



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Rogério Santos de Aguiar

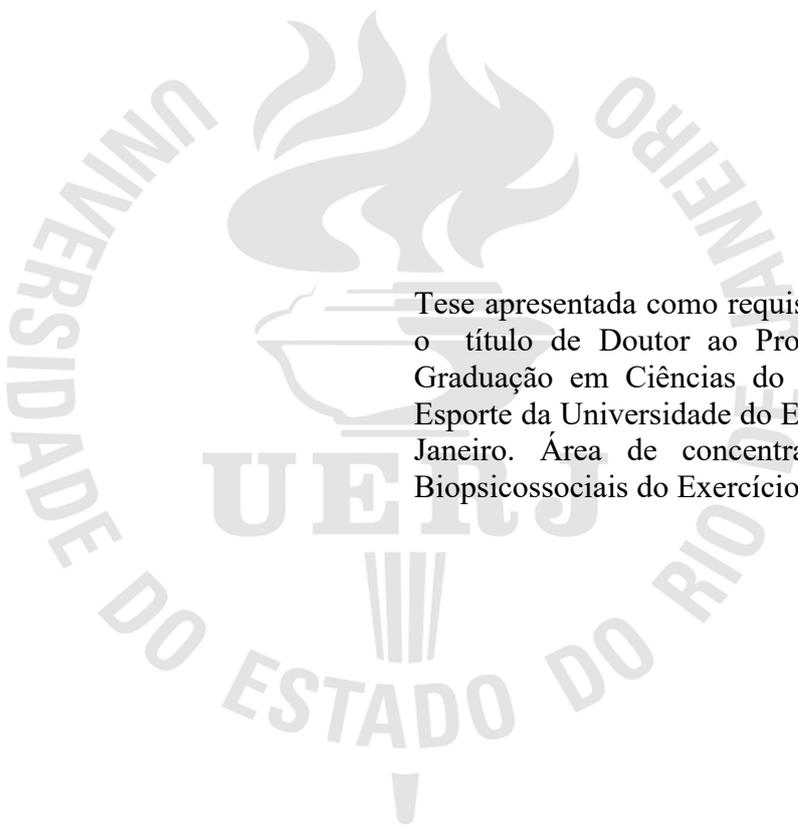
**Análise do cortisol salivar e da fadiga muscular no exercício agachamento
em indivíduos fisicamente ativos**

Rio de Janeiro

2021

Rogério Santos de Aguiar

Análise do cortisol salivar e da fadiga muscular no exercício agachamento em indivíduos fisicamente ativos



Tese apresentada como requisito parcial para o título de Doutor ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale

Rio de Janeiro

2021

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

A282 Aguiar, Rogério Santos de.
Análise do cortisol salivar e da fadiga muscular no exercício
agachamento em indivíduos fisicamente ativos / Rogério Santos de Aguiar. –
2021.
53 f.: il.

Orientador: Rodrigo Gomes de Souza Vale.
Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto
de Educação Física e Desportos.

1. Exercícios físicos para homens - Teses. 2. Fadiga muscular - Teses. 3.
Cortisol – Teses. 4. Saliva – Teses. 5. Força muscular – Teses. 6. Hipertrofia
– Teses. I. Vale, Rodrigo Gomes de Souza. II. Universidade do Estado do
Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 613.7

Bibliotecária: Mirna Lindenbaum. CRB7 4916

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese,
desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Rogério Santos de Aguiar

Análise do cortisol salivar e da fadiga muscular no exercício agachamento em indivíduos fisicamente ativos

Tese apresentada como requisito parcial para o título de Doutor ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico

Aprovada em 10 de agosto de 2021.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale (Orientador)
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

Prof. Dr. Guilherme Rosa de Abreu
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Carlos Soares Pernambuco
Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

Prof. Dr. Gustavo Cassimiro Lopes
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

Rio de Janeiro

2021

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais, Pedro e Ruth que em vida, foram exemplos de princípios, caráter, amor ao próximo, honestidade e trabalho, que nortearam minha.

Aos meus irmãos, Régio e Gilberto, meus parceiros, meus amigos, que sempre me apoiaram nessa jornada.

Aos meus tios, Daniel, Dininha e Helena, que sempre me deram exemplos de perseverança com sabias palavras que tudo iria dar certo com trabalho, suporte e apoio em toda essa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as coisas, que ele fez e tudo que ainda irá fazer, me dando sabedoria e fé, para permear os caminhos do conhecimento e da pesquisa, com certeza de mais uma conquista e objetivo alcançado.

Ao meu amigo e orientador, Rodrigo Gomes de Souza Vale, que tanto colaborou pelo meu êxito, dando-me suporte necessário para realização de todos os trabalhos acadêmicos.

Aos meus amigos, Juliana, Guilherme, Igor, Gabriela e Vitor, que me relacionei durante as diversas disciplinas, os quais me proporcionaram um enriquecimento do saber, e entre muitos outros, que fazem parte do Laboratório do Exercício e Esporte - LABEES-UERJ/RJ.

Ao amigo e mestrando Giullio, por sempre ter se colocado à disposição para ajudar no que fosse possível na realização da coleta de dados.

Ao amigo e Prof. Dr. Rodolfo Alkmim, pela paciência, conselhos e orientação no andamento do meu crescimento acadêmico.

Ao amigo Prof. Dr. Vicente Lima, pela disponibilidade, orientação e colaboração na finalização dessa tese.

A amiga Prof^{ta}. Dr^a. Juliana Brandão, por todo o carinho e paciência, na orientação durante as longas reuniões que permitiram aprimorar o conhecimento na metodologia da revisão sistemática.

Ao amigo Prof. Dr. Gustavo Casimiro Lopes, pela orientação no tocantes aos melhores caminhos para o andamento da pesquisa, principalmente no que concerne os marcadores bioquímicos salivares nas questões relacionadas ao exercício resistido.

Aos professores integrante da banca examinadora. Agradeço pela enorme contribuição no aprimoramento dessa tese pelos conhecimentos compartilhados. Obrigado meus caros professores.

RESUMO

AGUIAR, Rogério Santos de. **Análise do cortisol salivar e da fadiga muscular no exercício agachamento em indivíduos fisicamente ativos**. 2021. 53 f. Tese (Doutorado em Ciência do Exercício e do Esporte) - Instituto de Educação Física e Desporto, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

A fadiga é um fenômeno neuromuscular, induzida pelo exercício extenuante na capacidade de geração de energia de um grupo muscular o que resulta em uma diminuição do desempenho físico. Por tanto, essa tese teve como objetivo analisar o cortisol salivar e a fadiga muscular induzidos pelo exercício agachamento por trás em indivíduos fisicamente ativos. Para tal, foram desenvolvidos dois estudos. O estudo 1 é uma revisão sistemática que descreveu os efeitos do exercício de agachamento por trás sobre a atividade mioelétrica de membros inferiores em homens treinados. Os resultados dos protocolos demonstraram melhorar o sistema neuromuscular e proporcionar maior aquisição de força nos músculos envolvidos na realização do exercício agachamento por trás ($p < 0,05$). Porém, mais estudos com maior qualidade metodológica são necessários na análise do exercício agachamento para reduzir o risco de viés. O estudo 2 é uma revisão sistemática que analisou os efeitos do treinamento de resistência intenso no cortisol salivar, força muscular e hipertrofia em indivíduos treinados. Os resultados apontaram que a prática do high intense training (HIT) parece ser uma intervenção eficaz para estimular o aumento do nível de cortisol agudo e crônico e, assim, induzir possíveis alterações nos níveis fisiológico e hormonal, oferecendo adaptação neuromuscular a curto prazo e aumento da força e hipertrofia muscular a longo prazo. Além disso, o cortisol parece ser útil no monitoramento da fisiologia em pesquisas de atividade física observacionais em grande escala. No entanto, são necessárias mais pesquisas para elucidar o efeitos do HIT no cortisol e resultados adaptativos.

Palavras-chave: Exercício agachamento. Saliva. Cortisol. Fadiga. Atividade muscular.

ABSTRACT

AGUIAR, Rogério Santos de. **Salivary cortisol and muscle fatigue analysis in squat exercise in physically active individuals**. 2021. 53 f. Tese (Doutorado em Ciência do Exercício e do Esporte). Instituto de Educação Física e Desporto, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

Fatigue is a neuromuscular phenomenon, induced by strenuous exercise in the ability to generate energy of a muscle group, which results in a decrease in physical performance. Therefore, this thesis aimed to analyze salivary cortisol and muscle fatigue induced by squat exercise from behind in physically active individuals. To this end, two studies have been developed. Study 1 is a systematic review that described the effects of squat exercise behind myoelectric activity of lower limbs in trained men. The results of the protocols showed to improve the neuromuscular system and provide greater strength acquisition in the muscles involved in performing the squat exercise back ($p < 0,05$). However, more studies with higher methodological quality are needed in the analysis of squat exercise to reduce the risk of bias. Study 2 is a systematic review that analyzed the effects of intense resistance training on salivary cortisol, muscle strength, and hypertrophy in trained individuals. The results showed that the practice of high intense training (HIT) seems to be an effective intervention to stimulate the increase in the level of acute and chronic cortisol and, thus, induce possible changes in physiological and hormonal levels, offering short-term neuromuscular adaptation and increased strength and muscle hypertrophy in the long term. In addition, cortisol seems to be useful in monitoring physiology in large-scale observational physical activity surveys. However, more research is needed to elucidate the effects of HIT on cortisol and adaptive results.

Keywords: Exercise squat. Saliva. Cortisol. Fatigue. Muscle activity.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1 ESTUDO 1 - EFEITOS DO EXERCÍCIO DE AGACHAMENTO POR TRÁS NA ATIVIDADE MIOELÉTRICA DE MEMBROS INFERIORES EM HOMENS TREINADOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	13
2 ESTUDO 2 - OS EFEITOS DO TREINAMENTO DE RESISTÊNCIA INTENSO NO CORTISOL SALIVAR, FORÇA MUSCULAR E HIPERTROFIA EM INDIVÍDUOS TREINADOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	24
CONCLUSÃO DA TESE	35
REFERÊNCIAS.....	38
ANEXO A - I Congresso internacional de educação física e desportos	41
ANEXO B - II Congresso internacional de educação física e desporto	42
ANEXO C - III Congresso internacional de educação física e desportos	43
ANEXO D - Capítulo do livro: Aspectos biopsicossociais do envelhecimento e a prevenção de quedas na terceira idade	44
ANEXO E - Capítulo do livro: Dor crônica e fibromialgia	47
ANEXO F - Capítulo do livro: Physical fitness and exercise	50
ANEXO G - Registro do projeto na Plataforma Brasil	53

INTRODUÇÃO

A fadiga muscular é um dos fenômenos mais comuns enfrentados pelos indivíduos durante os exercícios físicos em condições extenuantes, tanto para atletas como não atletas (CARROLL et al., 2017). Este fenômeno pode ser considerado como qualquer redução na capacidade do sistema neuromuscular de gerar força na execução do exercício, ocasionando um aumento na percepção do esforço para manter a mesma eficiência (SOURON et al., 2018).

O comprometimento da capacidade do músculo de gerar força pode ter origens central e periférica. A fadiga de origem central pode ser definida como uma degradação progressiva da ativação muscular induzida pelo exercício, abrangendo todos os fenômenos fisiológicos espinais e supra espinais capazes de diminuir a excitação dos moto neurônios (MARQUES et al., 2016). Já na fadiga muscular periférica ocorrem alterações na propagação do potencial de ação muscular, nos mecanismos contráteis do músculo e na concentração de íons de magnésio e hidrogênio no citoplasma para a manutenção da contração muscular (Wan et al., 2017).

Lindsay e Costello (2017) propõem que a fadiga é um processo fisiológico mais complexo que não estaria relacionado à falência de qualquer sistema fisiológico, mas sim, seriam sinalizadores ao sistema nervoso central (SNC), a fim de evitar danos irreversíveis ou até mesmo a morte celular.

Do ponto de vista bioquímico, o estresse oxidativo pode ser considerado como possível resultado da fadiga muscular (WAN et al., 2017). Isso ocorre devido, principalmente, à ação constante sofrida no organismo por espécies reativas de oxigênio (ERO) gerada nos processos inflamatórios, por algumas disfunções biológicas ou provenientes dos alimentos e treinamento muscular (SCOTT et al., 2020).

Kliszczewicz et al. (2015) e D'Angelo e Rosa (2020) demonstraram que o exercício é um dos fatores que pode aumentar a produção de radicais livres e espécies reativas de oxigênio como parte das reações metabólicas, devido ao treinamento muscular de alta intensidade, induzindo, desta forma, ao estresse oxidativo (EO). Durante o exercício regular de alta intensidade, dependendo da fase do treinamento, os indivíduos que treinam e que não tem um período adequado de recuperação, podem gerar traumas e provocar alterações hematológicas, muitas vezes antagônicas (TENÓRIO et al., 2017). Na série eritrocitária podem induzir hemoconcentração pelo aumento da pressão arterial, constrição venosa, concentrações de metabólitos na musculatura exercitada, transpiração e perdas insensíveis de fluidos. A

hemodiluição também ocorre em virtude da expansão do volume plasmático em resposta ao aumento dos níveis de renina, aldosterona, vasopressina e albumina (SCOTT et al., 2020).

Assim, a saliva e seus componentes salivares representam uma alternativa não invasiva na determinação do efeito do exercício extenuante sobre o organismo, assim como a influência deste nos sistemas corporais (LINDSAYA; COSTELLO, 2017).

Dessa forma, a saliva é uma alternativa simples e mais fácil de manusear para os procedimentos diagnósticos porque não coagula, e é de baixo custo para a obtenção das amostras desse fluido. Exige pouca necessidade de aplicação de técnicas sofisticadas de coleta e o manuseio do material coletado pode se dar em ambientes laboratoriais, clínicos e de campo (GUG et al., 2019).

Além disso, evidências apontam nos achados obtidos por Barranco (2018) que a saliva pode também ser utilizada como uma ferramenta para medir alterações metabólicas e adaptações induzidas por exercício físico suscitando uma gama de possibilidades para a pesquisa.

A saliva é constituída predominantemente por água (97-99,5%), originada do plasma presente na célula acinar, além de conter constituintes orgânicos e inorgânicos (PROCTOR, 2016). A saliva é um fluido hipotônico em relação ao plasma, contendo compostos produzidos nas glândulas salivares (imunoglobulina A (IgA) e α -amilase), assim como compostos difundidos no plasma: água, eletrólitos, proteínas, metabolitos e hormônios (GUG et al., 2019).

Na saliva, os hormônios, em sua maioria, estão presentes no plasma e podem ser medidos, devido a uma ligação entre o plasma e as glândulas salivares (RATHNAYAKE et al., 2017). A via principal de entrada dos hormônios esteroides e outras moléculas pequenas e neutras na saliva é através de difusão passiva (PAPPA et al., 2020).

As glândulas salivares são intensamente irrigadas por redes capilares e muitos dos componentes do sangue lipossolúvel que passam facilmente através das paredes capilares nas glândulas salivares (PEDERSEN; BELSTRØM, 2019). As proteínas de soro e globulinas que se ligam aos hormônios são grandes moléculas que não passam através das membranas das células das glândulas salivares (PAPPA et al., 2020).

Nesse sentido, Pitti et al. (2019), em seus achados, relataram que o exercício físico induz a alterações bioquímicas nos sistemas corporais, modificando a composição de alguns componentes salivares, como as concentrações de proteínas totais salivares (PTS) e do óxido nítrico (ON), e potencial de hidrogênio iônico (pH), bem como o cortisol, que desempenha

um papel importante no controle e regulação do metabolismo energético, tanto durante, como após o exercício, e a atividade da alfa-amilase salivar.

Assim, os hormônios esteroides não conjugados (como o cortisol, estriol, progesterona e testosterona) predominantemente difundidos no meio intracelular, não influenciam o fluxo salivar e apresentam concentrações muito semelhantes na fração plasmática livre (BÜTTLERA et al., 2018).

O cortisol é um hormônio que tem funções metabólicas importantes, como o controle da pressão arterial, na função cardiovascular e sistema imunológico, produzido pelas glândulas suprarrenais (Adrenais) e liberado para a circulação (MILLER, 2018).

Os estudos Aguiar et al. (2021) revelam que a fração livre do cortisol plasmático correlaciona-se com concentrações salivares, possibilitando o uso deste marcador na avaliação das respostas ao estresse físico e psicológico (LINDSAYA; COSTELLOB, 2017).

A atividade física é capaz de aumentar gradativamente a concentração de cortisol salivar em indivíduos submetidos a diferentes formas de exercício (CINTINEO et al., 2018). Além de avaliar as respostas adaptativas ao treinamento, o cortisol tem sido utilizado como biomarcador interessante para investigar os níveis de tolerância ou intolerância ao treinamento quando realizado em conjunto com dosagem de testosterona e subsequente cálculo da testosterona cortisol (CINTINEO et al., 2018).

Hayes (2016) demonstraram que a análise destes componentes salivares representa uma alternativa não invasiva para determinar os biomarcadores de estresse oxidativo, induzido pelo exercício resistido.

Ivković et al. (2015) evidenciaram que exercício resistido gera a uma adaptação corporal que se manifesta como uma interação sincronizada de todas as funções, especialmente nervosas, endócrinas e imunológicas sistemas, o que provoca um aumento da produção de radicais livres, o que podem ou não resultar em estresse oxidativo.

Kubo et al. (2019), em estudos relacionados à indução ao estresse oxidativo por intermédio do treinamento de força, indicam que o exercício de agachamento tem sido um dos exercícios mais populares e investigados pela eletromiografia de superfície (EMG), sendo recomendados para fortalecer os músculos nos membros inferiores.

Nesse sentido, a EMG tem sido utilizada como o principal método na análise do exercício agachamento, por permite identificar e observar a atividade muscular por meio da detecção e registro do potencial mio elétrico emanado das fibras musculares esqueléticas (AGUIAR et al., 2021).

Sendo assim, a mesma vem sendo empregada como instrumento para documentar a atividade dos músculos sob diferentes condições, aplicada nas análises da marcha, identificação de fadiga muscular no treinamento de força e na verificação da especificidade e eficiência de métodos de treinamento e reabilitação e na quantificação da taxa de disparo de unidades motoras (KARTHICKA, 2018).

A origem do sinal eletromiográfico é o potencial de ação, que é disparado por cada unidade motora ativada durante a contração muscular, do sinal eletromiográfico que constitui a soma de todas as unidades motoras e pode ser captado por eletrodos colocados na superfície da pele (BINGHAM et al., 2017).

Murray et al. (2013) analisou os efeitos da posição do pé durante o exercício agachamento utilizando a EMGs. Monajati (2019) examinaram a cinemática da dinâmica do exercício agachamento com uma perna e as duas pernas, por intermédio da EMGs com objetivo de otimizar o a prevenção de lesões de membros inferiores.

De maneira mais abrangente, Muyor et al. (2019) analisaram a atividade mioelétrica utilizando a EMGs nos músculos do glúteo médios, (GM) glúteo máximo (GM), bíceps femoral (BF), vasto lateralis (VL), vasto medial (VM) e reto femoris (RF). Os autores demonstraram que os músculos analisados do exercícios agachamento apresentaram atividade EMG na fase concêntrica em relação ao excêntrico.

Para os pesquisadores Mira et al. (2018), as análises dos padrões dos impulsos neuromusculares durante o exercício por meio da eletromiografia de superfície (EMGs) vem contribuindo na integração de conceitos e métodos, objetivando um entendimento mais amplo sobre a fadiga muscular.

A fadiga muscular é um processo que gera alterações nos padrões de ativação muscular, tendo a análise do sinal eletromiográfico importante papel na sua avaliação (LIU et al., 2019).

O entendimento sobre a fadiga muscular constitui uma área temática que, por ser considerada em um conceito multidimensional, abrange aspectos fisiológicos e psicológicos. Assim, isolar e quantificar os sintomas que precedem a perda na capacidade do músculo em sustentar um nível de força, caracteriza um problema de elevada complexidade no meio clínico e esportivo (WAN et al., 2017).

Nesse sentido, o presente estudo analisou o cortisol salivar e a fadiga muscular no exercício agachamento em indivíduos fisicamente ativos. Dessa forma, a tese foi organizada em dois estudos, descritos brevemente a seguir, para alcançar tal proposta.

O primeiro estudo, intitulado *Effects of the back squat exercise on lower limb myoelectric activity in trained men: a systematic review* (AGUIAR et al., 2021), é uma revisão sistemática da literatura a respeito dos efeitos do exercício agachamento na atividade mioelétrica em homens treinados.

Essa revisão foi publicada na Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício online. A partir dessa revisão, notou-se uma lacuna na literatura científica em relação a qualidade metodológica, e a necessidade da verificação mais detalhada da atividade mioelétrica no exercício agachamento e os protocolos utilizados nas intervenções.

O segundo estudo, intitulado *The effects of intense resistance training on salivary cortisol, muscle strength and hypertrophy in trained individuals: a systematic review* (AGUIAR et al., 2021), é uma revisão sistemática sobre os efeitos do treinamento de resistência intenso no cortisol salivar, força muscular e hipertrofia em indivíduos treinados.

Essa revisão foi publicada na revista Retos. A partir dessa revisão, observou-se uma lacuna na literatura científica em relação a qualidade metodológica, e a necessidade da verificação mais detalhada do *High Intensity Training* (HIT) que parece ser uma intervenção eficaz para controlar o aumento dos níveis cortisol salivar agudo e crônico e, assim, induzir possíveis mudanças sobre a fisiologia e níveis hormonais.

1 ESTUDO 1 - EFEITOS DO EXERCÍCIO AGACHAMENTO POR TRÁS NA ATIVIDADE MIOELÉTRICA DO MEMBROS INFERIORES EM HOMENS TREINADOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Como citar: Aguiar RS, Castro JBP, Santos AOB, Silva GCPSM, Nunes RAM, Vale RGS et al. Efeitos do exercício de agachamento por trás na atividade mioelétrica de membros inferiores em homens treinados: uma revisão sistemática. Rev Bras Fisiol Exerc 2021;20(1):83-92. DOI: 10.33233/rbfex.v20i1.4396

RBFEx
ISSN Online: 2675-1372

Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício

Revisão Sistemática

Efeitos do exercício agachamento por trás na atividade mioelétrica de membros inferiores em homens treinados: uma revisão sistemática

Effects of the back-squat exercise on lower limb myoelectric activity in trained men: a systematic review

Rogério Santos de Aguiar¹, Juliana Brandão Pinto de Castro¹, Andressa Oliveira Barros dos Santos^{1,2}, Giulio César Pereira Salustiano Mallen da Silva^{1,2}, Fabiana Rodrigues Scartoni³, Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes¹, Rodrigo Gomes de Souza Vale^{1,4}

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

2. Grupo de Pesquisa em Biodinâmica de Desempenho, Exercícios e Saúde (BIODESA), Universidade Castelo Branco, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

3. Universidade Católica de Petrópolis, Petrópolis, RJ, Brasil

4. Universidade Estácio de Sá, Cabo Frio, RJ, Brasil

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo foi descrever os efeitos do exercício agachamento por trás sobre a atividade mioelétrica de membros inferiores em homens treinados. **Métodos:** Foi realizada uma revisão sistemática seguindo as recomendações do PRISMA. Foram pesquisadas as bases de dados Medline (Pubmed), Scielo, Scopus, SPORTDiscus e Lilacs. Os termos de pesquisa incluíram eletromiografia, exercício, treinamento de resistência e agachamento. Foram incluídos estudos experimentais que descreveram o exercício agachamento por trás por meio da eletromiografia de superfície (EMG) em homens com experiência em treinamento resistido (TR) e exercício agachamento por trás em ângulos de 60° a 90°. **Resultados:** Oito estudos preencheram os critérios de inclusão. As intervenções dos estudos incluídos variaram de 2 a 7 dias. Os protocolos demonstraram melhorar o sistema neuromuscular e proporcionar maior aquisição de força nos músculos envolvidos na realização do exercício agachamento por trás ($p < 0,05$). Foram analisados 37 músculos, com predomínio dos músculos vasto lateral, vasto medial, glúteo máximo e reto femoral. **Conclusão:** Os estudos investigados nesta revisão mostraram que o exercício agachamento por trás em ângulos de 60° a 90° aumentou a atividade mioelétrica de membros inferiores registrada em cargas de 30% e 100% de 1RM em homens experientes em TR. Porém, mais estudos com maior qualidade metodológica são necessários na análise do exercício agachamento para reduzir o risco de viés.

Palavras-chave: eletromiografia; exercício de agachamento; treinamento de resistência; força muscular.

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to describe the effects of the back-squat exercise on the lower limb myoelectric activity in trained men. **Methods:** We conducted a systematic review following the recommendations of PRISMA. Medline (PubMed), Scielo, Scopus, SPORTDiscus, and Lilacs databases were searched. The search terms included electromyography, exercise, resistance training, and squat. We included experimental studies that described the back-squat exercise using surface electromyography (EMG) in men experienced in resistance training and back squat exercise at angles from 60° to 90°. **Results:** Eight studies met the inclusion criteria. The interventions of the included studies ranged from 2 to 7 days. The protocols demonstrated to improve the neuromuscular system and to provide greater acquisition of strength in the muscles involved in performing the back squat exercise ($p < 0.05$). Thirty-seven muscles were analyzed, with a predominance of the vastus lateralis, vastus medialis, gluteus maximus, and rectus femoris muscles. **Conclusion:** The studies investigated in this review showed that the back-squat exercise at angles from 60° to 90° increased the lower limb myoelectric activity recorded in loads of 30% and 100% of 1RM in men experienced in resistance training. However, more studies with higher methodological quality are needed in the analysis of the squat exercise to reduce the risk of bias.

Keywords: electromyography; squat exercise; resistance training; muscle strength.

Recebido em: 26 de setembro de 2020; Aceito em: 3 de dezembro de 2020.

Correspondência: Rogério Santos de Aguiar, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Esportes, Rua São Francisco Xavier, 524, 9 andar, bloco F, sala 9122, 20550-900 Rio de Janeiro, RJ. rogghi@gmail.com

Introdução

O exercício agachamento é um dos exercícios mais utilizados na prescrição do treinamento resistido (TR) e da aptidão física. Este exercício também se aplica a prescrições destinadas a tratamentos clínicos. Essa aplicabilidade se deve à capacidade do exercício agachamento em fortalecer os músculos dos membros inferiores no tratamento de lesões ligamentares, disfunção patelofemoral e instabilidade do tornozelo [1-3].

O exercício agachamento também tem feito parte dos programas de treinamento esportivo, pois apresenta semelhanças biomecânicas e neuromusculares com uma ampla gama de movimentos atléticos [4]. Dessa forma, foi incluído como o exercício central em muitas rotinas esportivas. Uma vez estabelecido o modelo biomecânico, somado a uma análise anatômica para sua execução, o exercício agachamento é utilizado para melhorar a aptidão física, com benefícios associados que não se limitam à população atlética [5].

Além disso, muitas atividades da vida diária (AVD) requerem a interação coordenada e simultânea de vários grupos musculares. Dessa forma, o exercício agachamento pode ser utilizado para melhorar a força muscular dos membros inferiores, favorecendo a realização das AVD. Isso decorre da capacidade de recrutar vários grupos musculares em um único movimento [6].

Nessa perspectiva, o estudo da musculatura pode ser importante no fornecimento de informações sobre o controle dos movimentos voluntários, na análise dos reflexos e mensuração dos grupos musculares envolvidos no exercício agachamento [7]. Este exercício ativa cerca de 200 músculos [6] e pode ser realizado em diversas profundidades, geralmente medidas pelo grau de flexão do joelho, como parcial (joelho em ângulo de 40°), média (60, 70 a 90°) e total (maior que 90°) [8].

A atividade mioelétrica dos músculos humanos pode ser medida por eletromiografia de superfície (EMG). A EMG permite medir a variação do potencial de membrana, ou seja, como os potenciais de ação são transmitidos junto com a fibra muscular de acordo com o estímulo do exercício realizado [9]. Portanto, esta revisão sistemática teve como objetivo descrever os efeitos do exercício agachamento por trás sobre a atividade mioelétrica de membros inferiores em homens treinados.

Métodos

Esta revisão sistemática seguiu as recomendações das diretrizes dos Principais Itens para relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises (PRISMA) [10] e foi registrada no Registro Prospectivo Internacional de Revisões Sistemáticas (PROSPERO), com o número CRD42018082308.

Critérios de elegibilidade e inclusão do estudo

Foram incluídos estudos experimentais utilizando TR com intervenção aguda que avaliaram o exercício agachamento por trás utilizando EMG em homens com experiência em TR e no exercício agachamento em ângulos de 60° a 90°.

Estudos de revisão, estudos com indivíduos que apresentavam alguma lesão muscular ou limitação física, ou escritos em outro idioma que não inglês, português ou espanhol foram excluídos desta revisão de estudo.

Estratégia de pesquisa

Foi realizada busca sem filtros nas bases de dados Medline (via PubMed), Scielo, Scopus, SPORTDiscus e Lilacs (via BVS), em maio de 2020, utilizando os termos “eletromiografia”, “exercício”, “treinamento resistido” e seus respectivos sinônimos e “agachamento”. Esses descritores e seus sinônimos foram combinados de forma apropriada usando os operadores lógicos [AND] entre os descritores e [OR] entre os sinônimos (Apêndice 1). Embora o termo “agachamento” não tenha sido identificado nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e Medical Subject Headings (MeSH), ele foi inserido nos descritores principais como estratégia de busca por ter aparecido em alguns estudos anteriores sobre o tema. As listas de referência e outras fontes foram pesquisadas para encontrar novos estudos.

Depois que as referências foram extraídas usando os termos de pesquisa, elas foram exportadas para uma biblioteca compartilhada do Mendeley. Dois autores concluíram a pesquisa, a remoção das duplicatas, a análise dos títulos e resumos e a triagem dos artigos completos. Eventuais divergências na análise foram encaminhadas a um terceiro autor. Em seguida, lemos a versão completa dos artigos que atenderam aos critérios de elegibilidade do presente estudo.

Análise de viés

A ferramenta ROBINS-I (risco de viés em estudos não randomizados - de intervenções) foi utilizada para avaliar o risco de viés nos estudos incluídos nesta revisão sistemática [11]. Os estudos foram classificados como “viés de seleção”, “viés de desempenho”, “viés de detecção”, “viés de monitoramento”, “viés de relatório”, “viés por falta de dados” e “viés” na seleção de resultados relatados, com as respostas “sim”, “provavelmente sim”, “provavelmente não” e “não”. Dois avaliadores independentes e experientes analisaram o risco de viés nos estudos incluídos.

As discordâncias foram avaliadas por um terceiro pesquisador. Processo de coleta de dados Os seguintes dados foram extraídos dos estudos selecionados: país, número de participantes em cada grupo, idade, massa corporal, estatura (Tabela I), protocolo de intervenção, músculos testados, metodologias, testes usados para análise de dados e principais resultados (Tabela II).

Resultados

No total, foram encontrados 350 estudos seguindo a metodologia de pesquisa proposta. Após a utilização dos critérios de seleção, oito artigos foram incluídos nesta revisão (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma das etapas da revisão sistemática.

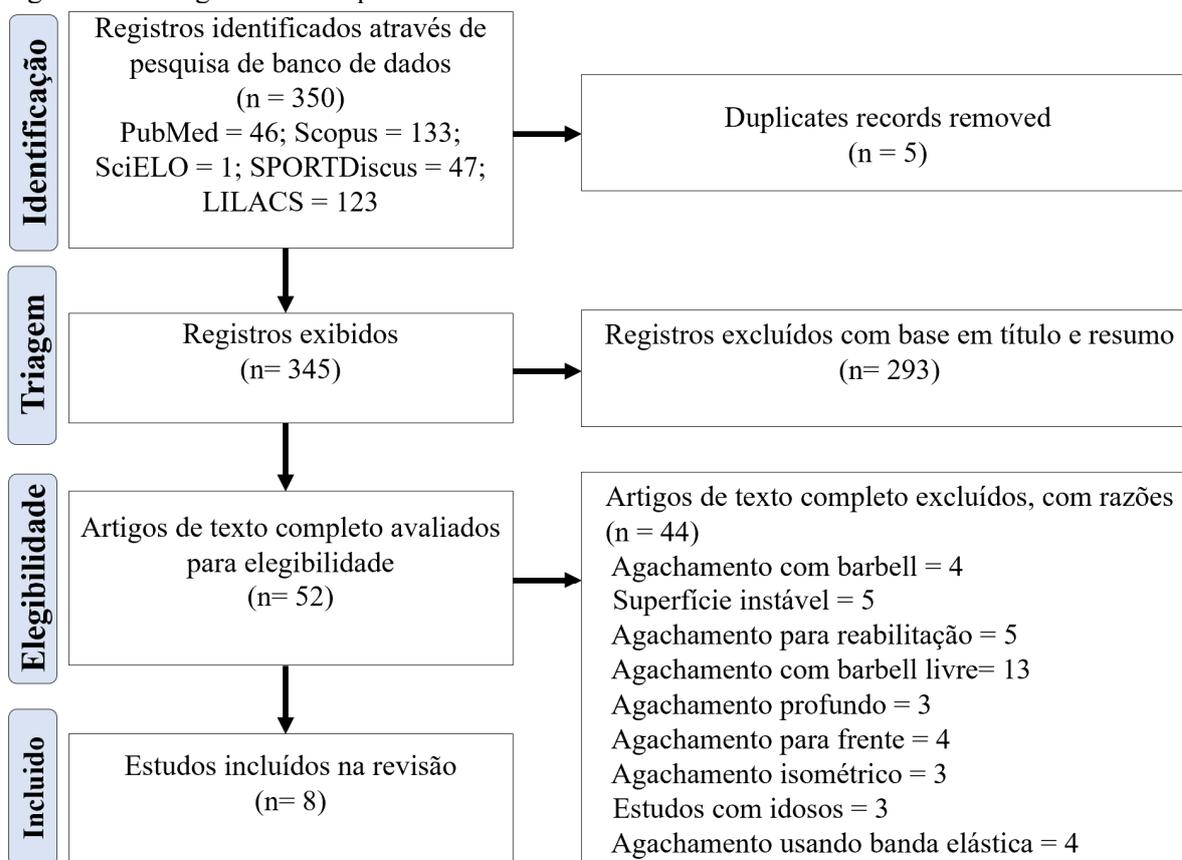


Tabela I apresenta as características descritivas dos estudos incluídos nesta revisão. Ao analisar os oito estudos [12–19] da Tabela I, observou-se uma população de 107 homens treinados (idade média: $25,13 \pm 1,93$ anos; massa corporal: $82,62 \pm 2,05$ kg; estatura: $1,74 \pm 0,03$ m).

Tabela I - Características descritivas dos estudos incluídos na revisão

Estudo	País de estudo	Tipo de amostra	Amostra do estudo	Características dos estudos		
				Idade (anos)	Est. (m)	MC (kg)
Clark <i>et al.</i> [12]	Irlanda	Estratificada	10	$26,6 \pm 8,4$	$1,7 \pm 0,3$	$86,1 \pm 7,8$
Fletcher and Bagley [13]	EUA	Estratificada	14	$21,7 \pm 2,6$	$1,79 \pm 0,07$	$83,2 \pm 14,1$
Gomes <i>et al.</i> [14]	EUA	Estratificada	14	24 ± 4	$1,76 \pm 6$	81 ± 11
Mina <i>et al.</i> [15]	EUA	Estratificada	16	$26 \pm 7,8$	$1,7 \pm 0,2$	$82,6 \pm 12,7$
Mina <i>et al.</i> [16]	França	Estratificada	16	$26 \pm 7,8$	$1,73 \pm 0,2$	$82,6 \pm 12,7$
Silva <i>et al.</i> [17]	Brasil	Estratificada	15	$26,5 \pm 6,9$	1,74	$80,8 \pm 5,2$
Silva <i>et al.</i> [18]	Brasil	Aleatória	10	26 ± 5	$1,73 \pm 0,05$	—
Yavuz <i>et al.</i> [19]	Turquia	Não informou	12	$21,2 \pm 1,9$	—	—

EUA = Estados Unidos da América; MC = Massa corporal; Est = Estatura

A Tabela II apresenta as características metodológicas e os resultados referentes às condições de repouso na imposição da carga máxima em todos os estudos, incluindo o teste de força muscular utilizado, o grupo muscular avaliado e os resultados EMG antes e após a intervenção. Foram analisados 37 músculos, com predomínio na análise dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medial (VM), glúteo máximo (GM) e reto femoral. Tabela II - Métodos e resultados dos estudos incluídos nesta revisão.

Tabela II - Métodos e resultados dos estudos incluídos nesta revisão

Estudo	Res. EMG (% - ±) Pré e pós intervenção		Perf. Inter. (dias)	Músculos analisados	Valor de P	Teste usado	Cargas de treino (kg)
Clark et al. [12]	RA = 21,1±14,7	↑90,3 ± 65,0	3	RA	p<0,001	1RM	393,4±28,20
	LS = 16,2±18,4	↑66,7 ± 48,41		LS	p<0,001		
	EO = 26,1±26,3	↑54,5± 15,3		EO	p<0,001		
	ECLS = 20,7±19,3	↑108,6 ± 10,4		ECLS	p<0,001		
	VL= 10,4±8,0	↑54,8 ± 39,0		VL	p<0,001		
Fletcher and Bagley [13]	EC= 107,8 ± 38,1	↑113,5 ± 37,1	7	ES, GM,	p<0,05	1RM	397,5±7,94
	EC= 119,5 ± 39,5	↑134,1 ± 55,4		ST, BF	p<0,001		
Gomes et al. [14]	GM= 12%	↑19,7%	5	GM	p<0,001	1RM	107±30
	VL= 34,4	↑45,6%		VL	p<0,001		
Mina et al. [15]	ST= 77,4 ± 9,7	↑137,6 ± 26,8	2	RF, VM, ST	p<0,05	1RM	282,7±7,42
	QL = 95,9 ± 3,5	↑100,8 ± 4,6		VL, QL	p<0,05		
Mina et al. [16]	ST= 76,0 ± 11,2	↑75,7 ± 18,0	3	VM, VL,	p<0,05	1RM	280,6±5,94
	QL= 78,6 ± 3,5	↓70,5 ± 6,3		RF, ST			
Silva et al. [17]	GM= 1,0	↑29,37%	2	GM	p=0,004	10RM	163,4±15,27
	BF = 0,22	↑11,78%		BF	p=0,009		
	LS = 0,27	↑10,85%		SL	p=0,031		
Silva et al. [18]	VM = 103,37	↑110,3%	4	VM	p<0,05	8-12RM	297,35±12,40
	VL = 84,7	↑102,14%		VL	p<0,05		
	RF = 85,58	↑102,54 %		RF	p<0,05		
	BF = 92,19	↑120,93%		BF	p<0,05		
Yavuz et al. [19]	VM= 72 ± 57,6	↑76,4 ± 61,8	2	RF, VL, VM,	p<0,05	1RM	270,4±21,50
	GM= 30 ± 17,9	↑50,2 ± 30,8		EC, GM, BF,	p<0,05		
				ST			

Perf.=perfil; Inter.=intervenção; Res.=resultados; QF=quadrado lombar; EMG=eletromiografia; RM=repetição máxima; RA=reto abdominal; OE=oblíquo externo; ECLS=erector da coluna lombar superior; SL= sacro lombar; EC = erector da coluna; VM=vasto medial; VL=vasto lateral; RF=reto femoral; ST=semitendinoso; BF=bíceps femoral; SL=sóleo; GM=glúteo máximo; CL=coluna lombar; ↑ aumento, ↓ redução

A Tabela III mostra o risco de viés dos estudos por meio da ferramenta ROBINS- I. Em relação aos estudos analisados pela ferramenta ROBINS-I, 70% [13,15,16,17,19] foram considerados com risco crítico de viés, enquanto apenas 30% [12,14,18] foram considerados com risco moderado de viés. Tabela III - Análise de risco de viés pela ferramenta ROBINS-I

Tabela III - Análise de risco de viés pela ferramenta ROBINS-I

Estudo	1	2	3	4	5	6	7	Total
Clark <i>et al.</i> [12]	P. Não	Não	P. Sim	P. Sim	Sim	P. Sim	P. Sim	5
Fletcher and Bagley [13]	P. Não	P. Sim	Sim	Sim	Sim	P. Sim	Sim	6
Gomes <i>et al.</i> [14]	P. Não	Não	P. Não	P. Sim	Sim	P. Sim	P. Sim	4
Mina <i>et al.</i> [15]	P. Não	P. Sim	6					
Mina <i>et al.</i> [16]	P. Não	Não	Sim	Sim	Sim	P. Sim	Sim	5
Silva <i>et al.</i> [17]	P. Não	P. Sim	P. Sim	P. Não	P. Sim	P. Sim	P. Sim	5
Silva <i>et al.</i> [18]	P. Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	5
Yavuz <i>et al.</i> [19]	P. sim	Sim	Sim	Sim	P. Sim	Sim	Sim	6

P = Provavelmente; 1 = Viés de seleção; 2 = viés de desempenho; 3 = Viés de detecção; 4 = viés de monitoramento; 5 = Viés de relatórios; 6 = Viés por falta de dados; 7 = Viés na seleção do resultado reportado

Discussão

O objetivo desta revisão sistemática foi descrever os efeitos do exercício agachamento por trás sobre a atividade mioelétrica de membros inferiores em homens treinados. A análise dos oito estudos transversais [12-19] mostrou maior atividade mioelétrica durante os diferentes protocolos agachamento, mas estes não representam um maior ganho de força promovido pelo tipo de exercício ($p < 0,05$).

A média EMG dos sinais RMS (20 Hz a 392 Hz) variou para os músculos analisados (VM, VL e GM) durante a fase de subida do levantamento com cada carga durante os testes de repetição máxima (RM) do exercício agachamento por trás. No entanto, os achados desses estudos experimentais devem ser interpretados com cautela, pois foram classificados como risco incerto de viés (Tabela III).

Quanto às intervenções, cinco estudos utilizaram o TR por meio de pesos livres com barras e anilhas [12-15,19], dois [16,17] utilizaram barra e a Smith Machine e um estudo [18] não descreveu o dispositivo utilizado. Além disso, dois desses estudos [12,14] realizaram os testes de RM no exercício agachamento por trás, adicionando a joelheira. Um desses estudos [18] realizou o teste de 1RM com cargas de 80%, 90% e 100%, utilizando a EMG no exercício agachamento por trás.

No entanto, as atividades mioelétricas musculares gerais foram aumentadas com cargas crescentes, mas os aumentos significativos nos sinais EMG foram observados apenas nos músculos vasto medial (VM) e glúteo máximo (GM) com cargas de 90% e 100% de 1RM. Da mesma forma, Silva *et al.* [18] ao submeterem a amostra ao exercício agachamento, observaram um aumento na atividade EMG do GM e VM com cargas crescentes de 60% a 90% de 1RM.

McBride *et al.* [20] relataram o uso de cargas pesadas de 70% a 90% de 1RM para analisar o efeito da instabilidade e estabilidade do exercício agachamento por trás. Os resultados mostraram um aumento significativo no nível do sinal EMG na atividade muscular do vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF) e eretor da coluna, com a carga de 90% de 1RM no exercício agachamento estável.

Por outro lado, Contreras *et al.* [21] e Aagaard *et al.* [22] compararam a média e o pico da amplitude EMG nos exercícios agachamento de costas em uma estimativa de 10RM e não

encontraram diferenças significativas no sinal EMG nos músculos GM, BF e VL entre os agachamentos.

A discrepância entre os achados desses estudos pode ser devido às amostras com experiência em TR (>3 anos). Isso pode sugerir uma melhor estratégia de recrutamento muscular na frequência mioelétrica durante a execução do exercício agachamento por trás utilizado em diferentes percentuais de cargas e RM [23].

Dessa forma, o TR com diferentes porcentagens de repetição máxima (% de 1RM) foi utilizado para melhorar diferentes propriedades musculares, como aumento da força máxima, força explosiva e hipertrofia [24]. Além disso, cargas pesadas (> 80% de 1RM) foram utilizadas para recrutar unidades motoras de contração rápida de alto limiar, de acordo com o tamanho da fibra muscular, enquanto cargas menores (60% de 1RM) são utilizadas para manter a especificidade da velocidade de treinamento e melhorar a potência mecânica [25].

Cargas com diferentes % de 1RM resultam em diferentes adaptações neuromusculares e cinemáticas na fase excêntrica do exercício agachamento [26]. Assim, o agachamento é um dos exercícios mais utilizados em diversos protocolos de treinamento devido a sua aplicabilidade e funcionalidade nos esportes e atividades diárias. Variações do agachamento (exemplo: por trás, frente, búlgaro, sumô e afundo) são aplicadas ao condicionamento físico, treinamento de força e reabilitação fisioterapêutica [27]. Devido à biomecânica e semelhanças neuromusculares com uma variedade de movimentos atléticos, o agachamento é um exercício essencial em muitas rotinas esportivas [28].

Assim, o agachamento visa treinar os músculos da coxa, os extensores do joelho (exemplo: reto femoral, vasto lateral e vasto medial), e fortalecer os extensores do quadril (exemplo: glúteo máximo, bíceps femoral e semitendinoso). Além disso, este exercício pode desenvolver força muscular na parte inferior das costas, para realizar habilidades básicas exigidas em esportes e atividades diárias [29].

Vale ressaltar que, à medida que o sistema locomotor se adapta a um programa de TR, o indivíduo deve continuar a sofrer novos percentuais de carga para continuar a aumentar a força e a massa muscular aumentando gradualmente a carga e o número de conjuntos ou frequência de treinamento [30]. Essas variáveis são utilizadas para manter a especificidade da execução de velocidade do exercício agachamento e melhorar a potência mecânica, força e hipertrofia muscular [31].

Todas as intervenções com TR dos estudos experimentais analisados nesta revisão sistemática estão de acordo com as diretrizes do American College of Sports Medicine (ACSM) [32] para indivíduos com experiência em TR, o que inclui mudanças nas cargas de treinamento (<80% de 1RM) para induzir alterações metabólicas, hormonais, neurais e respostas cardiovasculares agudas à TR. Além disso, o teste 1RM tem sido usado como padrão-ouro na determinação da força dinâmica máxima e usa valores percentuais de força máxima para determinar zonas de treinamento [33].

Esta revisão sistemática tem algumas limitações que devem ser destacadas. Em primeiro lugar, as amostras eram compostas apenas por homens treinados e não incluíam mulheres com experiência em TR. Portanto, os resultados não podem ser generalizados para outras populações. No entanto, optamos pela exclusividade dos homens na amostra, pois eles tendem a ter maior massa corporal e força muscular.

Conclusão

Os estudos analisados na presente revisão sistemática mostraram que o exercício agachamento por trás em ângulos de 60° a 90° aumentou a atividade mioelétrica do membro inferior registrada em cargas de 30% e 100% de 1RM em homens experientes em TR. No entanto, sugere-se mais estudos com maior qualidade metodológica na análise do exercício agachamento para reduzir o risco de viés. P

Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

Fontes de financiamento

Não houve fontes de financiamento externas para este estudo.

Vinculação acadêmica

Este estudo está vinculado à tese do doutorando Aguiar RS, do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Aguiar RS, Castro JBP, Nunes RAM, Vale RGS, Scartoni FR; Análise e interpretação dos dados: Aguiar RS, Castro JBP, Santos AOB, Silva GCPSM; Análise estatística: Não aplicável; Obtenção de financiamento: Não aplicável; Redação do manuscrito: Aguiar RS, Castro JBP; Revisão crítica do manuscrito para conteúdo intelectual importante: Aguiar RS, Castro JBP, Vale RGS.

Referências

1. Deniz E, Yavuz H. Evaluation of muscle activities during different squat variations using electromyography signals. Springer Nature Switzerland 2020;1095:1–7. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35249-3_114
2. Monajati A, Larumbe-Zabala E, Goss-Sampson M, Naclerio F. Surface electromyography analysis of three squat exercises. J Hum Kinet 2018;67:73-83. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0073>
3. Rasch PJ, Burke RK. Kinesiology and applied anatomy (5th ed.). Philadelphia/PA: Lea and Febiger; 1974. 604p. <https://doi.org/10.1093/ptj/55.6.712>
4. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Lander JE, Barrentine SW, Andrews JR, et al. Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. Med Sci Sports Exerc 2001;33(9):1552- 66. <https://doi.org/10.1097/00005768-200109000-00020>
5. Soleyn N. Analyzing the squat. The Aasgaard Company 2013;2-8.

6. Tillaar RVD, Andersen V, Saeterbakken AH. Comparison of muscle activation and kinematics during free-weight back squats with different loads. *PLoS ONE* 2019;14(5):1-13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217044>
7. Serrão JC, Mezêncio B, Claudino JG, Rafael SR, Miyashiro PL, et al. Effect of 3 different applications of Kinesio Taping Denko® on electromyographic activity: inhibition or facilitation of the quadriceps of males during squat exercise. *J Sports Sci Med* 2016;15(3):403-9.
8. Yavuz HU, Erdag D. Kinematic and electromyographic activity changes during back squat with submaximal and maximal loading. *Appl Bionics Biomech* 2017:9084725. <https://doi.org/10.1155/2017/9084725>
9. Safee MKM, Wan AWAB, Ibrahim F, Abu ONA, Abdul MNA. Electromyography activity of the rectus femoris and biceps femoris muscles during prostration and squat exercise. *Int J Bioeng Life Sci* 2014;8(12):860-3. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1099010>
10. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ* 2009;339-b2700. <https://doi.org/10.1136/bmj>
11. Sterne JAC, Hernán MA, Reeves BC, Savović J, Berkman ND, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ* 2016;355-i4919. <https://doi.org/10.1136/bmj.i4919>
12. Clark D, Lambert MI, Hunter AM. Reliability of trunk muscle electromyography in the loaded back squat exercise. *Int J Sports Med* 2016;37(6):448–56. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1569366>
13. Fletcher IM, Bagley A. Changing the stability conditions in a back squat: the effect on maximum load lifted and erector spinae muscle activity. *Sports Biomech* 2014;13(4):380-90. <https://doi.org/10.1080/14763141.2014.982697>
14. Gomes WA, Brown LE, Soares EG, Silva JJ, et al. Kinematic and sEMG analysis of the back squat at different intensities with and without knee wraps. *J Strength Cond Res* 2015;9(9):2482-7. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000922>
15. Mina MA, Blazevich AJ, Giakas G, Kay AD. Influence of variable resistance loading on subsequent free weight maximal back squat performance. *J Strength Cond Res* 2014;28(10):2988-95. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000471>
16. Mina MA, Blazevich AJ, Giakas G, Seitz LB, Kay AD. Chain-loaded variable resistance warm-up improves free-weight maximal back squat performance. *Eur J Sport Sci* 2016;16(8):932-9. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1199740>
17. Silva JJ, Schoenfeld BJ, Marchetti PN, Pecoraro SL, et al. Muscle activation differs between partial and full back squat exercise with external load equated. *J Strength Cond Res* 2017;31(6):1688-93. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001713>

18. Silva JB, Lima VP, Castro JBP, Paz GA, Novaes JS, Nunes RAM, Vale RGS. Analysis of myoelectric activity, blood lactate concentration and time under tension in repetitions maximum in the squat exercise. *J Phys Educ Sport* 2018;18(4):2478-85. <https://doi.org/10.7752/jpes.2018.04371>
19. Yavuz HU, Erdağ D, Amca AM, Aritan S. Kinematic and EMG activities during front and back squat variations in maximum loads. *J Sports Sci* 2015;33(10):1058-66. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.984240>
20. McBride JM, Larkin TR, Dayne AM, Haines TL, Kirby TJ. Effect of absolute and relative loading on muscle activity during stable and unstable squatting. *Int J Sports Physiol Perf* 2010;5(2):177-83. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.2.177>
21. Contreras AD, Vigotsky BJ, Schoenfeld C, Beardsley JC. A comparison of gluteus maximus, biceps femoris, and vastus lateralis electromyography amplitude in the parallel, full, and front squat variations in resistance trained females. *J Appl Biomech* 2016;32(1):16-22. <http://doi.org/10.1123/jab.2015-0113>
22. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol* 2002;93(4):1318–26. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00283.2002>
23. Campos GE, Luecke TJ, Wendeln H K, Toma K, et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol* 2002;8(1):50-60. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0681-6>
24. Kaneko M, Fuchimoto T, Toji H, Sueti K. Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scand J Sports Sci* 1983;5(2):50-5.
25. Cormie P, Deane R, McBride JM. Methodological concerns for determining power output in the jump squat. *J Strength Cond Res* 2007;21(2):424-30. <https://doi.org/10.1519/R-19605.1>
26. Senter C, Hame S. L. Biomechanical analysis of tibial torque and knee flexion angle: implications for understanding knee injury. *Sports Med* 2006;36(8):635-41. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636080-00001>
27. Gullett JC, Tillman MD, Gutierrez GM, Chow JW. A biomechanical comparison of back and front squats in healthy trained individuals. *J Strength Cond Res* 2009;23(1):284-92. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31818546bb>
28. Rice ADA, McNair PJ. Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: neural mechanisms and treatment perspectives. *Semin Arthritis Rheum* 2010;40(3):250-66. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2009.10.001>
29. Langford GA, McCurdy KW, Ernest JM, Doscher M, Walters SD. Specificity of machine, barbell, and water-filled log bench press resistance training on measures of strength. *J Strength Cond Res* 2007;21(4):1061-66. <https://doi.org/10.1519/R-21446.1>

2 ESTUDO 2 - EFFECTS OF HIGH INTENSE RESISTANCE TRAINING ON SALIVARY CORTISOL IN TRAINED INDIVIDUALS: A SYSTEMATIC REVIEW

2021, *Retos*, 41, 265-271

© Copyright: Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF)

ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (<https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index>)

Effects of high-intense resistance training on salivary cortisol in trained individuals: a systematic review

Efectos del entrenamiento de resistencia de alta intensidad sobre el cortisol salival en individuos entrenados: una revisión sistemática

*Rogério Santos de Aguiar, *Gustavo Casimiro Lopes, *Juliana Brandão Pinto de Castro, *Vitor Ayres Príncipe, **Mauro Lúcio Mazini Filho, *Dirceu Ribeiro Nogueira da Gama, *Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes, *Jomilto Luiz Praxedes dos Santos, ***Rodrigo Gomes de Souza Vale

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Brasil), **Universidade Federal de Juiz de Fora (Brasil), ***Universidade Estácio de Sá (Brasil)

Abstract. This study aimed to evaluate the effects of high-intensity training (HIT) on salivary cortisol levels in physically trained individuals. This systematic review followed the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) recommendations. The search for scientific articles was carried out on the Scopus and MEDLINE (via PubMed) databases with the terms *resistance training*, *saliva*, *cortisol*, and their synonyms. We included interventions with high-intense resistance training that analyzed the salivary cortisol levels in physically trained men and women. From the 399 articles found, eight studies met the inclusion criteria. A population of 135 physically trained men and 12 women is with an average age of 23.26 ± 3.10 years, body mass of 85.53 ± 12.68 kg, and height of 1.80 ± 0.04 m. The intervention period ranged from 3 to 15 weeks with the use of 1 to 5 sets of 5 to 10 repetitions. Most protocols have been shown to provide significant stimuli to increase the level of cortisol acutely ($p < 0.05$). The practice of HIT seems to be an effective intervention to stimulate the increase in acute and chronic salivary cortisol levels and thus induce possible changes in physiological and hormonal levels. Moreover, cortisol seems to represent physical activity in some populations and may be useful in monitoring physiology in large-scale observational physical activity surveys. However, more research is needed to elucidate the effects of HIT on cortisol and adaptive results.

Keywords: Resistance training, Saliva, Cortisol.

Resumen. Este estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos del entrenamiento de alta intensidad sobre los niveles de cortisol salival en individuos entrenados físicamente. Esta revisión sistemática siguió las recomendaciones de PRISMA. La búsqueda de artículos científicos se realizó en las bases Scopus y MEDLINE (vía PubMed) con los términos entrenamiento de resistencia, saliva, cortisol y sus sinónimos. Se incluyeron intervenciones con entrenamiento de resistencia de alta intensidad que analizaron los niveles de cortisol salival en hombres y mujeres entrenados físicamente. De los 399 artículos encontrados, ocho estudios cumplieron los criterios de inclusión. Una población de 135 hombres entrenados físicamente y 12 mujeres tiene una edad de $23,26 \pm 3,10$ años, masa corporal de $85,53 \pm 12,68$ kg y altura de $1,80 \pm 0,04$ m. El período de intervención varió de 3 a 15 semanas con el uso de 1 a 5 series de 5 a 10 repeticiones. Se ha demostrado que la mayoría de los protocolos proporcionan estímulos significativos para aumentar el nivel de cortisol de forma aguda ($p < 0,05$). La práctica de entrenamiento de alta intensidad parece ser una intervención eficaz para estimular el aumento de los niveles de cortisol salival agudo y crónico y así inducir posibles cambios en los niveles fisiológicos y hormonales. Además, el cortisol parece representar la actividad física en algunas poblaciones y puede ser útil para monitorear la fisiología en encuestas observacionales de actividad física a gran escala. Sin embargo, se necesita más investigación para dilucidar los efectos de entrenamiento de alta intensidad sobre el cortisol y los resultados adaptativos.

Palabras clave: Entrenamiento de resistencia, Saliva, Cortisol.

Introduction

Resistance exercises, especially those performed at high intensity, cause significant endocrine changes, both acute and chronic in an effective stimulus for the hypothalamic-pituitary-adrenal axis, resulting in a significant increase in circulating cortisol levels (Becker et al., 2020; Wilk et al., 2018a).

Cortisol is a glucocorticoid secreted by the adrenal cortex of the adrenal glands and exerts many beneficial effects in humans, increasing the availability of metabolic substrates, maintaining normal vascular integrity, and protecting the body from an exaggerated response of the immune system to exercise-induced muscle damage (Becker et al., 2020; Vale et al., 2012). Cortisol plays important roles during and after exercise, including participating in gluconeogenesis and accelerating the mobilization and use of fats for energy production (Becker et al., 2020; Vale et al., 2012).

Cortisol levels increase at a relatively proportional rate in response to high-intensity training (HIT). Depending on the characteristics of stimuli, these responses can be classified as acute and chronic (Bonato et al., 2017). For these reasons, the HIT can be used to promote an increase in salivary cortisol levels and determine acute physiological stress (Ciolac & Silva, 2016).

These changes can induce, in athletes and physically trained individuals, an adaptive response to mechanical stress caused by weight resistance, which can promote increases in muscle mass, muscle strength and hypertrophy due to HIT. During training sessions, many catabolic actions occur (ACSM, 2017; Arazi et al., 2019; Bonato et al., 2017).

These catabolic actions can generate tissue damage necessary to muscle fibers so that the cell regeneration process occurs in greater proportions during the rest period, after the training sessions. This can stimulate the gains of hypertrophy and muscle strength (Arazi et al., 2019; Crewther et al., 2011). Therefore, HIT can promote an acute increase in cortisol secretion, which plays a role in stimulating glycogenesis, accelerating and mobilizing free fatty acids, and initiating glucose maintenance (Anderson et al., 2016).

There may be an increase in metabolic response, which can be evidenced by decreased pH and increased lactate concentrations (Geisler et al., 2019). This can occur due to the high volume of training and intensity and short intervals of muscle recovery between the sets of exercises (Church et al., 2016). Thus, there are greater stimuli in type II muscle fibers, which are responsible for higher production of strength, power, and speed (Raya-González et al., 2018).

Cortisol acts as a physiological antagonist of insulin because it promotes the breakdown of carbohydrate, lipid, and protein molecules. Generally, salivary cortisol has been used to study the chronic and acute effects of training in place of blood test analysis, which is more invasive and causes discomfort in trained individuals or athletes (Wunsch et al., 2019).

The salivary cortisol collection is a method that involves a simple procedure that does not produce enough changes to significantly interfere with the results. Because it is a non-invasive technique, the collection is not stressful, unlike venous puncture, which many consider painful

(Vale et al., 2012). This collection procedure allows an adequate analysis and prediction of cortisol levels in response to the intervention (Pineda-Espejel et al., 2020).

Thus, this systematic review aimed to evaluate the effects of HIT on salivary cortisol levels in physically trained individuals.

Methods

This systematic literature review followed the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines (Liberati et al., 2009).

Eligibility criteria

Table 1 shows the PICOS strategy used to delimitate the inclusion criteria. We excluded review studies, studies with animals or diseases, studies with other populations, and studies that used aerobic training as intervention.

Table 1.
PICOS strategy

Initials	Description	Analysis
P	Participants	Physically trained men and women
I	Intervention	High-intensity resistance training
C	Comparison	Pre- vs. post- intervention
O	Outcomes	Effects of HIT on salivary cortisol levels
S	Study design	Experiment studies.

Search strategy

A systematic search was performed without time or language filters in the electronic databases Scopus and MedLine (via PubMed), with last updated in April 2020. We used the descriptors «resistance training», «saliva», and «cortisol» and their synonyms, available at Health Sciences Descriptors (DeCS) and Medical Subject Headings (MeSH). The search was performed with the Boolean operators [OR] (between synonyms) and [AND] (between descriptors). We checked the references of the selected studies and other sources to maximize the search.

After the references were extracted using the search terms, they were exported to a shared library on Mendeley Desktop. Two authors completed the research, the removal of duplicates, the analysis of titles and abstracts, and the screening of the complete articles. Any differences in the analysis were sent to a third author. Then, we read the full version of the articles assessed for eligibility and those that did not meet the inclusion/exclusion criteria were removed.

Bias analysis

The Risk of Bias In Non-randomized Studies – of Interventions (ROBINS-I) tool was used to assess the risk of bias in the studies included in this systematic review (Sterne et al., 2016). Two independent and experienced evaluators analyzed the risk of bias in the included studies. Disagreeing assessments were solved by a third researcher. The studies were classified as «selection bias», «performance bias», «detection bias», «follow-up bias», «report bias», «lack of data bias», and «bias in result selection reported», and were evaluated in the domains «yes», «Probably yes», «Probably not», and «No». Responses of «Yes» and «No» are intended to

have similar implications to responses of «Probably yes» and «Probably no», respectively. Each «Yes» or «Probably yes» corresponds to 1 point. The scores of the sum of the seven domains are: one or two points = severe risk of bias, three or four points = moderate risk of bias, and five to seven = low risk of bias.

Results

In total, 399 studies were found following the proposed research methodology. After using the selection criteria, eight articles were included in this review (Figure 1).

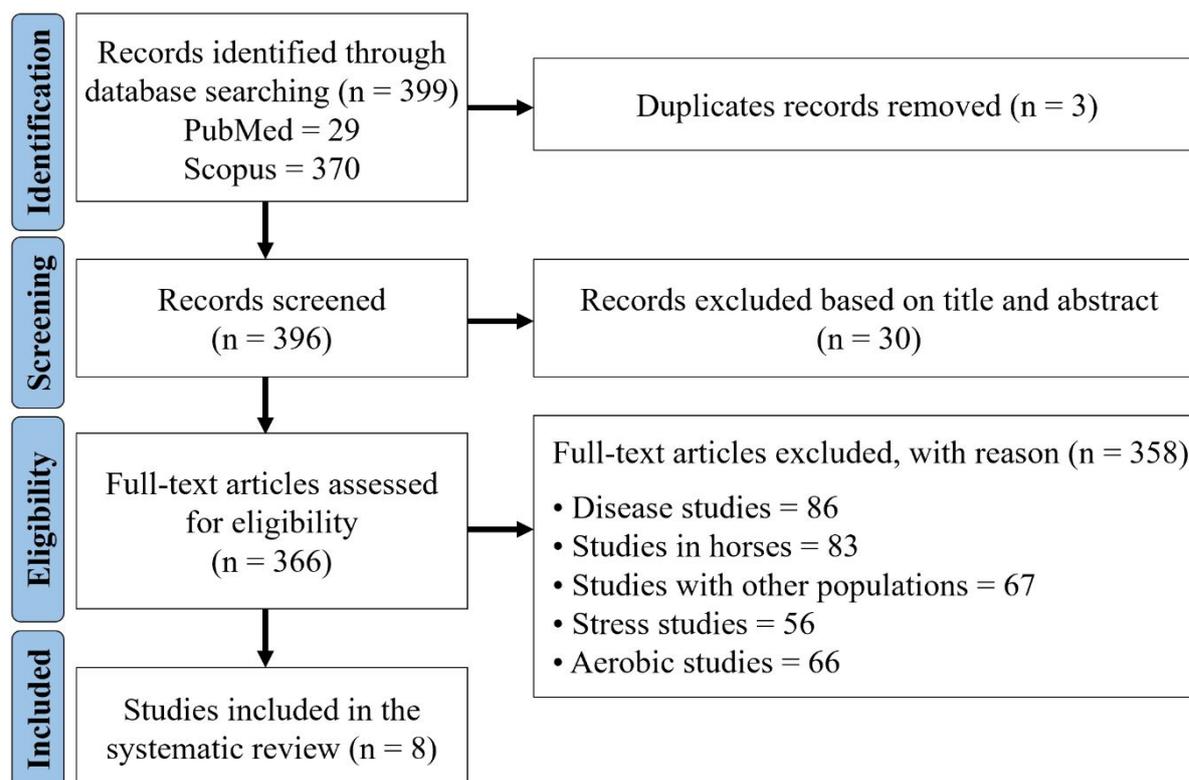


Figure 1. Flow chart of the selected articles

Table 2 presents the characteristics of the eight included studies. The total number of participants was 147 physically trained individuals (135 men and 12 women), with an average age of 23.26 ± 3.10 years, body mass of 85.53 ± 12.68 kg, and height of 1.80 ± 0.04 m.

Table 2.
Study characteristics

Authors/year	Country	Sample	Population characteristics		
			Age (years)	Height (m)	Body mass (kg)
Anderson et al. (2016)	USA	20 M	19.1 ± 1.1	1.85 ± 6.7	102.0 ± 22.2
Bartolomei et al. (2014)	Italy	18 M	26.0 ± 7.8	1.77 ± 0.05	78.7 ± 0.28
Cintineo et al. (2018)	USA	19 M	21.11 ± 2.5	174.33 ± 6.83	76.72 ± 10.24
Gaviglio et al. (2015)	England	27 M	28.3 ± 4.0	1.87 ± 0.08	107.6 ± 18.9
Geisler et al. (2019)	Germany	13 M	23.4 ± 1.3	1.82 ± 5	81.8 ± 6.4
Genner and Weston (2014)	USA	12 M	25.4 ± 6.9	1.80 ± 7	77 ± 10
Sinclair et al. (2013)	England	12 M and 12 W	22 ± 0.71	1.78 ± 8.4	73.15 ± 6.9
Weakley et al. (2017)	England	14 M	20.8 ± 1.2	1.81 ± 0.06	87.3 ± 6.2

USA: United States of America;; men; W: women

Table 3 shows the methods and the main outcomes of the studies included in this review. Of the eight studies, seven used the maximum repetition test (RM) (Anderson et al., 2016; Bartolomei et al., 2014; Gaviglio et al., 2015; Geisler et al., 2019; Genner & Weston, 2014; Weakley et al., 2017) and one used the isokinetic device (Sinclair et al., 2013). Two studies showed a decrease in cortisol levels (Genner & Weston, 2014; Weakley et al., 2017). Two other studies (Sinclair et al., 2013; Anderson et al., 2016) showed an increase and decrease. One study (Sinclair et al., 2013) showed an increase in cortisol levels in men and a decrease in women. One study (Anderson et al., 2016) showed an acute increase in salivary cortisol levels after the first intervention and a chronic increase after 12 weeks. Three experiments (Bartolomei et al., 2014; Geisler et al., 2019; Genner & Weston, 2014) showed sharp increases in cortisol levels after the intervention.

Table 3.
Methods and outcomes of the studies included in this review

Authors	Test	Load, in kg (Mean ± SD)	Exercise	Intervention on period	Cortisol result (Mean ± SD)	p-value
Anderson et al. (2016)	1RM	145.45 ± 26.87	Bench press Squat clean	12 weeks	↑ 5.33 ± 4.94 ↑ 2.57 ± 2.46	p<0.05
Bartolomei et al. (2014)	1RM	118.45 ± 25.69	BS+BP+DPB+D+ SC+TPD+PBR+L M+PU+DR+SBC +PC+LP+LE/LC+ MP+UR+LL+IBP +LR+PLL+IDC+ PC	15 weeks	↑ BP + 19.0% ↑ WWP + 21.3%	p<0.05 p<0.05
Cintineo et al. (2018)	10RM	NR	LP+LE+RD+ILC +AS+SCL	2 days	↑ HIT = 0.3 ± 0.1 ↑ 3S = 0.47 ± 0.21	p<0.01 p<0.05
Gaviglio et al. (2015)	1RM	76.67 ± 37.86	HR+HBP+S+CU +PR	4 weeks	↓ 0.19 ± 0.17 ↓ 0.20 ± 0.15	p<0.01 p<0.01
Geisler et al. (2019)	1RM	109.75±15.75	Back-squat HBP	3 days	↑ 11 mmol/L ↑ 0.6 mmol/L	p<0.05
Genner and Weston (2014)	1RM	105.96±20.98	BS + CP DB + OR+ RD	1 week	↑ 148 ± 15.6 ↑ 102 ± 18.4 ↑ 19 ± 44	NR
Sinclair et al. (2013)	Isokinetic	130.18±41.55	Leg flexion Leg extension	3 weeks	↑ M = η ² = 0.68 ↓ W = η ² = 0.25	p<0.01 p<0.01
Weakley et al. (2017)	3RM	471.6 ± 191.02	HBP+RD+DSP+ BOR+UR	4 weeks	↓ TRAD = 0.10 ± 0.07 ↓ SS = 0.14 ± 0.17 ↔ HIT = 0.15 ± 0.13	NR

SD= Standard deviation, RM= repetition maximum, WWP= Weekly wavy periodization, BP= bench press, DBP= Dumbell bench press, D= Dips, SC= Skull crushers, TPD= Triceps pull down, PBR= Prone barbell row, LM= Lat machine, PU= Pull up, DR= Dumbell row, SBC= Standing barbell curl, PC= Preacher curl, BS= Back squat, LP= Leg press, LE= Leg extension, LC= Leg curl, MP= Military press, UP= Upright row, LL= Lateral lift, IBP= Inclined bench press, LR= Low row, PLL= Prone lateral lifts, IDC= Inclined dumbell curl, PC= Preacher curl, BS= Back squat, CP= Chest press, BD= Bench press, DSP= Dumbell shoulder press, UR= Upright row, BOR= Bent over row, CU= Chin-ups, PR= Prone row, HR= High pull, RD= Romanian deadlift, ILC= Inclined leg curl, AS= Adductor seated, SCL= Seated calf lift, LFE= Leg flexion and extension, HIT= High-intensity training, NR= Not reported, M= men; W= women, ↑ increase, ↓ decrease, ↔ maintenance.

Table 4 shows the studies' risk of bias through the ROBINS-I tool. According to this tool, one study (Anderson et al., 2016) was considered with a serious risk of bias, four studies

(Bartolomei et al., 2014; Geisler et al., 2019; Genner & Weston, 2014; Sinclair et al., 2013) showed a moderate risk of bias, and three studies (Cintineo et al., 2018; Gaviglio et al., 2015; Weakley et al., 2017) presented a low risk of bias.

Table 4.

Analysis of risk of bias using the ROBINS-I tool

Studies	1	2	3	4	5	6	7	Total
Anderson et al. (2016)	P. No	No	No	No	Yes	No	No	1
Bartolomei et al. (2014)	P. Yes	P. No	P. Yes	No	No	P. Yes	No	3
Cintineo et al. (2018)	P. Yes	P. Yes	No	Yes	Yes	P. Yes	No	5
Gaviglio et al. (2015)	P. Yes	P. Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	6
Geisler et al. (2019)	P. Yes	P. Yes	Yes	No	No	P. Yes	No	4
Genner and Weston (2014)	P. Yes	Yes	P. No	No	No	P. Yes	No	3
Sinclair et al. (2013)	P. Yes	P. Yes	P. Yes	No	No	P. No	No	3
Weakley et al. (2017)	P. Yes	Yes	P. Yes	Yes	Yes	P. Yes	No	6

P: Probably, 1: Bias due to confounding, 2: Bias in selection of participants into the study, 3: Bias in classification of interventions, 4: Bias due to deviations from intended interventions, 5: Bias due to missing data, 6: Bias in measurement of outcomes, 7: Bias in the selection of the reported result.

Discussion

This review aimed to investigate the effects of high intense resistance training on salivary cortisol levels in physically trained individuals. Of the eight studies, seven used HIT in interventions in traditional bodybuilding machines and or free weights (Anderson et al., 2016; Bartolomei et al. 2014; Cintineo et al., 2018; Gaviglio et al., 2015; Geisler et al., 2019; Genner & Weston, 2014; Weakley et al., 2017) and one study used the isokinetic device (Sinclair et al., 2013).

The analysis of the included studies showed that the practice of HIT, with protocols of exercises performed in two or fifteen days, caused a significant response to cortisol during exercise and recovery. Additionally, the eight studies demonstrated that proper manipulation of all protocols and variables is crucial to obtain these responses after 2 to 15 weeks of HIT due to the o high volume of training. The endocrine system is particularly sensitive to resistance exercises and changes in anabolic and catabolic hormones and has been associated with the post-exercise reconstruction process of damaged muscle cells and, therefore, the magnitude and the taxed post-exercise adaptation (Wilk et al., 2018a).

It is important to note that five studies (Anderson et al., 2016; Bartolomei et al., 2014; Cintineo et al., 2018; Geisler et al., 2019; Genner & Weston, 2014) showed that, after the HIT intervention, there was a chronic increase in muscle strength and an acute increase in cortisol levels, and two studies (Gaviglio et al., 2015; Weakley et al., 2017) showed a chronic decrease in cortisol levels after the intervention. In these two studies, it seems that the ideal volume and intensity of the training loads can stimulate catabolic hormones more effectively and this was not determined.

This may be due to several factors such as the speed of movement for an exercise, age, gender, training experience, type of muscle contractions used that complicate this problem. Additional factors include equipment type, diet, supplementation, and how these factors interact with a genetic endowment (Wilk et al., 2018b).

Another study (Sinclair et al., 2013) showed an acute increase in cortisol levels in men and a decrease in women post-intervention. This study (Sinclair et al., 2013) performed the intervention in the morning, afternoon, and evening, to verify the influence of circadian rhythms on metabolic cortisol response acutely in 12 men and 12 women aged between 21 and 22 years. Saliva samples were collected at three different times: in the morning (collection 1), in the afternoon (collection 2), and in the evening (collection 3), in three sessions separated for seven days.

The authors reported that the investigation showed circadian variation in the acute increase in cortisol level after the intervention in the afternoon and evening in men and the lowest level in women in the morning. These results are in agreement with Parastesh et al. (2019), who investigated the effect of salivary cortisol in the morning, in 15 young athletes after an intense exercise session. According to the results found, there was no increase in salivary cortisol level in young athletes after the intervention.

This showed that the intervention period in the women studied caused low stress to stimulate an increase in cortisol level. As a final product, cortisol acts negatively, suppressing activity in the hippocampus and pituitary gland. The findings of Sinclair et al. (2013) confirm the results of Teo et al. (2011) when investigating the effect of circadian rhythm on cortisol in 20 men with 23 years, in four sessions of resistance exercise.

The hormonal response induced by strength tests showed a significant increase in acute cortisol levels in the afternoon and evening. On the other hand, Radaelli et al. (2015), Cintineo et al. (2018), and Berelleza et al. (2020) concluded that HIT may increase short-term adaptive responses in the short term of hypertrophic and strength due to increased cortisol concentrations and that this occurs only when appropriate intensity thresholds are reached in the hypothalamus-pituitary-adrenal (HPA). Weakley et al. (2017) examined the influence of three training methods on hormonal responses.

The individuals were randomly divided into three groups, submitted to simple methods of series, superset, and tri-set. The authors describe that the group submitted to the superset method showed a significant increase in cortisol levels in response to acute and chronic stress compared to the groups submitted to tri-set methods and simple series. The results obtained in this study suggest that the super defined method promoted a more favorable environment for anabolism after four weeks of intervention.

Cintineo et al. (2018) evaluated acute hormonal responses in a single high-intensity eccentric training and a traditional 3-sets protocol. Participants were randomly divided into two training groups of three sets (3TS; $n = 9$) and another HIT group (HIT; $n = 10$) using a computer-generated resource list of numbers. The reports in this study showed that the 3TS and HIT groups obtained a significant increase in cortisol levels after the intervention. Nevertheless, the 3TS group showed a more robust level of cortisol. This may have run due to longer time on muscle group tension, generating the potentially unique effects of acute biochemical data volume, and physiological and hormonal responses.

Cintineo et al. (2018) observed that cortisol response increased during exercise and post-exercise and remained elevated for 30 minutes after exercise in the 3ST group, while the HIT group showed no change in cortisol in relation to baseline at any time. This is due to the training volume was higher in the 3ST group than in the HIT group. The results of this study also indicate that the amount of induced metabolic stress was higher in the 3ST protocol

compared to the HIT protocol. This is consistent with the findings of Klemp et al. (2016), showing that one set and 3 sets resistance training protocol causes a more robust response to cortisol during exercise and recovery compared to a single set protocol.

On the other hand, Wilk et al. (2018a) found that acute cortisol can regulate long-term changes in muscle strength and hypertrophy, especially due to HIT volume. These changes in cortisol concentrations can moderate or support the performance capacity of the neuromuscular system through several short-term mechanisms, including gluconeogenesis stimulation and glycogen synthesis in the liver and its ability to inhibit protein synthesis and stimulate protein degradation in peripheral tissues and muscle properties (Adebero et al., 2019).

Mangine et al. (2016) reported that the HIT method promotes effect and adaptation in the human neuromuscular system in the manipulation of training variables, number of sets, intensity, recovery intervals, muscle contraction speed, and exercise order. Thus, it can induce possible acute changes in physiological and hormonal levels, offering short-term neuromuscular adaptation for energy performance and, in the long term, muscle strength and hypertrophy (Crewther & Christian, 2010).

Similarly, two experimental studies (Geisler et al., 2019; Genner & Weston, 2014) used HIT exclusively as an intervention and found significant acute and chronic increases in salivary cortisol levels concentrations ($p < 0.05$). To Crewther and Christian (2010), this hormonal response after HIT intervention is due to an adaptation to training, partly due to individual variation in response to strength exercise, hypertrophy, and longterm, and, in the short term, to the neuromuscular system in trained individuals.

Hence, Wilk et al. (2018a) state that changes in endogenous hormonal cortisol may have different responses in training for highly trained individuals in the short term and the lack of any change may reflect as an adaptation to training. Thus, the different responses of cortisol may play important roles in mediating the adaptation of training with one or more mechanisms involved, such as muscle and motor unit development, emotional and behavioral changes, and mobilization of metabolic resources (Crewther et al., 2016).

Thus, highly trained individuals may also have ideal neuromuscular profiles to promote short-term effects on cortisol, as they have a larger type II transverse muscle area and a higher percentage of type II fibers compared to trained individuals (Crewther et al., 2011; Geisler et al., 2019). However, this relation may be better detected on an individual level among the populations of trained individuals, but with two important observations. First, these relationships may depend on the subject's strength levels or training experience. Second, its detection (or lack thereof) may also reflect the analytical approach and whether individual differences or changes are compared (Crewther et al., 2012).

Addressing these issues within the same structure would provide a greater understanding of the role of cortisol in mediating adaptations in athletic populations and trained individuals (Crewther et al., 2016). This review has limitations that should be highlighted. The analyzed studies did not perform long periods of saliva collection after interventions to obtain better insights on the process of change in the hormonal level and the salivary cortisol levels after physical stress.

Another factor is that the results of these studies are only based on samples of trained individuals. In addition, it should also be noted the lack of information on the methodologies

on the accuracy and reproducibility used in the studies. Furthermore, restrictions in the search strategy may have caused a loss of information available in the scientific literature. Thus, the findings of this review should be analyzed with caution and critical reading of the outcomes must be carried out.

References

1. Adebero, T., McKinlay, B. J., Theocharidis, A., Root, Z., Josse, A. R., Klentrou, P., & Falk, B. (2020). Salivary and serum concentrations of cortisol and testosterone at rest and in response to intense exercise in boys versus men. *Pediatric Exercise Science*, 32(2), 65–72. <https://doi.org/10.1123/pes.2019-0091>
2. American College of Sports Medicine. (2017). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. 10th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins. Anderson, T., Haake, S., Lane, A. R., & Hackney, A. C. (2016).
3. Changes in resting salivary testosterone, cortisol and interleukin-6 as biomarkers of overtraining. *Baltic Journal of Sport & Health Sciences*, 101(2), 2–7.
4. Arazi, H., Eghbali, E., Suzuki, K., & Mahdavi, M. (2019). Resistance exercise on two consecutive days induces cortisol, CK, IgA responses in active young males. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 54(204), 131–138.
5. Bartolomei, S., Hoffman, J. R., Merni, F., & Stout, J. R. (2014). A comparison of traditional and block periodized strength training programs in trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), 990–997.
6. Becker, L., Semmlinger, L., & Rohleder, N. (2020). Resistance training as an acute stressor in healthy young men: associations with heart rate variability, alphaamylase, and cortisol levels. *International Journal on the Biology of Stress*, 3, 1–13.
7. Berelleza, R. G., Trejo, M. T., Román, J. C. B., Alarcón Meza, E., Espejel, H. P., Millan, E. A., Hernández, G. S. R., & Riveros, L. C. (2020). Effect of a strength training program on IGF-1 in older adults with obesity and controlled hypertension. *Retos*, 39, 253–256.
8. Bonato, M., La Torre, A., Saresella, M., Marventano, I., Merati, G., & Vitale, J. A. (2017). Salivary cortisol concentration after high-intensity interval exercise: Time of day and chronotype effect. *Chronobiology International*, 34(6), 698–707.
9. Church, D. D., Hoffman, J. R., Mangine, G. T., Jajtner, A. R., Townsend, J. R., Beyer, K. S., et al. (2016). Comparison of high-intensity vs. high-volume resistance training on the BDNF response to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 121(1), 123–128.
10. Cintineo, H. P., Freidenreich, D. J., Blaine, C.M., Cardaci, T.D., Pellegrino, J. K., & Arent, S. M. (2018). Acute physiological responses to an intensity-and time-undertension-equated single- vs. Multiple-set resistance training bout in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(12), 3310–3318.
11. Ciolac, E. G., & Silva, R. J. M. (2016). Resistance training as a tool for the prevention and treatment of musculoskeletal disorders. *Sports Medicine*, 46(9), 1239–1248.

12. Crewther, B. T., & Christian, C. (2010). Relationships between salivary testosterone and cortisol concentrations and training performance in Olympic weightlifters. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50(3), 371–375.
13. Crewther, B. T., Cook, C., Cardinale, M., Weatherby, R. P., & Lowe, T. (2011). Two emerging concepts for elite athletes. *Sports Medicine*, 41(2), 103–123.
14. Crewther, B. T., Cook, C. J., Gaviglio, C. M., Kilduff, L. P., & Drawer, S. (2012). Baseline strength can influence the ability of salivary free testosterone to predict squat and sprinting performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(1), 261–268.
15. Crewther, B. T., Heke, T., & Keogh, J. (2016). The effects of two equal-volume training protocols upon strength, body composition and salivary hormones in male rugby union players. *Biology of Sport*, 33(2), 111–116.
16. Gaviglio, C. M., Kelly, V. G., Kilduff, L. P., & Cook, C. J. (2015). Salivary testosterone and cortisol responses to four different rugby training exercise protocols. *European Journal of Sports Science*, 15(6), 497–504.
17. Geisler, S., Aussieker, T., Paldauf, S., Scholz, S. Kur, Z. Jungs, S., Rissmeyer, M., Achtzehn, S., & Zinner, C. (2019). Salivary concentrations of testosterone and cortisol after two different resistance training exercises. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(6), 1030–1035.
18. Genner, K. M., & Weston, M. (2014). A comparison of workload quantification methods in relation to physiological responses to resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2621–2627.
19. Klemp, A., Dolan, C., Quiles, J. M., Blanco, R., Zoeller, R. F., Graves, B. S., & Zourdos, M. C. (2016). Volume equated high- and low-repetition daily undulating programming strategies produce similar hypertrophy and strength adaptations. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(7), 699–705.
20. Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J. Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., et al. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and metaanalyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *British Medical Journal*, 339, b2700.
21. Parastesh, M., Jalali, S. H., & Moradi, J. (2019). The effect of circadian rhythm on blood lactate concentration and salivary cortisol after one session of exhausting exercise in athlete girls. *Razi Journal of Medical Sciences*, 26(9), 59–67.
22. Pineda-Espejel, H., Trejo, M., García, K., Garza, K., Vázquez-Jiménez, G., Machado-Contreras, J., MejíaLeón, M., & Rodríguez, S. (2019). Salivary cortisol response and precompetitive anxiety in swimmers, *Retos*, 38(38), 1–7.
23. Radaelli, R., Fleck, S. J., Leite, T., Leite, R. D., Pinto, R. S., Fernandes, L., & Simão, R. (2015). Dose-response of 1, 3, and 5 sets of resistance exercise on strength, local

- muscular endurance, and hypertrophy. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1349–
24. Raya-González, J., Suárez-Arrones, L., Rísquez Bretones, A., & Sáez de Villarreal, E. (2017). Short-term effects of an eccentric-overload training program on the physical performance on U-16 elite soccer. *Retos*, 33, 106–111.
 25. Sinclair, J., Wright, J., Hurst, H. T., Taylor, P. J., Atkins, S. (2013). The influence of circadian rhythms on peak isokinetic force of quadriceps and hamstring muscles. *Isokinetics and Exercise Science*, 21(4), 279–284. <https://doi.org/10.3233/IES-130498>
 26. Sterne, J. A. C., Hernán, M. A., Reeves, B. C., Savoviæ, J., Berkman, N. D., Viswanathan M., et al. (2016). ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *British Medical Journal*, 355, i4919. <https://doi.org/10.1136/bmj.i4919>
 27. Teo, W., Mcguigan, M. R., & Newton, M. J. (2011). The effects of circadian ritmetics of salivary cortisol and testosterone on maximum isometric strength, maximum dynamic strength and energy output. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 1538-1545. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181da77b0>
 28. Vale, R. G. S., Rosa, G., Nodari Junior, R. J., & Dantas, E. H. M. (2012). Cortisol and physical exercise. In: Esposito, A., & Bianchi, V. (Orgs.). *Cortisol: physiology, regulation and health implications*. New York: Nova Science Publishers.
 29. Weakley, J. J. S., Till, K., Read, D. B., Roe, G. A. B., DarralJones, J., Phibbs, P. J., et al. (2017). The effects of traditional, superset, and tri-set resistance training structures on perceived intensity and physiological responses. *European Journal of Applied Physiology*, 117, 1877– 1889. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3680-3>
 30. Wilk, M., Petr, M., Krzysztofik, M., Zajac, A., & Stastny, P. (2018a). Endocrine response to high intensity barbell squats performed with constant movement tempo and variable training volume. *Neuro Endocrinology Letters*, 39(4), 342–348.
 31. Wilk, M., Michalczyk, M., Golas, A., Krzysztofik, M., Maszczyk, A., & Zajac, A. (2018b). Endocrine responses following exhaustive strength exercise with and without the use of protein and protein-carbohydrate supplements. *Biology of Sport*, 35(4), 399–405. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2018.75754>
 32. Wunsch, K., Wursta, R., von Dawans, B., Strahler, J., Kasten, N., & Fuchs, R. (2019). Habitual and acute exercise effects on salivary biomarkers in response to psychosocial stress. *Psychoneuroendocrinology*, 106, 216–225. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2019.03.015>

CONCLUSÃO DA TESE

O objetivo da presente tese de doutorado foi analisar o cortisol salivar e a fadiga muscular induzidos pelo exercício agachamento por trás em indivíduos fisicamente ativos. Elaborou-se a hipótese que uma intervenção aguda do exercício agachamento por trás poderia ser eficaz para estimular os aumentos nos níveis de cortisol salivar, e assim, induzir a fadiga muscular e possíveis adaptações fisiológicas, sobretudo hormonais, em indivíduos fisicamente ativos.

Inicialmente, realizou-se uma revisão sistemática da literatura acerca dos efeitos do exercício de agachamento por trás na atividade mioelétrica de membros inferiores em indivíduos fisicamente ativos. A grande quantidade de estudos não randomizados foi reduzida, devido representarem risco de viés. Os resultados dos estudos demonstraram que as intervenções dos protocolos melhoraram a atividade mioelétrica do sistema neuromuscular dos membros inferiores e proporcionaram maior aquisição de força nos músculos envolvidos na realização do exercício agachamento por trás. Adicionalmente, foi observado a necessidade de estudos que apresentassem os efeitos dos exercício intensos sobre o cortisol salivar em indivíduos fisicamente ativos.

Assim sendo, procedeu-se um outro estudo sobre os efeitos do treinamento resistido intenso sobre o cortisol salivar em indivíduos treinados. Os resultados mostraram que o treinamento resistido intenso parece ser uma intervenção eficaz para estimular o aumento do nível de cortisol salivar agudo e crônico. Nesse sentido, pode-se induzir possíveis alterações sobre os níveis fisiológicos e hormonais, oferecendo adaptação neuromuscular a curto prazo e aumento da força e hipertrofia muscular a longo prazo. Todavia, deve-se ter cautela na interpretação dessas alterações devido ausência de informações das metodologias sobre a precisão e reprodutibilidade de intervenções utilizadas nos estudos analisados.

Dessa forma, os resultados apresentados nesse estudo indicam que o cortisol parece ser um biomarcador viável para monitorar as respostas dos exercícios e dos desfechos relacionados ao comprometimento da capacidade do músculo de gerar força. Esse comprometimento pode levar a fadiga e a degradação progressiva da ativação muscular induzida pelo exercício, abrangendo todos os fenômenos fisiológicos dos mecanismos contráteis do músculo e a contração muscular nos exercícios intensos.

Entretanto, é importante ressaltar que houve uma limitação no estudo em função da pandemia provocada pelo Covid-19, pois o confinamento e as medidas restritivas de

segurança sanitária impediram a realização de estudos com coleta de dados em desenho experimental.

Mesmo assim, foi idealizado como objetivo da tese, a realização de um estudo experimental para a análise do cortisol salivar e da fadiga muscular com intervenção sobre o exercício agachamento em indivíduos fisicamente ativos (APÊNDICE 1). Os participantes serão randomicamente selecionados para a formação de um grupo de 13 indivíduos do sexo masculino, com idade entre 25 e 40 anos. O tamanho da amostra foi estimado pelo programa GPower 3.1.

A intervenção do exercício agachamento por trás será realizado no teste de cinco séries de 10 RM no exercício agachamento, com a fase excêntrica de 1 segundo e de fase concêntrica de 1 segundo, totalizando 2 segundos para o ciclo completo do agachamento, com intervalos entre as séries de 60 s, 90 s e 120 s no aparelho *Smith Machine*, no ângulo de 90^o de base estável. As amostras de saliva serão coletadas pré e pós-teste para as análises no Laboratório de Fisiopatologia do Exercício (UERJ).

Assim, mediante a essa investigação, poderá ser observado alterações fisiológicas em que o cortisol parece ser um biomarcador viável para monitorar as respostas dos exercícios e dos desfechos relacionados a saúde. Além disso, poderá ser analisada a associação entre os níveis de cortisol salivar e a fadiga muscular conforme as características do exercício, duração e intensidade, da tipologia da fibra muscular recrutada, do nível de treinamento do indivíduo e das condições de ambiente da realização. Esse estudo está em andamento e será concluído assim que a pandemia terminar e forem revogadas algumas medidas de segurança para que os procedimentos de pesquisa possam ser realizados sem risco de saúde para os indivíduos.

Após a realização dos dois estudos, a presente tese pode contribuir para o avanço do conhecimento científico e preenchimento de algumas lacunas acerca das intervenções dos exercícios intensos. Ambos os estudos demonstraram que a realização de exercícios intensos pode ser eficaz para estimular aumentos positivos nos níveis de cortisol salivar, e assim, estimular adaptações fisiológicas em indivíduos fisicamente ativos.

Além disso, recomenda-se que os profissionais da área de atividade física devam verificar o método e a posição adequada para execução do exercício que será realizado, levando em consideração o sexo, e segmentos corporais envolvidos no movimento.

Dessa forma, sugere-se que as intervenções com exercícios intensos para o aumento da performance neuromuscular utilizem medidas bioquímicas para controlar o treinamento em indivíduos fisicamente ativos.

Ademais, o presente tese aponta para futuros estudos que possam abranger métodos de investigações em mulheres e homens não praticantes de exercícios de faixas etárias diferentes e investiguem ainda a ação de outros biomarcadores como a transferin, IG-A, Malonildialdeído (MDA) e o ácido úrico.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, R. S.; CASTRO, J. B. P.; SANTOS, A. O. B.; SILVA, G. C. P. S. M.; NUNES, R. A. M.; SCARTONI, F. R.; NUNES, R. A. M.; VALE, R. G. S. Efeitos do exercício de agachamento por trás na atividade mioelétrica de membros inferiores em homens treinados: uma revisão sistemática. **Rev Bras Fisiol Exerc.** v. 20, n. 1, p. 83-92, 2021.

AGUIAR, R. S.; LOPES, G. C.; CASTRO, J. B. P.; PRINCIPE, V. A.; MAZINI, M. L. F.; GAMA, D. R. N. NUNES, R. A. M.; SANTOS, J. L. P.; VALE, R. G. S. Effects of high-intense resistance training on salivary cortisol in trained individuals: a systematic review. , **Retos.** n. 41, p. 265-271, 2021.

BARRANCO, T.; TVARIJONAVICIUTE, A.; TECLES, F.; CARRILLO, J. M.; SÁNCHEZ-RESALT, C.; JIMENEZ-REYES, P.; RUBIO, M.; GARCÍA-BALLETBÓ, M.; CERÓN, J. J.; CUGAT, R. Changes in creatine kinase, lactate dehydrogenase and aspartate aminotransferase in saliva samples after an intense exercise: a pilot study. **J Sports Med Phys Fitness.**, v. 58, n. 6. p. 910-916, 2018.

BINGHAM, A.; ARJUNAN, S. P.; JELFS, B.; KUMAR, D. K. Normalised Mutual Information of High-Density Surface Electromyography during Muscle Fatigue. **Entropy.**, v. 19, n. 697, p. 2-14, 2017.

BÜTTLERA, R. M.; BAGCI, E.; BRAND, H. S.; HEIJER, M. D.; BLANKENSTEIN, M. A.; HEIJBOER A. C. Steroids Testosterone, androstenedione, cortisol and cortisone levels in human unstimulated, stimulated and parotid saliva. **Steroids**, n. 138, p. 26-34, 2018.

CARROLL, J. L. TAYLOR, S. C. GANDEVIA, J. REVIEW Recovery from Exercise Recovery of central and peripheral neuromuscular fatigue after exercise X T. J. **Appl Physiol.**, v. 122, p.1068–1076, 2017.

CINTINEO, H. P.; FREIDENREICH, D. J.; BLAINE, C. M.; CARDACI, T. D.; PELLEGRINO, J. K.; ARENT, S. M. Acute Physiological Responses to an Under-Strained Intensity and Time of Single Set vs. Resistance Training multiple in trained men. **J Strength Cond Res.**, v.32. n. 12, p. 3310–3318, 2018.

D'ANGELO, S. ROSA, R. Oxidative stress and sport performance. **Sport Science.**, v. 13, n. 1, p. 18-22, 2020.

GUG, I. T. TERTIS, M. HOSU, O. CRISTEA, C. Salivary biomarkers detection: Analytical and immunological methods overview. **TrAC Trends in Analytical Chemistry.**, v. 113, p. 301-316, 2019.

HAYES, L. D. SCULTHORPE, N. CUNNIFFE, B. GRACE, F. Salivary Testosterone and Cortisol Measurement in Sports Medicine: a Narrative Review and User's Guide for Researchers and Practitioners. **Published online. Int. J. Sports Med.**, 2016.

KARTHICKA, P. A.; DIPTASREE, M. G.; RAMAKRISHNANA, S. Surface electromyography based muscle fatigue detection using high-resolution time-frequency

methods and machine learning algorithms. **Computer Methods and Programs in Biomedicine.**, v. 154, p. 45-56, 2018.

KLISZCZEWICZ, B. JOHN, Q. C. DANIEL, B. L. GRETCHEN, O. D. MICHAEL, E. R. KYLE, T. J. Acute Exercise and Oxidative Stress: CrossFit™ vs. Treadmill Bout. **Journal of Human Kinetics.**, v. 47, p. 81-90, 2015.

KUBO, K. IKEBUKURO, T. YATA, H. Effects of squat training with different depths on lower limb muscle volumes. **European Journal of Applied Physiology.**, v. 119, p. 1933-1942, 2019.

LINDSAYA, A. COSTELLO, J. T. Realising the Potential of Urine and Saliva as Diagnostic Tools in Sport and Exercise Medicine: A Review. **Sports Med.**, v. 47, n. 1, p. 11-31, 2017.

LIU, S. H. LIN, O. B. CHEN, O. Y. CHEN, W. HUANG, T. S. HSU, C. Y. An EMG Patch for the Real-Time Monitoring of Muscle-Fatigue Conditions During Exercise by Shing-Hong. **Sensors.**, v. 19, n. 14, p. 1-15, 2019.

IVKOVIĆ, N.; BOŽOVIĆ, Đ.; RAČIĆ, M.; GRUBAČ, D.; P.; DAVIDOVIĆ B. Biomarkers of Stress in Saliva. **Scientific Journal of the Faculty of Medicine in Niš.**, v. 32, n. 2, p. 91-99, 2015.

MARQUEZ, G. ARENAS, S. R. PAGAN, C. M. IBANEZ, A. V. OLMO, M. F. D. TAUBE, W. Eripheral and central fatigue after high intensity Resistance circuit training. **Muscle & Nerve.**, p. 1-8, 2016.

MILLER, W. L. The Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis: A Brief History. **Horm Res Paediatr.**, v. 89, n. 4, P. 212-223, 2018.

MIRA, J. ABOODARDA, S. J. FLOREANI, M. JASWAL, R. MOON, S. J. AMERY, K. RUPP, T. GUILLAUME, MILLET, Y. Effects of endurance training on neuromuscular fatigue in healthy active men. Part I: Strength loss and muscle fatigue. **European Journal of Applied Physiology.**, n. 118, p. 2281-2293, 2018.

MONAJATI, A.; LARUMBE-ZABALA, E.; GOSS-SAMPSON, NACLERIO, F. Surface Electromyography Analysis of Three Squat Exercises. **J Hum Kinet.**, n. 67, p. 73-83, 2019.

MUYOR, J. M.; N-FUENTES, I. M.; RODRIGUEZ-RIDAO, D.; ANTEQUERA-VIQUE, J. A. Electromyographic activity in the gluteus medius, gluteus maximus, biceps femoris, vastus lateralis, vastus medialis and rectus femoris during the Monopodal Squat, Forward Lunge and Lateral Step-Up exercises. **LoS ONE.**, v. 15, n. 4, p. 1-15, 2019.

PAPPA, E. VOUGAS, K. ZOidakis, J. VASTARDIS, H. Proteomic advances in salivary diagnostics Author links open overlay panel. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Proteins and Proteomics.**, v. 1868, n. 11, p. 1-25, 2020.

RATHNAYAKE, N.; GIESELMANN, D. R.; HEIKKINEN, A. M.; TERVAHARTIALA, T.; SORSA, T. Salivary Diagnostics—Point-of-Care diagnostics of MMP-8 in dentistry and medicine. **Diagnostics.**, v. 7, n. 7, 2-12, 2017.

PEDERSEN, A. M. L.; BELSTRØM, D. The role of natural salivary defences in maintaining a healthy oral microbiota. **Journal of Dentistry.**, v. 80, n. 1, p. S3-S12, 2019.

PITTI, E. PETRELLA, G. MARINO, S. SUMMA, V. PERRONE, M. D'OTTAVIO, S. BERNARDINI A. Cicero, D. O. Salivary Metabolome and Soccer Match: Challenges for Understanding Exercise induced Changes. **Metabolites.**, v. 9, n. 7, p. 2-19, 2019.

PROCTOR, G. B. The physiology of salivary secretion. **Periodontol.**, v.70, n. 1, p. 11-25, 2016.

SCOTT, K. P. DEMINICE, R. OZDEMIR, M. YOSHIHARA, T. BOMKAMP, M. P. HYATT H. Estrés oxidativo inducido por el ejercicio: amigo o enemigo? **J Sport Health Sci.**, v. 9, n. 5, p. 415–425, 2020.

SOURON, R. NOSAKA, K. JUBEAU, M. **European Journal of Applied Physiology.**, n. 118, v. 4, p. 805-816, 2018.

TENÓRIO, T. R. S. BALAGOPAL, P. B. ANDERSEN, L. B. RITTI-DIAS, R. M. HILL, J. O. LOFRANO-PRADO, M. C. PRADO, W. L. Effect of Low vs. High Intensity Exercise Training on Biomarkers of Inflammation and Endothelial Dysfunction in Adolescents With Obesity: A 6-Month Randomized Exercise Intervention Study. **Pediatric Exercise Science.**, v. 30 n. 1, p. 1–26, 2017.

WAN, J. J. QIN, Z. WANG, P. Y. SUN, Y. LIU, X. Muscle fatigue: general understanding and treatment. **Medicina Experimental e Molecular.**, v. 49, n. 384, p. 1-9, 2017.

ANEXO A – I congresso internacional de educação física e desportos



Congresso Internacional de Educação Física e Desportos

22 e 23 de novembro de 2018

Uma revisão sistemática do exercício agachamento e eletromiografia




Rogério Santos de Aguiar¹; Juliana Brandão Pinto de Castro¹; Rodrigo Gomes de Souza Vale^{1,2}; Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, UERJ.
² Laboratório de Fisiologia do Exercício, Universidade Estácio de Sá, Cabo Frio, RJ.

Introdução: O exercício agachamento é um dos exercícios mais populares na cultura física. Este exercício é utilizado para a reabilitação, fortalecimento e recuperação muscular após diferentes lesões, além do uso no alto rendimento desportivo, por apresentar semelhança biomecânica com os movimentos atléticos. O estudo dos músculos pode fornecer informações sobre os movimentos voluntários, reflexos e medição dos grupamentos musculares envolvidos no exercício agachamento.

Objetivo: O objetivo da revisão sistemática foi sintetizar os estudos que investigaram o exercício agachamento por trás com a utilização da eletromiografia de superfície (EMG) em indivíduos do sexo masculino treinados nos ângulos de 60° a 90°.

Método: Este estudo seguiu a metodologia e recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) e foi registrado no International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO), com o número CRD42018082308. Para a busca, foram utilizadas as bases de dados Scopus, Google Scholar, Bireme, SciELO e PubMed, com as palavras “exercícios de agachamento por trás”, “eletromiografia”, e “indivíduos treinados” (Figura 1).

Resultados: Cinco estudos¹⁻⁵ aplicaram o teste de uma repetição máxima (1RM) e um estudo⁶ utilizou o teste de 10RM. Os músculos analisados através da EMG foram o vasto medial, vasto lateral, reto femoral, sóleo, glúteo máximo, bíceps femoral, semitendinoso, oblíquo externo, eretor espinhal, lombo sacral, eretor espinhal lombar superior, e o reto abdominal (Tabela 1). Apesar dos diferentes métodos, o exercício agachamento por trás apresentou-se como benéfico para o desempenho de indivíduos treinados e atletas. Adicionalmente, demonstrou potencializar o sistema neuromuscular e propiciar uma maior aquisição de força nos músculos envolvidos na execução desse exercício.

Figura 1. Processo de seleção dos estudos incluídos

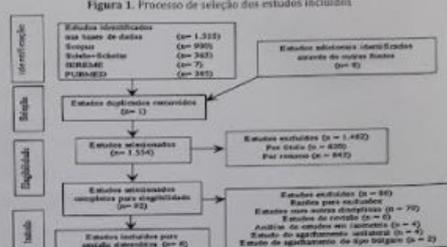


Tabela 1. Características metodológicas dos estudos

Autores	Instrumento	Teste	Treinamento carga, 1RM, kg [média ± DP]	Testes utilizados para a análise de dados	Músculos Analisados
Mina et al., 2014	EMG	1RM	136,1 ± 5,6	MANOVA	VM, VL, RF, EC
Silva et al., 2017	EMG	10RM	92,5 ± 24,9	Shapiro-Wilk, Levene's ANOVA, Post-hoc Bonferroni	VL, VL, RF, EC, ES, SL, GM
Costa et al., 2015	EMG	1RM	107 ± 30	Post-hoc ANOVA, Bonferroni	VL, GM
Clark et al., 2016	EMG	1RM	132,5 ± 89,7	SMDex: 1RM + (0,886 × massa corporal, kg)	RA, ES, EO, VL, LS
Mina et al., 2016	EMG	1RM	136,1 ± 5,6	Shapiro-Wilk, MANOVA	VM, VL, ES, ST
Flückiger, Bagley, 2014	EMG	1RM	123,5 ± 35,5	ANOVA, Bonferroni, Post-hoc	ES

DP: desvio padrão; EMG: eletromiografia; 1RM: uma repetição máxima; SMDex: massa corporal máx. RA: reto abdominal; EO: oblíquo externo; EC: eretor da coluna lombar superior; SL: sacro lombar; EC: eretor da coluna; VM: vasto medial; VL: vasto lateral; RF: reto femoral; ST: semitendinoso; BF: bíceps femoral; ES: sóleo; GM: glúteo máximo

Conclusão: Observou-se que os métodos utilizados para avaliar a EMG e a força muscular, nos testes de 1RM e 10RM no exercício agachamento por trás em indivíduos treinados nos ângulos 60° a 90°, deixaram de considerar características da avaliação postural para análise de patologias, como o joelho valgo. Desse modo, os resultados podem ser insuficientes para prever a aplicabilidade nos ensaios clínicos. É oportuna, portanto, a atualização de variáveis preditoras, como maior número amostral e investigações com maior rigor metodológico para a obtenção de resultados mais confiáveis em relação à força muscular.

1. Mina MA et al. Influence of variable resistance loading on subsequent free weight maximal back squat performance. *J Strength Cond Res* 2014; 28(10): 2980-91.
 2. Costa WA et al. Kinematic and static analysis of the back squat at different intensities with and without knee straps. *J Strength Cond Res* 2015; 29(7): 1980-7.
 3. Clark D et al. Reliability of trunk muscle electromyography gly in the loaded back squat exercise. *Int J Sports Med* 2016; 37(5): 489-96.
 4. Mina MA et al. Chair-loaded variable resistance versus up-trapex free-weight maximal back squat performance. *Eur J Sport Sci* 2016; 38(8): 932-9.
 5. Flückiger JM, Bagley A. Changing the stability conditions in a back squat: the effect on maximum load lifted and vertical ground reaction activity. *Sport Sciences for Health* 2014; 10(4): 303-9.
 6. Silva J et al. Muscle activation differs between parallel and full back squat exercises with external load unloading. *J Strength Cond Res* 2017; 31(5): 1488-92.

ANEXO B – II Congresso internacional de educação física e desporto

572 Rev Ed Física / J Phys Ed (2018) 87, 4, 572-688

**Anais do I Congresso Internacional de Educação Física e Desportos (I CIEFD)****I International Physical Education and Sports Congress****Instituto de Educação Física e Desportos (IEFD)****Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)****22 e 23 de novembro de 2018****Resumos****A educação física escolar na visão dos alunos de 9º ano da rede municipal de Petrópolis.**

Marcelo Faria Porretti^{1,2}; Rogério dos Santos Aguiar²; Matheus Viegas Simões Ferreira³.

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ);² Universidade do Estado do Rio de Janeiro, doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte (PPGCEE-UERJ);³Curso Técnico em Telecomunicações Integrado ao Ensino Médio do CEFET/RJ – Campus Petrópolis.

ANEXO C - III congresso internacional de educação física e desportos



ANEXO D - Capítulo de livro: Exame físico no idoso



Organizadores

Estélio Henrique Martin Dantas
César Augusto de Souza Santos

**ASPECTOS BIOPSISSOCIAIS DO
ENVELHECIMENTO E A PREVENÇÃO DE
QUEDAS NA TERCEIRA IDADE**



Editora Unoesc

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
PREFÁCIO	7
Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale	
AO LONGO DA EXISTÊNCIA	9
Resumo	13
1	
O ENVELHECIMENTO POPULACIONAL UM FENÔMENO MUNDIAL	17
Eliane Borges, Kênia Rejane Oliveira Batista, Leonardo Eisenlohr Andrade, Paula Letícia Santos Costa Sena, Nara Michelle Moura Soares, Fernanda Borges Silva, Miguel Hernández	
2	
PRINCIPAIS ALTERAÇÕES ANATÔMICAS NO PROCESSO DE ENVELHECIMENTO	47
Jaqueline dos Santos Ladeira, Brisa D’Louar Costa Maia, Andrea Carmen Guimarães	
3	
EXAME FÍSICO NO IDOSO	71
Rodrigo Gomes de Souza Vale, Jurandir Baptista da Silva, Rogério Santos Aguiar, Juliana Brandão Pinto de Castro, Claudio Joaquim Borba-Pinheiro	
4	
APTIDÃO FÍSICA E OCORRÊNCIA DE QUEDAS EM IDOSOS PRATICANTES DE EXERCÍCIOS FÍSICOS	113
Heloísa André, Fátima Ramalho	
5	
INSTABILIDADE POSTURAL E QUEDAS	149
José Carlos Ferreira Reis	
6	
A PRÁTICA DE EXERCÍCIOS FÍSICOS COMO FORMA DE PREVENÇÃO	171
Claudio Joaquim Borba-Pinheiro, Ana Paula Albuquerque, Rodrigo Gomes de Sousa Vale, Mauro César Gurgel de Alencar Carvalho, Fernando Pereira de Jesus, Angela Maria Bittencourt Fernandes da Silva, Nébia Maria Almeida de Figueiredo	



3

EXAME FÍSICO NO IDOSO

Rodrigo Gomes de Souza Vale¹
Jurandir Baptista da Silva²
Rogério Santos Aguiar³
Juliana Brandão Pinto de Castro⁴
Claudio Joaquim Borba-Pinheiro⁵

¹ Doutor em Ciências da Saúde pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte; mestrado em Ciência da Motricidade Humana pela Universidade Castelo Branco; Professor e coordenador do Laboratório de Fisiologia do Exercício e do Curso de Educação Física da Universidade Estácio de Sá.

² Mestre em Ciências do Exercício e do Esporte pela Universidade do Estado do Rio Janeiro; Especialista em Biomecânica pela Universidade do Estado do Rio Janeiro; Professor do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Anatomia Humana e Biomecânica da Universidade Castelo Branco.

³ Instituto de Educação Física e Desportos; Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências do Exercício e do Esporte; Universidade do Estado do Rio Janeiro.

⁴ Mestre em Alimentação, Nutrição e Saúde pelo Instituto de Nutrição da Universidade do Estado do Rio Janeiro; doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio Janeiro.

⁵ Doutor em Ciências pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro; Mestre em Ciência da Motricidade Humana pela Universidade Castelo Branco; Professor de ensino básico/técnico/tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará.

ANEXO E - Capítulo de livro: prescrição dos treinamentos aeróbico e de força para pessoas com fibromialgia



CAPÍTULO IX NO PARAÍSO DOS ANALGÉSICOS: uma análise da construção simbólica da dor no imaginário da publicidade de medicamentos	127
<i>Anderson dos Santos Machado</i>	
CAPÍTULO X A DETERMINAÇÃO SOCIAL NO PROCESSO SAÚDE-DOENÇA DA FIBROMIALGIA	143
<i>Leonardo Hernandes de Souza Oliveira</i>	
<i>Rafael da Silva Mattos</i>	
<i>Stephany de Sá Nascimento</i>	
CAPÍTULO XI MINDFULNESS NO TRATAMENTO DA DOR CRÔNICA E DA FIBROMIALGIA	161
<i>Simone Freitas</i>	
<i>Guaraci Ken Tanaka</i>	
CAPÍTULO XII YOGA E A DOR CRÔNICA	175
<i>Margareth Costa Neves</i>	
CAPÍTULO XIII OS EFEITOS DO MÉTODO PILATES NOS SINTOMAS DA FIBROMIALGIA: uma abordagem crítica e reflexiva	183
<i>Rodrigo Silva Perfeito</i>	
CAPÍTULO XIV EXERCÍCIO FÍSICO E FIBROMIALGIA: recomendações, cuidados e estratégias de intervenção	193
<i>Eliane Grivet</i>	
<i>Fernanda Andressa</i>	
<i>Joyce Ferreira Carvalho</i>	
CAPÍTULO XV PRESCRIÇÃO DOS TREINAMENTOS AERÓBICO E DE FORÇA PARA PESSOAS COM FIBROMIALGIA	203
<i>Juliana Brandão Pinto de Castro</i>	
<i>Flávio Chame</i>	
<i>Rogério Santos de Aguiar</i>	
<i>Rodrigo Gomes de Souza Vale</i>	

CAPÍTULO XV

PRESCRIÇÃO DOS TREINAMENTOS AERÓBICO E DE FORÇA PARA PESSOAS COM FIBROMIALGIA

*Juliana Brandão Pinto de Castro
Flávio Chame
Rogério Santos de Aguiar
Rodrigo Gomes de Souza Vale*

A fibromialgia afeta aproximadamente 1-3% da população em geral, e é mais comum entre mulheres e em idade avançada (ERICSSON et al., 2016). Tem sido caracterizada por dores musculoesqueléticas crônicas e difusas originadas pelo sistema nervoso central, sendo uma doença reumática não inflamatória (SANTOS; KRUEL, 2009; CHAITOW, 2002), persistente e generalizada, com aumento na sensibilidade e da fragilidade (WOLFE et al., 1990). A fibromialgia está associada à deficiência da capacidade física, limitações das atividades diárias, fadiga, angústia e sono (WOLFE et al., 1990, 1995).

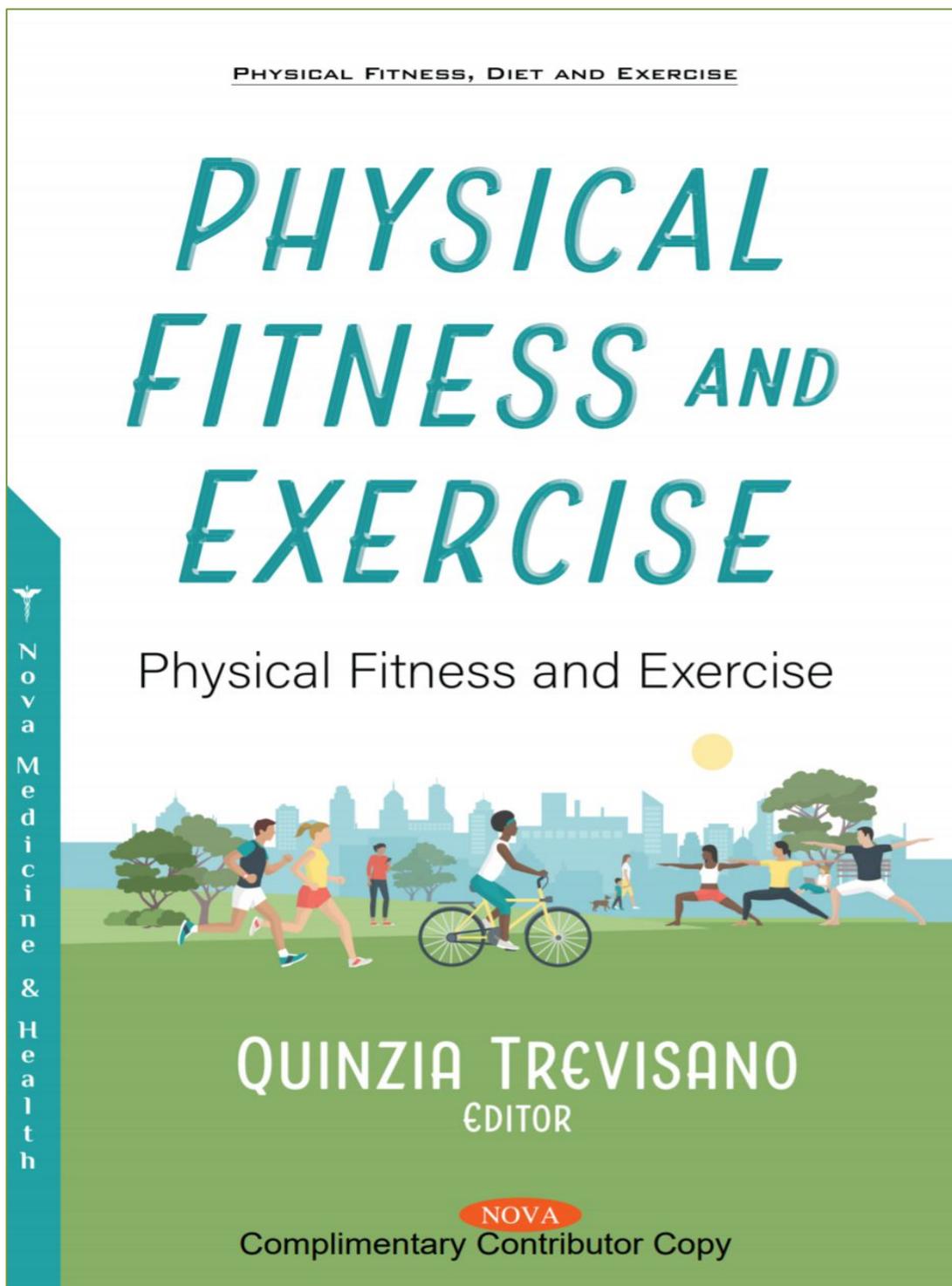
Os distúrbios do sono e outras condições orgânicas ou psicológicas podem agravar o microtrauma muscular. Na presença de neurotransmissores, como a serotonina, as fibras tornam-se hipersensíveis a estímulos repetitivos ou nocivos e, conseqüentemente, transmitem dor a um baixo nível de esforço (BALSAMO; SIMÃO, 2007). Desse modo, a dor musculoesquelética representa um impacto negativo na qualidade de vida e na capacidade de trabalho (McDONALD et al., 2011), além de implicar em grandes custos para a sociedade (ANNEMANS et al., 2009; FJELL et al., 2007).

A dor muscular é resultado de exercícios que não são executados costumeiramente, especialmente com contrações musculares excêntricas. A força e o desempenho muscular de indivíduos com fibromialgia são comparáveis aos das pessoas que não possuem essa síndrome. Existe, porém, nos indivíduos com fibromialgia, uma diminuição da contração voluntária (provavelmente pela falta de esforço voluntário) e, em alguns casos, uma diminuição na capacidade de relaxamento durante os intervalos de contração muscular dinâmica (MARTINEZ, 2006).

Dentre os sintomas da fibromialgia, pode-se citar a perda de força muscular (CLAUW, 2009) e a redução da capacidade aeróbica (BIDONDE et al., 2017; JONES et al., 2015), o que compromete a qualidade de vida e potencializa os níveis de dor das pessoas com essa doença (LORENA et al., 2016; MATTOS, 2015). Dentre os exercícios físicos indicados para os indivíduos com fibromialgia, tem-se o treinamento aeróbico e treinamento de força (BUENO et al., 2012).

Treinamento de força para pessoas com fibromialgia

A força muscular é um componente da capacidade física relacionada à saúde necessária para diversas atividades e tarefas da vida diária, como caminhar, subir escadas, levantar e carregar objetos (ACSM, 2009). A diminuição da força muscular



Copyright © 2020 by Nova Science Publishers, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means: electronic, electrostatic, magnetic, tape, mechanical photocopying, recording or otherwise without the written permission of the Publisher.

We have partnered with Copyright Clearance Center to make it easy for you to obtain permissions to reuse content from this publication. Simply navigate to this publication's page on Nova's website and locate the "Get Permission" button below the title description. This button is linked directly to the title's permission page on copyright.com. Alternatively, you can visit copyright.com and search by title, ISBN, or ISSN.

For further questions about using the service on copyright.com, please contact:

Copyright Clearance Center

Phone: +1-(978) 750-8400

Fax: +1-(978) 750-4470

E-mail: info@copyright.com

NOTICE TO THE READER

The Publisher has taken reasonable care in the preparation of this book, but makes no expressed or implied warranty of any kind and assumes no responsibility for any errors or omissions. No liability is assumed for incidental or consequential damages in connection with or arising out of information contained in this book. The Publisher shall not be liable for any special, consequential, or exemplary damages resulting, in whole or in part, from the readers' use of, or reliance upon, this material. Any parts of this book based on government reports are so indicated and copyright is claimed for those parts to the extent applicable to compilations of such works.

Independent verification should be sought for any data, advice or recommendations contained in this book. In addition, no responsibility is assumed by the Publisher for any injury and/or damage to persons or property arising from any methods, products, instructions, ideas or otherwise contained in this publication.

This publication is designed to provide accurate and authoritative information with regard to the subject matter covered herein. It is sold with the clear understanding that the Publisher is not engaged in rendering legal or any other professional services. If legal or any other expert assistance is required, the services of a competent person should be sought. FROM A DECLARATION OF PARTICIPANTS JOINTLY ADOPTED BY A COMMITTEE OF THE AMERICAN BAR ASSOCIATION AND A COMMITTEE OF PUBLISHERS.

Additional color graphics may be available in the e-book version of this book.

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Names: Trevisano, Quinzia, editor. Title: Physical fitness and exercise : an overview / Quinzia Trevisano.

Description: New York : Nova Science Publishers, [2020] | Series: Physical fitness, diet and exercise | Includes bibliographical references and index. | Summary: "This compilation discusses how low levels of physical activity and excess body weight are considered key health risks in modern societies. This may be attributed to changes in the social and built environment, along with technical advances that reduced the requirement for physical activity in daily living. The authors investigate population aging, the physiology of aging, and the prescription of physical activity for the elderly. In addition, the effects of oxidative stress on skeletal muscle during high-intense resistance training are studied, particularly focusing on reactive oxygen species"-- Provided by publisher.

Identifiers: LCCN 2020038891 (print) | LCCN 2020038892 (ebook) | ISBN 9781536185218 (paperback) |

ISBN 9781536185959 (adobe pdf) Subjects: LCSH: Exercise--Health aspects. | Physical fitness--Health aspects. | Exercise--Physiological aspects. | Physical fitness--Physiological aspects. | Physical fitness for older people.

Classification: LCC RA781 .P5649 2020 (print) | LCC RA781 (ebook) | DDC 613.7--dc23

LC record available at <https://lcn.loc.gov/2020038891>

LC ebook record available at <https://lcn.loc.gov/2020038892>

Published by Nova Science Publishers, Inc. † New York

In: Physical Fitness and Exercise
Editor: Quinzia Trevisano

ISBN: 978-1-53618-521-8
© 2020 Nova Science Publishers, Inc.

Chapter 3

**EFFECTS OF HIGH-INTENSITY RESISTANCE
TRAINING ON OXIDATIVE STRESS**

***Eduardo Borba Neves^{1,*}, Danielli Braga de Mello²,
Rogério Santos de Aguiar³,
Juliana Brandão Pinto de Castro³
and Rodrigo Gomes de Souza Vale^{3,4}***

¹Brazilian Army Sports Commission, CDE, Rio de Janeiro, Brazil, and
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, Brazil

²Physical Education College of the Brazilian Army,
EsEFEx, Rio de Janeiro, Brazil

³State University of Rio de Janeiro, PPGCEE, IEFD, UERJ, Brazil

⁴Estácio de Sá University, UNESA, Cabo Frio/RJ, Brazil

ABSTRACT

This chapter presents the effects of Oxidative Stress (OS) in skeletal muscle during high-intense resistance training (HIRT). To this end, the following topics will be discussed: high-intense resistance training,

* Corresponding Author's E-mail: neveseb@gmail.com.

Complimentary Contributor Copy

ANEXO G - Registro do projeto na Plataforma Brasil

PLATBR - Estado de apreciação de Pesquisa

Caixa de entrada x



Equipe Plataforma Brasil

para mim ▾

qui., 24 de jun. 15:11 (há 5 dias)



Caro (a) Pesquisador (a) e Assistente(s),

O projeto ANÁLISE DA BIOQUÍMICA SALIVAR SOBRE A FADIGA MUSCULAR NO EXERCÍCIO AGACHAMENTO EM INDIVÍDUOS FÍSICAMENTE ATIVOS foi aceito para análise no CEP. Significa que o CEP concluiu a validação documental de sua última submissão, por favor verifique a situação do projeto de pesquisa e atenda a possíveis pendências documentais, se existirem. Caso contrário aguarde o parecer consubstanciado do CEP, cujo o nome pode ser consultado no campo localização atual do projeto, disponível no item detalhar.

Atenciosamente,

Plataforma Brasil

Siga **Ética em Pesquisa** nas Redes Sociais:

[Instagram](#)

[Facebook](#)

[Twitter](#)

[LinkedIn](#)

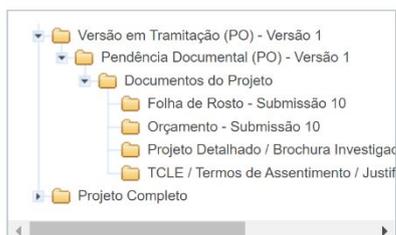
DETALHAR PROJETO DE PESQUISA

- DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DA BIOQUÍMICA SALIVAR SOBRE A FADIGA MUSCULAR NO EXERCÍCIO AGACHAMENTO EM INDIVÍDUOS FÍSICAMENTE ATIVOS
Pesquisador Responsável: Rogério Santos de Aguiar
Área Temática:
Versão: 1
CAAE:
Submetido em: 02/06/2021
Instituição Proponente: Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ
Situação da Versão do Projeto: Pendência Documental Emitida pelo CEP
Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio



- DOCUMENTOS DO PROJETO DE PESQUISA



Tipo de Documento	Situação	Arquivo	Postagem	Ações
-------------------	----------	---------	----------	-------

- LISTA DE APECIAÇÕES DO PROJETO

Apreciação	Pesquisador Responsável	Versão	Submissão	Modificação	Situação	Exclusiva do Centro Coord.	Ações
PO	Rogério Santos de Aguiar	1	02/06/2021	24/06/2021	Pendência Documental Emitida pelo CEP	Não	