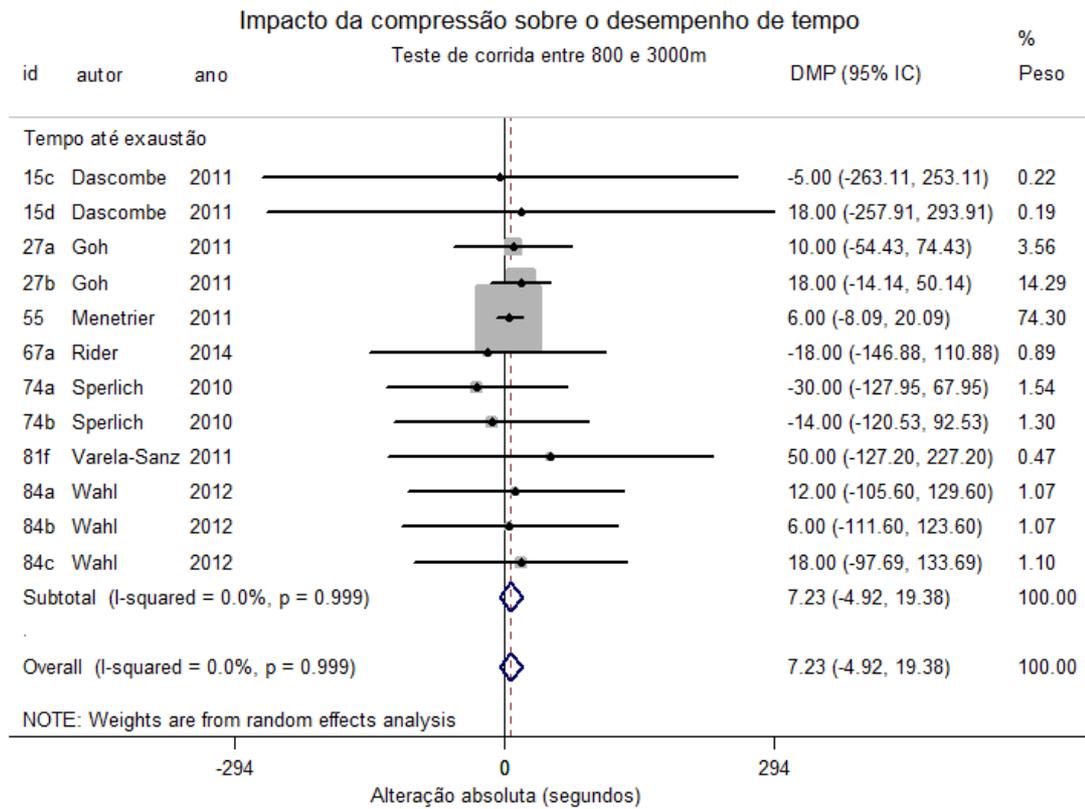


Figura 5: *Forest plot* ilustrando o efeito da RC sobre o desempenho de tempo em testes de corrida entre 800 e 3000m

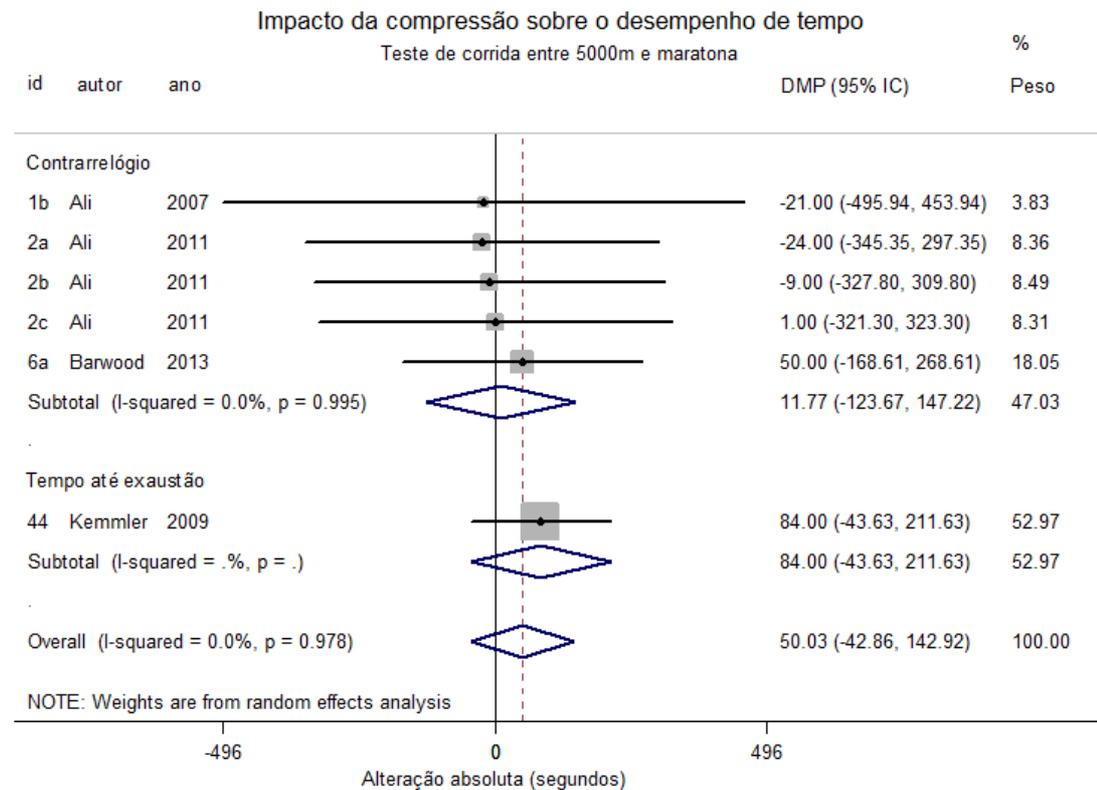


Figura 6: *Forest plot* ilustrando o efeito da RC sobre o desempenho de tempo em testes de corrida entre 5000m e maratona



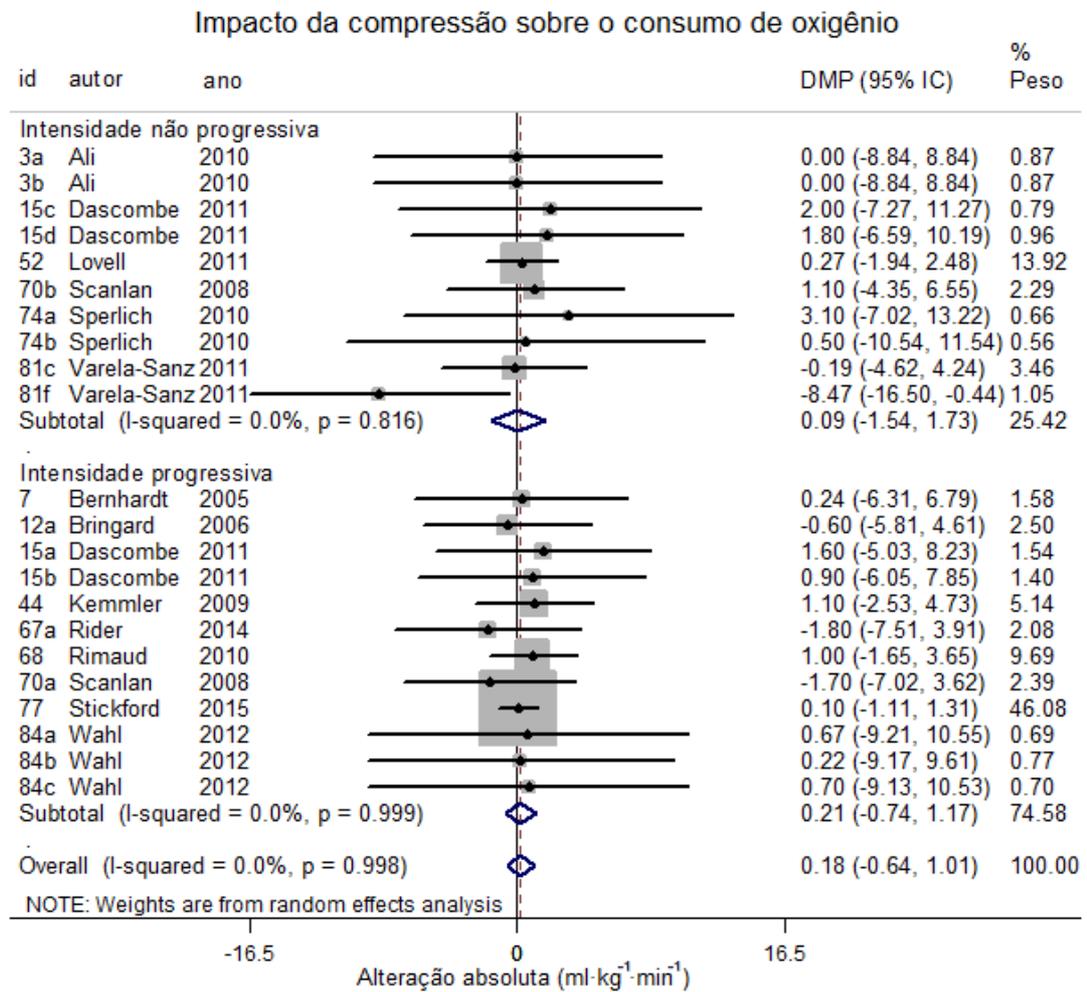


Figura 8: *Forest plot* ilustrando o efeito da RC sobre o consumo de oxigênio

### 3.7 Concentração de Lactato Sanguíneo

Na análise agrupada dos 12 estudos incluídos [7,10,11,26,33,36,37,39,40,42–44] não houve alteração na [La] com a utilização de RCMI (DMP= 0,32, IC95% -0,00–0,64, I<sup>2</sup>= 0,0%, P= 0,988). Na análise de subgrupos estratificada por tipo de RC, observou-se aumento significativo na [La] apenas quando houve a utilização de meia ou pernilo de compressão quando comparado ao controle. [7,11,26,33,36,37,39,40]: (DMP= 0,47, IC95% 0,09–0,84, I<sup>2</sup>= 0,0%, P= 0,992) (Figura 9).

### Impacto da compressão sobre o lactato

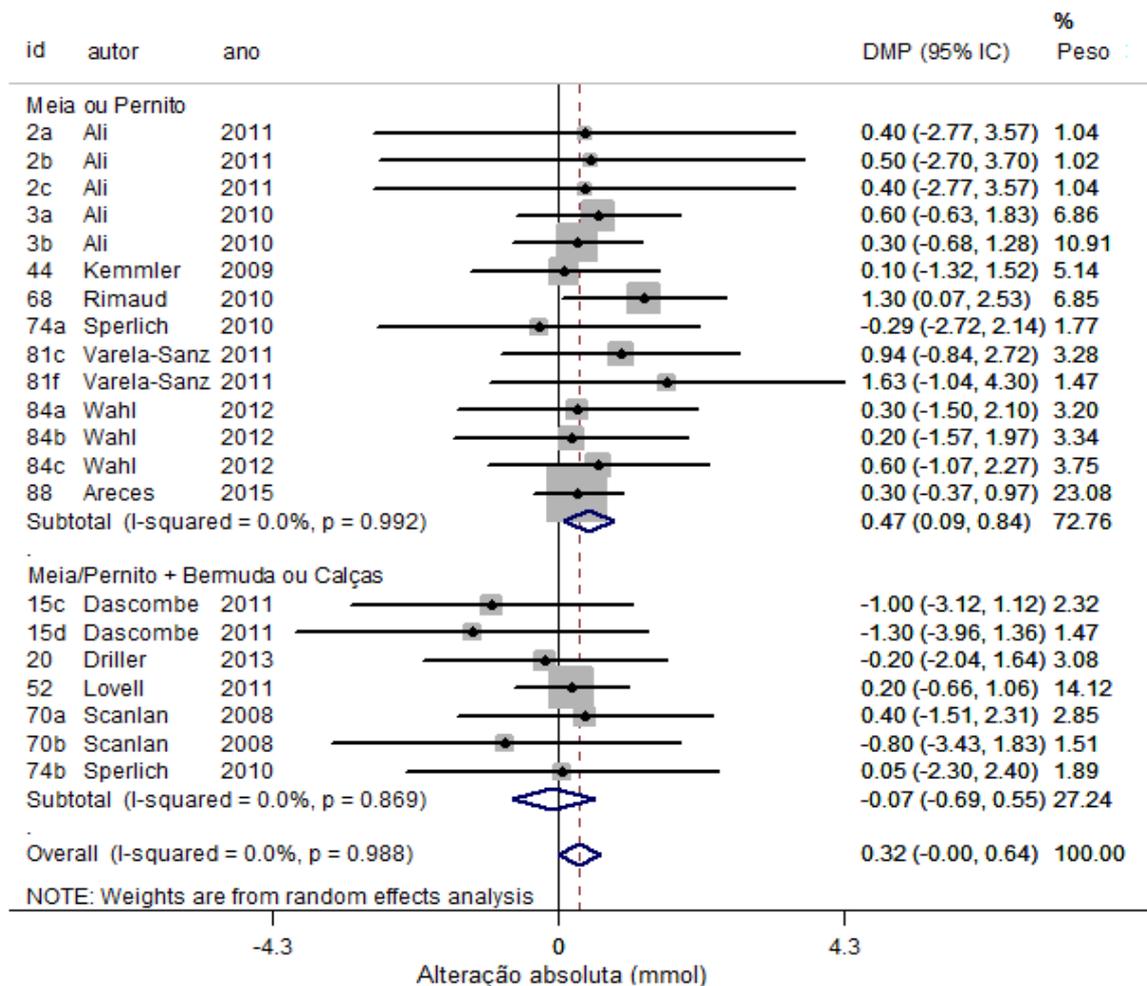


Figura 9: Forest plot ilustrando o efeito da RC sobre a concentração de lactato sanguíneo

### 3.8 Percepção Subjetiva de Esforço

Na análise agrupada dos 13 estudos incluídos [7,11,14,25–28,31,35,36,38,40,41] não houve alteração na PSE com a utilização de RC (DMP= -0,19, IC95% -0,45–0,07, I<sup>2</sup>= 0,0%, P= 0,995). Na análise de subgrupo relativa à intensidade do teste não houve diferença na PSE entre o grupo que utilizou RC comparado ao controle (Intensidade progressiva [11,27,35,36,41]: DMP= -0,40, IC95% -0,88–0,07, I<sup>2</sup>= 0,0%, P= 0,953; Intensidade não progressiva [7,25–28,31,38]: DMP= -0,10, IC95% -0,41–0,21, I<sup>2</sup>= 0,0%, P= 0,985) (Figura 10).



proporcionavam um pequeno efeito positivo ( $g$  de Hedges= 0,15) sobre o desempenho de tempo para o grupo RC.

Em outra revisão sistemática, Beliard et al. [17] relataram que em 9 protocolos diferentes o desempenho de atletas permaneceu inalterado, independentemente do nível de compressão (variação da pressão entre 16 e 45 mmHg ao nível do tornozelo). Em apenas um protocolo houve resultado favorável à intervenção com RC. Assim, como a grande maioria dos estudos não conseguiu demonstrar benefício sobre o desempenho imediato, os autores concluíram que utilizar RCMI durante exercício promovia pouco efeito.

Os resultados da meta-análise corroboram os achados das revisões anteriores [15,16,17]. Alguns ECRs [7,8,10,13,25–28,30–32,34,36–39], conduzidos durante protocolos experimentais em esteira, pista, cicloergômetro e em eventos competitivos, falharam em demonstrar diferença entre uso de RCMI e controle sem compressão sobre o desempenho de tempo. Curiosamente, Rider et al. [35] verificaram que o tempo total em teste até a exaustão realizado em esteira foi discretamente maior ( $p = 0,04$ ) na condição controle sem RC. Em contrapartida, um aumento no tempo até a exaustão durante teste incremental foi encontrado por Kemmler et al. [33] na condição com RC.

No âmbito esportivo, grande parte das modalidades avaliam o desempenho através do tempo e, quase invariavelmente, sob condições de alta intensidade. Assim, o delineamento utilizado na presente revisão sistemática com meta-análise compreende este domínio, reunindo estudos que abrangem especificamente: 1) o tempo, como métrica de avaliação do desempenho e 2) ensaios caracterizados por esforços de alta intensidade. Até o momento, as evidências mostram que os alegados efeitos ergogênicos do uso de RC durante exercícios de alta intensidade não são capazes de incrementar o desempenho de tempo.

## 4.2 Altura em Salto Vertical

O resultado da meta-análise não apresentou diferença na altura de salto vertical entre as condições experimentais. As análises de sensibilidade não evidenciaram diferença entre os grupos. MacRae et al. [15] concluíram que o uso de RC demonstrava efeitos limitados sobre aspectos fisiológicos e de desempenho, mas que efeitos prejudiciais eram esporádicos. Também destacaram que os resultados positivos encontrados eram isolados e conflitantes. Born et al. [16] encontraram um discreto tamanho de efeito positivo ( $g$  de Hedges = 0,10) no desempenho de salto vertical favorável ao grupo com RC. Na revisão sistemática conduzida por Beliard et al. [17], 2 dos 4 protocolos incluídos evidenciaram resultado positivo na altura do salto para os grupos que utilizaram meias compressivas.

Existe divergência de resultados, entre os ECRs, sobre o efeito da RC no desempenho de salto. Areces et al. [26] e Del Coso [25] não evidenciaram diferença na altura de salto entre indivíduos com e sem meias compressivas após percorrerem, em eventos competitivos, uma maratona e um *triathlon*, respectivamente. Da mesma forma, em estudo com delineamento cruzado, Bernhardt et al. [29] não encontraram diferença entre grupos no resultado de um protocolo de salto vertical utilizado para avaliar a potência de membros inferiores. Em um ECR que expôs esquiadores a um protocolo de fadiga em plataforma vibratória, o desempenho de salto demonstrou similaridade, independentemente da utilização de calças compressivas [6].

Contrariamente, pesquisas prévias demonstraram melhora no desempenho de salto com o uso de RC. Um resultado positivo sobre a produção média de força e potência ao longo de saltos consecutivos foi demonstrado com o uso de bermudas compressivas em jogadores de vôlei [12]. Em outro estudo, a alteração na altura de salto, antes e após um teste de 10-km de corrida em pista, foi menos afetada no grupo com meia de compressão comparado ao controle [7]. No ensaio de Doan et al. [13], apenas os indivíduos que utilizaram

bermudas de compressão melhoraram a altura máxima de salto. De acordo com os autores, a espessura e a força elástica particularmente maior da RC utilizada neste ensaio pode ter aumentando a força propulsiva.

Embora esta revisão não tenha como foco esclarecer quais e como os mecanismos potencialmente envolvidos podem alterar o desempenho de salto, uma de nossas análises de sensibilidade não sugere que o tipo de RC esteja associado à melhora na altura do salto vertical (Meia ou pernilo N=7 estudos: DMP= -0,15, IC95% -2,41–2,11, I<sup>2</sup>= 0,0%, P= 0,900; Bermuda N=1 estudo: DMP= -0,00, IC95% -7,73–7,73). Considerando que todos os estudos incluídos em nossa meta-análise verificaram a altura do salto vertical após protocolos contínuos de longa duração, baseados predominantemente em corrida, ao menos sob estas condições, os resultados demonstram que o uso de RCMI não modifica o desempenho de salto quando comparado ao controle sem compressão. Entretanto, dada a ampla variedade de disciplinas esportivas e, uma vez que a ação muscular é afetada por diferentes manifestações de fadiga [45,46], seria interessante determinar se os resultados encontrados no presente estudo se confirmam em outras formas de exercício.

### 4.3 Consumo de Oxigênio

A modificação do fluxo sanguíneo é um efeito fisiológico da RC [2,3,47] que tem sido apontado como mediador de potenciais benefícios durante o exercício [10,44,48]. Este fenômeno se dá através do aumento na saturação de oxigênio muscular [49], bem como pela melhora na pré-carga [50]. Em última análise, é possível que tais incrementos venham a reduzir a sobrecarga cardiorrespiratória repercutindo positivamente sobre o VO<sub>2</sub>. Entretanto, existem poucos dados relacionando o efeito desta intervenção sobre parâmetros cardiovasculares em condições que reflitam a intensidade habitualmente praticada em ambientes de treinamento e competições esportivas [10,44].

Investigações envolvendo o uso de RCMI sobre o VO<sub>2</sub> têm recebido maior atenção nos últimos anos, entretanto, um considerável número de estudos têm encontrado efeitos nulos ou apenas discretos [9–11,29,33,35–37,39,40,42,43] em favor da intervenção. Um racional fisiológico que possivelmente explique a ausência de efeito das RCMI sobre o VO<sub>2</sub> pode estar na observação exclusivamente voltada para o sistema cardiovascular, que representa apenas uma parte do processo. A avaliação da potência aeróbica máxima (VO<sub>2max</sub>) reflete a capacidade funcional do sistema cardiovascular de entregar oxigênio às fibras musculares [51]. Por outro lado, a avaliação da cinética do oxigênio retrata a capacidade do músculo esquelético de metabolizar este gás [52], caracterizando processos distintos [53]. Desta forma, apesar da melhora do fluxo sanguíneo proporcionada pelo uso de RCMI [2,3,47] e consequente aumento na oferta de oxigênio ao músculo [49], a ineficácia da intervenção na alteração do VO<sub>2</sub> pode ter sido causada não por limitações do sistema cardiovascular mas sim do metabolismo intracelular.

Curiosamente, um resultado contrário foi demonstrado em um ECR com corredores bem treinados submetidos a um teste de 15 minutos em alta intensidade. Os indivíduos que vestiram calças de compressão, comparado com aqueles que vestiam bermudas convencionais, apresentaram uma redução significativa no componente lento do VO<sub>2</sub> [41], o qual está associado ao processo de fadiga [54]. Em contrapartida, na revisão sistemática conduzida por Beliard et al. [17] os resultados foram diferentes. Entre os 6 protocolos identificados, nenhum demonstrou alteração significativa sobre o VO<sub>2</sub> em indivíduos que utilizaram RC. Em outra revisão sistemática, Born et al. [16] investigaram a influência da RC e encontraram que as vestimentas tiveram um discreto efeito positivo (g de Hedges = 0,01) sobre o VO<sub>2</sub> em favor do grupo intervenção *versus* controle. Em suma, os resultados encontrados em nossa meta-análise reforçam os achados das revisões anteriores, demonstrando não haver efeito significativo da RC sobre o VO<sub>2</sub>. Pesquisas futuras são necessárias para melhor compreendermos o efeito desta estratégia sobre a cinética do oxigênio em nível muscular.

#### 4.4 Concentração de Lactato Sanguíneo

O resultado da meta-análise sobre a [La] durante exercícios de alta intensidade, demonstrou similaridade entre os grupos RCMI e controle sem compressão. Da mesma forma, a evidência encontrada em nossa pesquisa reforça os resultados da revisão sistemática conduzida por Born et al. [16] que demonstrou um pequeno tamanho de efeito ( $g$  de Hedges = -0,04) pela utilização de RC na redução da [La]. Os autores concluíram que este marcador fisiológico não foi afetado pela RC quando utilizada durante exercício contínuo.

Em grande parte dos estudos, a [La] parece não ser afetada pelo uso de RC quando os indivíduos são submetidos a exercícios de alta intensidade [7,10,26,33,36,37,39,40,42–44], entretanto, no ensaio conduzido por Burden et al. [30] os autores demonstraram que a [La] foi maior no grupo controle após um protocolo de 10-km contrarrelógio em cicloergômetro. Apenas durante os períodos de baixa intensidade (6 km/h) e de corrida em intensidade moderada (10 km/h), Lovell et al. [42] encontraram menores [La] no grupo com RC comparado ao controle sem compressão, sugerindo que a vestimenta possa auxiliar durante esforços de menor intensidade. Contrariamente, Berry e McMurray [55] concluíram em seu estudo que a RC pode atuar represando o lactato no leito muscular, resultando em menores concentrações deste metabólito no sangue.

Em relação à análise de subgrupos, encontramos diferença apenas quando o tipo de RC foi avaliada. Estudos que utilizaram meias e pernitos de compressão resultaram em [La] significativamente maiores quando comparado aos grupos sem RC. Já os ensaios com calças compressivas ou a combinação de bermudas e meias não apresentaram diferença quando comparados aos seus respectivos controles. Este mesmo resultado também foi encontrado por Rimaud et al. [11]. A principal conclusão do ECR foi que a utilização de meia compressiva promoveu um aumento significativo na [La] ao final de um exercício incremental máximo. Neste sentido, pesquisas prévias apontam que a aplicação de pressão em membros inferiores durante exercício dinâmico pode reduzir o fluxo sanguíneo na área pressionada [56–58]. Nishiyasu et al. [59] evidenciaram que durante um protocolo de exercício em cicloergômetro ( $\sim 50\%$   $VO_{2\text{pico}}$ ) a aplicação de pressão mecânica nos membros inferiores ( $\sim 35$  mmHg) promoveu redução no fluxo sanguíneo e aumento na [La]. Por sua vez, Maton et al. [60] sugeriram que a associação entre pressão mecânica e contração muscular pode prejudicar a oferta de oxigênio muscular. Nesse sentido, especula-se que o aumento na [La] encontrado em uma de nossas subanálises, ao final de exercícios de alta intensidade, possa ser decorrente de uma maior contribuição do metabolismo anaeróbico no fornecimento de energia. Novas pesquisas são necessárias para elucidar a influência da compressão durante o exercício sobre o metabolismo muscular, especialmente sobre a cinética do lactato. Sendo assim, neste cenário, recomendações práticas sobre a utilização de roupas de compressão devem ser cautelosas.

#### 4.5 Percepção Subjetiva de Esforço

O resultado da meta-análise sobre o uso da RCMI, durante exercícios de alta intensidade, não demonstrou diferença significativa sobre a PSE entre os grupos RC e controle sem compressão. As análises de sensibilidade não evidenciaram diferença entre os grupos. O resultado encontrado na revisão sistemática conduzida por Born et al. [16] demonstrou um pequeno tamanho de efeito positivo ( $g$  de Hedges = 0,05) sobre a PSE para o grupo RC. Ensaio prévios [7,11,14,25–28,35,36,38,40,41] envolvendo diferentes protocolos e modalidades esportivas, com amostras de atletas e não atletas, demonstraram similaridade na PSE entre os grupos RC e controle sem compressão. Entretanto, 3 estudos apresentaram resultado positivo [6,31,32] sobre a PSE com o uso de RC em comparação ao controle.

A PSE parece não ser afetada pela utilização de RCMI, sobretudo em condições de exercício prolongado. Cabe salientar que o efeito placebo é difícil de ser controlado, assim, as conclusões sobre desfechos vulneráveis a este tipo de influência devem ser ponderadas quando esta condição não for efetivamente controlada. Estratégias para contornar esta dificuldade são necessárias em estudos futuros a fim de viabilizar interpretações acuradas dos resultados, principalmente os dependentes de aspectos perceptivos e motivacionais.

## 5 Limitações

Dentre os estudos avaliados poucos utilizaram estratégias para minimizar ou controlar o efeito placebo. Em nosso estudo, apesar da significância ter ocorrido apenas sobre um desfecho de natureza fisiológica, os resultados foram obtidos através de protocolos de esforço suscetíveis a influência de fatores psicológicos [61–63]. Uma vez que aspectos perceptivos e motivacionais estão presentes no ambiente esportivo, conclusões sobre desfechos vulneráveis a este tipo de influência são prejudicadas. A ausência de descrição quanto ao método de geração da sequência randômica e sigilo da lista de alocação produz limitações relativas ao viés de seleção dos ECRs [19], com consequente repercussão na interpretação dos resultados.

Apenas os dados coletados nos momentos de esforços de alta intensidade ( $\geq 85\% \text{VO}_{2\text{pico}}$ ) foram utilizados. Como alguns estudos compararam múltiplas intervenções com um único grupo controle, dividimos este grupo em tamanhos de amostra menores ponderados em relação às diferentes intervenções. Ambas as abordagens metodológicas adotadas podem ter influenciado na divergência de resultados encontrados entre alguns estudos originais [7,31,33,37,42] e os apontados em nossas meta-análises. Entretanto, a opção de utilizarmos apenas os dados referentes à alta intensidade de exercício permitiu a demonstração do efeito da RCMI quando utilizada em condições similares às praticadas em ambientes de treinamento e competições esportivas. Sobre a divisão do grupo controle, esta abordagem foi aplicada a fim de obter comparações razoavelmente independentes e superar um erro de unidade de análise [22].

## 6 Conclusão

A utilização de RCMI durante exercícios de alta intensidade, não promove mudanças no desempenho de tempo, altura em salto vertical,  $\text{VO}_2$ , [La] e PSE quando comparado ao controle sem compressão, independentemente do gênero, categoria atlética e graduação na intensidade do teste. Quando o tipo de RC foi analisado separadamente, verificou-se que o uso de meia ou pernilo promoveu um aumento na [La]. Este aspecto sugere cautela antes que sejam realizadas recomendações práticas para a utilização deste recurso. Devido à falta de controle sobre o efeito placebo identificada nos ensaios, potenciais benefícios creditados ao uso de RC devem ser avaliados de forma ponderada. Para que seja possível uma maior compreensão e confiabilidade sobre o efeito das RC neste cenário, novos estudos são necessários. Por fim, a utilização desta revisão pode servir como instrumento de apoio à tomada de decisão entre usuários, treinadores e atletas que consideram utilizar esta estratégia.

## Referências

1. Partsch H. The Static Stiffness Index: A Simple Method to Assess the Elastic Property of Compression Material In Vivo. *Dermatologic Surg.* 2006;31:625–30.
2. Meara OS, Cullum N, Ea N, Jc D, S OM, Na C, et al. Compression for venous leg ulcers ( Review ). *Library.* 2009;11:1–3.
3. Moseley AL, Carati CJ, Piller NB. A systematic review of common conservative therapies for arm lymphoedema secondary to breast cancer treatment. *Ann. Oncol.* 2007;18:639–46.
4. Rinehart-Ayres ME. Conservative approaches to lymphedema treatment. *Cancer.* 1998;83:2828–32.
5. Qaseem A. Venous Thromboembolism Prophylaxis in Hospitalized Patients: A Clinical Practice Guideline From the American College of Physicians. *Ann. Intern. Med.* 2011;155:625.
6. Sperlich B, Born D-P, Swarén M, Kilian Y, Geesmann B, Kohl-Bareis M, et al. Is leg compression beneficial for alpine skiers? *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* 2013;5:18.
7. Ali A, Creasy RH, Edge JA. The effect of graduated compression stockings on running performance. *J. Strength Cond. Res.* 2011;25:1385–92.
8. Gupta A, Bryers JJ, Clothier PJ. The effect of leg compression garments on the mechanical characteristics and performance of single-leg hopping in healthy male volunteers. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* 2015;7:10.
9. Stickford A SL, Chapman RF, Johnston JD, Stager JM. Lower Leg Compression, Running Mechanics and Economy in Trained Distance Runners. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2014.
10. Dascombe BJ, Hoare TK, Sear J a., Reaburn PR, Scanlan AT. The effects of wearing undersized lower-body compression garments on endurance running performance. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2011;6:160–73.
11. Rimaud D, Messonnier L, Castells J, Devillard X, Calmels P. Effects of compression stockings during exercise and recovery on blood lactate kinetics. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2010;110:425–33.
12. Kraemer WJ, Bush J a., Bauer J a., Triplett-McBride NT, Paxton NJ, Clemson A, et al. Influence of Compression Garments on Vertical Jump Performance in NCAA Division I Volleyball Players. *J. Strength Cond. Res.* 1996;10:180–3.
13. Doan BK, Kwon Y-H, Newton RU, Shim J, Popper EM, Rogers R a, et al. Evaluation of a lower-body compression garment. *J. Sports Sci.* 2003;21:601–10.
14. Born D-P, Holmberg H-C, Goernert F, Sperlich B. A novel compression garment with adhesive silicone stripes improves repeated sprint performance - a multi-experimental approach on the underlying mechanisms. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* 2014;6:21.
15. MacRae BA, Cotter JD, Laing RM. Compression garments and exercise: Garment considerations, physiology and performance. *Sport. Med.* 2011;41:815–43.
16. Born DP, Sperlich B, Holmberg HC. Bringing light into the dark: Effects of compression clothing on performance and recovery. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2013;8:4–18.
17. Beliard S, Chauveau M, Moscatiello T, Cros F, Ecartot F, Becker F. Compression garments and exercise: no influence of pressure applied. *J. Sports Sci. Med.* 2015;14:75–83.
18. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Ann. Intern. Med.* 2009;151:264–9, W64.

19. Higgins JPT, Altman DG, Gøtzsche PC, Jüni P, Moher D, Oxman AD, et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2011;343:d5928.
20. Riley RD, Higgins JPT, Deeks JJ. Interpretation of random effects meta-analyses. *BMJ*. 2011;342:d549.
21. Borg GA. Perceived exertion. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 1974;2:131–53.
22. Higgins JPT, Green S (editors). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Cochrane Collaboration. (Version 5.1.0) 2014.
23. Peters JL, Sutton AJ, Jones DR, Abrams KR, Rushton L. Contour-enhanced meta-analysis funnel plots help distinguish publication bias from other causes of asymmetry. *J. Clin. Epidemiol.* 2008;61:991–6.
24. Egger M, Smith GD, Schneider M, Minder C, Mulrow C, Egger M, et al. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ. British Medical Journal Publishing Group*; 1997;315:597–9.
25. Del Coso J, Areces F, Salinero JJ, González-Millán C, Abián-Vicén J, Soriano L, et al. Compression stockings do not improve muscular performance during a half-ironman triathlon race. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2014;114:587–95.
26. Areces F, Salinero JJ, Abian-Vicen J, González-Millán C, Ruiz-Vicente D, Lara B, et al. The use of compression stockings during a marathon competition to reduce exercise-induced muscle damage: are they really useful? *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 2015;45:462–70.
27. Ali A, Caine MP, Snow BG. Graduated compression stockings: physiological and perceptual responses during and after exercise. *J. Sports Sci.* 2007;25:413–9.
28. Barwood MJ, Corbett J, Feeney J, Hannaford P, Henderson D, Jones I, et al. Compression garments: no enhancement of high-intensity exercise in hot radiant conditions. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2013;8:527–35.
29. Bernhardt T, Anderson GS. Influence of moderate prophylactic compression on sport performance. *J. Strength Cond. Res.* 2005;19:292–7.
30. Burden RJ, Glaister M. The Effects of Ionized and Nonionized Compression Garments on Sprint and Endurance Cycling. *J. Strength Cond. Res.* 2012. p. 2837–43.
31. Faulkner J a., Gleadon D, McLaren J, Jakeman JR. Effect of lower limb compression clothing on 400 m sprint performance. *J. Strength Cond. Res.* 2012;1.
32. Goh SS, Laursen PB, Dascombe B, Nosaka K. Effect of lower body compression garments on submaximal and maximal running performance in cold (10 degrees C) and hot (32 degrees C) environments. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2011;111:819–26.
33. Kemmler W, von Stengel S, Köckritz C, Mayhew J, Wassermann A, Zapf J. Effect of compression stockings on running performance in men runners. *J. Strength Cond. Res.* 2009;23:101–5.
34. Ménétrier A, Mourot L, Bouhaddi M, Regnard J, Tordi N. Compression sleeves increase tissue oxygen saturation but not running performance. *Int. J. Sports Med.* 2011;32:864–8.
35. Rider BC, Coughlin AM, Hew-Butler TD, Goslin BR. Effect of Compression Stockings on Physiological Responses and Running Performance in Division III Collegiate Cross-Country Runners During a Maximal Treadmill Test. *J. Strength Cond. Res.* 2014;28:1732–8.
36. Sperlich B, Haegle M, Achtzehn S, Linville J, Holmberg H-C, Mester J. Different types of compression clothing do not increase sub-maximal and maximal endurance performance in well-trained athletes. *J. Sports Sci.* 2010;28:609–14.

37. Varela-Sanz A, España J, Carr N, Boulosa D a, Esteve-Lanao J. Effects of Gradual-Elastic Compression Stockings on Running Economy, Kinematics, and Performance in Runners. *J. Strength Cond. Res.* 2011;25:2902–10.
38. Venckūnas T, Trinkūnas E, Kamandulis S, Poderys J, Grūnovas A, Brazaitis M. Effect of Lower Body Compression Garments on Hemodynamics in Response to Running Session. *Sci. World J.* 2014;2014:1–10.
39. Wahl P, Bloch W, Mester J, Born DP, Sperlich B. Effects of different levels of compression during sub-maximal and high-intensity exercise on erythrocyte deformability. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2012;112:2163–9.
40. Ali A, Creasy RH, Edge J a. Physiological effects of wearing graduated compression stockings during running. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2010;109:1017–25.
41. Bringard A., Perrey S, Belluye N. Aerobic energy cost and sensation responses during submaximal running exercise - Positive effects of wearing compression tights. *Int. J. Sports Med.* 2006;27:373–8.
42. Lovell DI, Mason DG, Delphinus EM, McLellan CP. Do Compression Garments Enhance the Active Recovery Process after High-Intensity Running? *J. Strength Cond. Res.* 2011;25:3264–8.
43. Scanlan AT, Dascombe BJ, Reaburn PRJ, Osborne M. The effects of wearing lower-body compression garments during endurance cycling. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2008;3:424–38.
44. Driller MW, Halson SL. The effects of wearing lower body compression garments during a cycling performance test. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2013;8:300–6.
45. Knicker AJ, Renshaw I, Oldham ARH, Cairns SP. Interactive processes link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. *Sports Med.* 2011;41:307–28.
46. Millet GY, Lepers R. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. *Sports Med.* 2004;34:105–16.
47. Lattimer CR, Kalodiki E, Kafeza M, Azzam M, Geroulakos G. Quantifying the degree graduated elastic compression stockings enhance venous emptying. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2014;47:75–80.
48. Ibegbuna V, Delis KT, Nicolaidis AN, Aina O. Effect of elastic compression stockings on venous hemodynamics during walking. *J. Vasc. Surg.* 2003;37:420–5.
49. Dermont T, Morizot L, Bouhaddi M, Ménétrier A. Changes in Tissue Oxygen Saturation in Response to Different Calf Compression Sleeves. *J. Sport. Med.* 2015;2015:857904.
50. Liu R, Lao TT, Kwok YL, Li Y, Ying MTC. Effects of graduated compression stockings with different pressure profiles on lower-limb venous structures and haemodynamics. *Adv. Ther.* 2008;25:465–78.
51. Grassi B. Oxygen uptake kinetics: Why are they so slow? And what do they tell us? *J. Physiol. Pharmacol.* 2006;57 Suppl 1:53–65.
52. Grassi B. Oxygen uptake kinetics: old and recent lessons from experiments on isolated muscle in situ. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2003;90:242–9.
53. Phillips SM, Green HJ, MacDonald MJ, Hughson RL. Progressive effect of endurance training on  $VO_2$  kinetics at the onset of submaximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 1995;79:1914–20.
54. Jones AM, Grassi B, Christensen PM, Krustup P, Bangsbo J, Poole DC. Slow component of  $VO_2$  kinetics: mechanistic bases and practical applications. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2011;43:2046–62.
55. Berry MJ, McMurray RG. Effects of graduated compression stockings on blood lactate following an exhaustive bout of exercise. *Am. J. Phys. Med.* 1987;66:121–32.

56. Nielsen H V. External pressure--blood flow relations during limb compression in man. *Acta Physiol. Scand.* 1983;119:253–60.
57. Styf J. The influence of external compression on muscle blood flow during exercise. *Am. J. Sports Med.* 1990;18:92–5.
58. Sperlich B, Born DP, Kaskinoro K, Kalliokoski KK, Laaksonen MS. Squeezing the Muscle: Compression Clothing and Muscle Metabolism during Recovery from High Intensity Exercise. *PLoS One.* 2013;8.
59. Nishiyasu T, Nagashima K, Nadel ER, Mack GW. Human cardiovascular and humoral responses to moderate muscle activation during dynamic exercise. *J. Appl. Physiol.* 2000;88:300–7.
60. Maton B, Thiney G, Dang S, Tra S, Bassez S, Wicart P, et al. Human muscle fatigue and elastic compressive stockings. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2006;97:432–42.
61. Marcora SM, Staiano W, Manning V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. *J. Appl. Physiol.* 2009;106:857–64.
62. Marcora SM, Staiano W. The limit to exercise tolerance in humans: mind over muscle? *Eur. J. Appl. Physiol.* 2010;109:763–70.
63. Blanchfield AW, Hardy J, De Morree HM, Staiano W, Marcora SM. Talking yourself out of exhaustion: The effects of self-talk on endurance performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2014;46:998–1007.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSÕES**

Conforme as informações apresentadas nesta dissertação, a utilização de roupa de compressão em membros inferiores não se associa com alterações no desempenho de tempo, altura de salto vertical, consumo de oxigênio de pico e máximo, concentração de lactato sanguíneo e percepção subjetiva de esforço quando comparado ao controle sem compressão. Os resultados permanecem inalterados independentemente do gênero, categoria atlética e graduação da intensidade do teste. Entretanto, quando o tipo de roupa de compressão foi analisado verificou-se que o uso de meia ou pernilo promoveu um aumento na concentração de lactato sanguíneo ao final de esforços intensos.

Considerando a ausência de controle sobre o efeito placebo identificada nos estudos, torna-se importante avaliar de forma ponderada o efeito deste recurso sobre desfechos suscetíveis a este tipo de influência. Por fim, as informações contidas neste trabalho podem servir como instrumento de apoio à tomada de decisão entre usuários, treinadores e atletas que consideram utilizar esta estratégia durante o exercício.

## APÊNDICES

### APÊNDICE 1 – ESTRATÉGIA DE BUSCA COMPLETA

(athletes OR athlete OR adult OR adults OR middle aged OR middle age OR Young adult OR adult, young OR adults, young OR young adults OR Aged OR Elderly OR Middle Aged OR Middle Age OR Aged, 80 and over OR Oldest Old OR Nonagenarians OR Nonagenarian OR Octogenarians OR Octogenarian OR Centenarians OR Centenarian) AND (Stockings, Compression OR Compression Stocking OR Stocking, Compression OR Compression Stockings OR Stockings, Elastic OR Elastic Stocking OR Stocking, Elastic OR Elastic Stockings OR Compression Clothing OR Clothings OR Knee-high Socks OR Compression Socks OR Tights OR Shirt OR Garments OR Compression Garments) AND (sports OR sport OR athletics OR athletic OR Athletic performance OR Athletic Performances OR Performance, Athletic OR Performances, Athletic OR Sports Performance OR Performance, Sports OR Performances, Sports OR Sports Performances OR Physical Performance OR Endurance, Physical OR Endurances, Physical OR Physical Endurances OR bicycling OR cycling OR running OR runnings OR run OR Marathon OR jogging OR joggings OR walking OR walk OR walking test OR T6 OR time to exhaustion OR time trial OR exercise OR Exercises OR Exercise, Physical OR Exercises, Physical OR Physical Exercise OR Physical Exercises OR Exercise, Aerobic OR Aerobic Exercises OR Exercises, Aerobic OR Aerobic Exercise OR Oxygen Consumption OR Consumption, Oxygen OR Consumptions, Oxygen OR Oxygen Consumptions OR Perceived Exertion OR Myalgia OR Muscle Fatigue OR Muscle Soreness OR Muscle Damage OR Pain OR Swelling OR Oscillation OR Proprioception OR thermoregulation[Mesh] OR recovery OR stroke volume OR hemodynamic) AND (randomized controlled trial[pt] OR controlled clinical trial[pt] OR randomized controlled trials[mh] OR random allocation[mh] OR double-blind method[mh] OR single-blind method[mh] OR clinical trial[pt] OR clinical trials[mh] OR ("clinical trial"[tw]) OR ((singl\*[tw] OR doubl\*[tw] OR trebl\*[tw] OR tripl\*[tw]) AND (mask\*[tw] OR blind\*[tw])) OR ("latin square"[tw]) OR placebos[mh] OR placebo\*[tw] OR random\*[tw] OR research design[mh:noexp] OR follow-up studies[mh] OR prospective studies[mh] OR cross-over studies[mh] OR controle\*[tw] OR control\*[tw] OR prospectiv\*[tw] OR volunteer\*[tw]) NOT (animal[mh] NOT human[mh]) NOT rat NOT mice NOT child[tiab] NOT pregnant[tiab] NOT pregnancy[tiab]

## APÊNDICE 2 – CONTRIBUIÇÃO INDIVIDUAL DOS ESTUDOS QUANTO AOS DESFECHOS

**Tabela 2 – Contribuição individual dos estudos quanto aos desfechos**

| Fonte, Ano        | Desempenho de tempo | VO <sub>2</sub> | [La] | PSE | Salto |
|-------------------|---------------------|-----------------|------|-----|-------|
| Ali, 2007         | •                   |                 |      | •   |       |
| Ali, 2010         |                     | •               | •    | •   | •     |
| Ali, 2011         | •                   |                 | •    | •   | •     |
| Areces, 2015      | •                   |                 | •    | •   | •     |
| Barwood, 2013     | •                   |                 |      | •   |       |
| Bernhardt, 2005   | •                   | •               |      |     | •     |
| Born, 2014        |                     |                 |      | •   |       |
| Bringard, 2006    |                     | •               |      | •   |       |
| Burden, 2012      | •                   |                 |      |     |       |
| Dascombe, 2011    | •                   | •               | •    |     |       |
| Del Coso, 2013    | •                   |                 |      | •   | •     |
| Driller, 2013     |                     |                 | •    |     |       |
| Faulkner, 2013    | •                   |                 |      | •   |       |
| Goh, 2011         | •                   |                 |      | •   |       |
| Gupta, 2015       | •                   |                 |      |     |       |
| Kemmler, 2009     | •                   | •               | •    |     |       |
| Lovell, 2011      |                     | •               | •    |     |       |
| Menetrier, 2011   | •                   |                 |      |     |       |
| Rider, 2014       | •                   | •               |      | •   |       |
| Rimaud, 2010      |                     | •               | •    | •   |       |
| Scanlan, 2008     |                     | •               | •    |     |       |
| Sperlich, 2010    | •                   | •               | •    | •   |       |
| Stickford, 2015   |                     | •               |      |     |       |
| Varela-Sanz, 2011 | •                   | •               | •    |     |       |
| Venckunas, 2014   | •                   |                 |      | •   |       |
| Wahl, 2012        | •                   | •               | •    |     |       |

Abreviações: **VO<sub>2</sub>**, Consumo de oxigênio; **[La]**, Concentração de lactato sanguíneo; **PSE**, Percepção subjetiva de esforço; **Salto**, Altura de salto vertical;