

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

ANDERSON RANIERI MASSAHUD

**EFEITO DOS DIFERENTES PERCENTUAIS DE CARGA DE TREINAMENTO
(40% E 80% DE 1 REPETIÇÃO MÁXIMA) UTILIZADOS EM EXERCÍCIOS
RESISTIDOS ATÉ FALHA CONCÊNTRICA EM INDIVÍDUOS FÍSICAMENTE
ATIVOS: ESTUDO CLÍNICO CONTROLADO RANDOMIZADO.**

**Alfenas/MG
2023**

ANDERSON RANIERI MASSAHUD

**EFEITO DOS DIFERENTES PERCENTUAIS DE CARGA DE TREINAMENTO
(40% E 80% DE 1 REPETIÇÃO MÁXIMA) UTILIZADOS EM EXERCÍCIOS
RESISTIDOS ATÉ FALHA CONCÊNTRICA EM INDIVÍDUOS FISICAMENTE
ATIVOS: ESTUDO CLÍNICO CONTROLADO RANDOMIZADO.**

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Biociências Aplicada à Saúde da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG. Área de concentração: Fisiopatologia.

Orientador: Dr. Leonardo César Carvalho

Co- Orientador: Dr. Adriano Prado Simão

**Alfenas/MG
2023**

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central

Massahud, Anderson Ranieri.

Efeito dos diferentes percentuais de carga de treinamento (40% e 80% de 1 repetição máxima) utilizados em exercícios resistidos até falha concêntrica em indivíduos fisicamente ativos : estudo clínico controlado randomizado / Anderson Ranieri Massahud. - Alfenas, MG, 2023.

97 f. : il. -

Orientador(a): Leonardo César Carvalho.

Tese (Doutorado em Biociências Aplicadas à Saúde) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2023.

Bibliografia.

1. Exercícios físicos. 2. Treinamento resistido. 3. Falha concêntrica. 4. Metabolismo mineral. 5. Risco cardiovascular. I. Carvalho, Leonardo César, orient. II. Título.

ANDERSON RANIERI MASSAHUD

EFEITO DOS DIFERENTES PERCENTUAIS DE CARGA DE TREINAMENTO (40% E 80% DE 1 REPETIÇÃO MÁXIMA) UTILIZADOS EM EXERCÍCIOS RESISTIDOS ATÉ FALHA CONCÊNTRICA EM INDIVÍDUOS FÍSICAMENTE ATIVOS: ESTUDO CLÍNICO CONTROLADO RANDOMIZADO.

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Tese apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor Ciências pela Universidade Federal de Alfenas. Áreade concentração: Biociências Aplicada à Saúde

Aprovada em: 28 de abril de 2023

Prof. Dr. Leonardo César Carvalho
Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG

Profa. Dra. Juliana Bassalobre Carvalho Borges
Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG

Prof. Dr. Álvaro César de Oliveira Penoni
Instituição: Universidade Federal de São João Del Rei - UFSJ

Prof. Dr. Henrique Novais Mansur
Instituição: Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais - IF Sudeste -MG

Prof. Dr. Giuliano Roberto da Silva
Instituição: Faculdade de Ciências e Tecnologias de Campos Gerais – FACICA



Documento assinado eletronicamente por Álvaro Cesar de Oliveira Penoni, Usuário Externo, em 28/04/2023, às 18:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Juliana Bassalobre Carvalho Borges, Professor do Magistério Superior, em 28/04/2023, às 18:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Giuliano Roberto da Silva, Usuário Externo, em 28/04/2023, às 18:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Leonardo César Carvalho, Professor do Magistério Superior, em 28/04/2023, às 18:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Henrique Novais Mansur, Usuário Externo, em 28/04/2023, às 21:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o códigoverificador 0981528 e o código CRC 15E789A6.

Dedico esta tese *In Memoriam* de meu irmão Admilson Massahud e meu papai Antônio Massahud Filho.

Inúmeras vezes comecei e desisti de escrever esse texto. Mas quando lembrei que poderia ser uma linda homenagem, criei coragem.

No caminho do doutorado meus maiores desafios não foram a conclusão das disciplinas, avaliações ou a pesquisa. Meu maior desafio foi continuar sem as bênçãos e os olhos daqueles que me viram crescer.

Em abril de 2021 meu irmão partiu. Irmãos são testemunhas da mesma história. Perder um irmão é perder parte deste patrimônio, desta porção da história que morre com ele. Nunca homenageei meu irmão. Por fé faço agora com todo coração.

Em maio de 2022 meu papai se foi. Desistir não foi uma opção, mas confesso que não foi fácil continuar. Mas se hoje conquisto mais uma vitória é porque um dia ele esteve ao meu lado e me ensinou a lutar pelos meus sonhos. Hoje especialmente, a saudade é mais forte. Obrigado pai pela linda prova de amor. Sei que estará sempre do meu lado e neste momento sinto seu peito cheio de orgulho e seus olhos repleto de alegrias. Sinto sua presença, ouço seus aplausos. Poderia dizer-lhe tanta coisa, mas não consigo, só o silêncio pode dizer o que sinto: um amor enorme e saudade...

Sei que ninguém mesmo estando ausente, se faz tão presente agora quanto os que amamos e já partiram.

AGRADECIMENTOS

A conclusão de uma tese, apesar do seu carácter individual, requer a parceria e colaboração de várias pessoas que, direta ou indiretamente a possibilitaram. Desafio tão grande quanto escrever esta pesquisa, foi utilizar apenas duas páginas para agradecer as pessoas que fizeram parte desta minha trajetória.

Agradeço primeiramente a DEUS. Se cada dia é uma dádiva, uma oportunidade de transformar sonhos em realidade, então por mais este projeto, tenho muito que agradecer. Agradeço-te meu Deus.

Agradeço e dedico esse trabalho aos meus pais: Antonio Massahud Filho (*In Memoriam*) e Luzia Vilma de Almeida Massahud. Nunca terei palavras suficientes para agradecê-los. Sei que, ao vencer essa etapa, estou realizando um sonho que é também de vocês. Que orgulho ter pais maravilhosos, que além de me darem a vida, tiveram a generosidade de me educar nos melhores valores humanos e éticos que, com certeza, contribuíram para eu chegar até aqui. Essa vitória dedico a vocês!

À minha amada esposa Marcela Rezende Sandy: sem você, essa etapa e tantas outras da minha vida não seriam possíveis. Obrigado por compreender e apoiar as minhas ausências em função do cumprimento do dever e da busca da realização dos meus sonhos. Aliás, obrigado seria insuficiente para mostrar minha gratidão pelas recepções carinhosas. Você me ensinou a amar, a ter força e coragem para seguir em frente. Ofereceria a eternidade se possível fosse. Te amo além do que o amor é capaz de amar.

Ao meu amado filho Lucas Sandy Massahud: de todas as bênçãos que DEUS me proporcionou você é a melhor e maior de todas elas. O que aprendi na escola, o que li nos livros, os significados no dicionário... nada me ensinou mais o que era a vida como você. De todas as felicidades que tenho na vida, a que mais me realiza é a de ser seu pai. Eu te amo!

Gostaria de agradecer a uma pessoa que conheci como professor, em seguida como pessoa, e o hoje o tenho como um grande mestre: meu orientador, professor, doutor e amigo Leonardo César Carvalho. Os maiores e mais sinceros agradecimentos pelo constante incentivo, sempre indicando a direção a ser tomada nos momentos de maior dificuldade. Sua confiança e orientação foram capazes de me fazer trilhar por um crescimento profissional que julgava impossível. Mostrou novos rumos, guiou de mão segura pelos caminhos da verdadeira ciência, aplicou com toda sapiência os mais rigorosos padrões da pesquisa acadêmica para que o resultado fosse o melhor possível. Muito obrigado!

Da mesma forma não poderia deixar de agradecer ao professor Dr. Adriano Prado

Simão, orientador do meu mestrado e coorientador no doutorado. Obrigado por me receber como aluno na UNIFAL. Obrigado pela confiança no meu trabalho, pelo respeito, por me ensinar, pela compreensão e pelos sábios conselhos sempre que a procurei para conversar. Eu realmente aprendi muito com você. Ainda continuarei a bater na sua porta para aprender ainda mais.

Na querida UNIFAL, agradeço a todos os funcionários, pelo pronto atendimento a todos os pedidos. De forma muito, muito especial agradeço a todo corpo docente do Programa de mestrado em Biociências Aplicadas à Saúde. Acredita-se que a Ciência é construída sobre os ombros de gigantes; vocês são alguns deles. Obrigado por me estenderem as mãos, e espero um dia ser digno de subir em vossos ombros. Ainda na instituição, não poderia deixar de cumprimentar os colegas de caminhada que por consequência deste companheirismo, fizeram-se velhos amigos nessa jornada.

Ao querido professor Helder Francis Lima Araújo, que me acompanha, me orienta e me guia desde os primeiros passos na graduação, na Semel – Secretaria Municipal de Esportes de Varginha e na Unincor. Foi ele o primeiro a confiar em mim os primeiros passos acadêmicos e profissionais. Gratidão.

Agradeço também aos todos a diretoria, alunos e colaboradores da Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR e da SEMEL – Secretaria Municipal de Esportes e Lazer de Varginha que se envolveram de forma muito significativa no projeto e permitiram que o projeto se tornasse real e concreto. Ninguém pode ter ideia do quanto é importante uma equipe trabalhando para alcançar um único objetivo.

Nessa caminhada, importância primordial tem os participantes dos estudos, que de forma voluntária atenderam aos nossos chamados para a realização de deste projeto. Meu reconhecimento da relevância de suas ações para a construção de um saber maior.

Por fim, aos leitores deste trabalho e todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta tese dando-me força, incentivo e principalmente, acreditando no trabalho.

Aqueles não lembrados ou não citados, por favor, me perdoem a injustiça do esquecimento. Á todos, com imensa satisfação, mais uma vez agradeço, congratulo e socializo a responsabilidade e os méritos por todos os frutos colhidos até aqui, lembrando que muito mais ainda precisa ser feito.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,
mas pensar o que ninguém ainda pensou
sobre aquilo que todo mundo vê.”

(ARTHUR SCHOPENHAUER, 1818)

RESUMO

A comunidade científica reconhece a força muscular como um importante componente da aptidão física relacionada à melhora e à manutenção da saúde. Neste contexto, o treinamento proposto para ganho de força muscular é de grande interesse para profissionais da saúde e para pesquisadores. Existem várias formas de se desenvolver força muscular, sendo o treinamento resistido a mais comum. Dentre os diversos métodos de treinamento resistido, o método de treino resistido até a falha concêntrica vem se popularizando a cada dia. Porém, a falha concêntrica é um fenômeno multifatorial, ainda não totalmente elucidado pelo método científico. Dessa forma, o objetivo do estudo 1 foi comparar o efeito de diferentes intensidades de treinamento até a falha concêntrica, 80% vs. 40% repetição máxima (RM), nas adaptações musculares em indivíduos fisicamente ativos. Foi realizado um estudo clínico randomizado e controlado com indivíduos do sexo masculino. Sessenta participantes foram alocados três grupos. O primeiro grupo realizou o protocolo de treinamento com intensidade de carga de treinamento de 40%RM. (G40, n=20); o segundo, um treinamento com 80% RM (G80, n=20) e o terceiro, grupo controle (GC, n=20), não realizou nenhuma intervenção. Para os grupos G40 e G80 foi aplicado um programa de treinamento com exercícios resistidos para extensores e flexores de joelho até a falha concêntrica, com duração de oito semanas e frequência de três vezes por semana com intervalo mínimo de 48 horas entre as sessões. A ordem do treinamento foi exercícios no *Leg Press*, na cadeira extensora e na mesa flexora realizados na Clínica do Exercício da Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR. Realizaram-se três séries de cada exercício com o intervalo de recuperação entre as séries de 2 minutos e, somente após as três séries no mesmo exercício, executava-se a sequência no exercício posterior. Os participantes foram avaliados por meio de exame de ultrassonografia para avaliar a espessura do músculo vasto lateral; teste de avaliação de força dos extensores e flexores do joelho por meio da contração isométrica voluntária máxima avaliada por um dinamômetro de tração e força dinâmica máxima avaliada por meio dos testes de uma repetição máxima; e testes de desempenho funcional (*Single/Triple Hop Test* e *Vertical Jump*). Os resultados demonstraram que os grupos G40 ($\Delta=0,73\text{cm}$) e G80 ($\Delta=0,56\text{cm}$) apresentaram ganhos similares de espessura muscular do vasto lateral. Ambos os grupos apresentaram diferenças significativas em relação ao grupo controle GC ($\Delta=-0,33\text{cm}$; $p=0,0001$). Para os ganhos de força muscular, dos músculos extensores de joelho, avaliado por meio de um dinamômetro de tração (CIVM - Contração Isométrica Voluntária Máxima) foram observados ganhos de força nos grupos intervenção G40 ($\Delta=5,82\text{kg}$) e G80

($\Delta=8,37\text{kg}$). Ambos os grupos apresentam diferenças significativas em relação ao GC ($-0,015\text{kg}$; $p=0,0001$). Não foram observadas diferenças significativas na avaliação dos flexores de joelho ($p=0,1251$). Já na avaliação de força dinâmica (1RM) o G80 apresentou os maiores ganhos de força quando comparado ao G40 e ao GC ($p<0,0001$). Essas diferenças foram observadas nos exercícios de *Leg Press* ($\Delta=65,42\text{kg}$), cadeira extensora ($\Delta=13,52\text{kg}$) e mesa flexora ($\Delta=7,89\text{kg}$). Na avaliação funcional através da distância alcançada foram encontradas diferenças significativas entre os grupos, sendo que o grupo G80 apresentou os maiores ganhos de distância quando comparados ao G40 e GC no *Single Hop Test* ($p=0,0001$), *Triple Hop Test* ($p=0,0001$) e *Vertical Jump* ($p=0,0001$). Podemos concluir que o treinamento resistido até a falha concêntrica realizado com altas ou baixas intensidades de carga geram ganhos de hipertrofia muscular semelhante. Já para o ganho de força máxima dinâmica, isométrica voluntária máxima e para os testes de desempenho funcional, as intensidades de cargas altas são mais eficazes quando comparada às intensidades de cargas baixas. O estudo 2 teve como objetivo avaliar os efeitos agudos em uma sessão de treinamento resistido até a falha concêntrica com diferentes intensidades de carga (40% vs. 80% RM) sobre o metabolismo mineral (sódio, potássio, magnésio, cálcio, fósforo, zinco), marcadores indiretos de estresse e danos musculares (creatina quinase, transaminase oxalacética, termografia infravermelha, lactacidemia). Foi realizado um estudo experimental com indivíduos fisicamente ativos do sexo masculino entre 18 e 25 anos. Preencheram os requisitos de inclusão no estudo 28 homens, sendo quatorze em cada grupo. O primeiro grupo realizou o protocolo de treinamento com intensidade de carga de treinamento de 40%RM (G40). O segundo grupo realizou o treinamento com 80%RM (G80). O programa de treinamento com exercícios resistidos até a falha concêntrica consistia em realizar três séries dos exercícios de *Leg Press*, cadeira extensora e mesa flexora com intervalo de 2 minutos entre as séries. De acordo com os resultados houve diferença significativa entre os dois grupos para a concentração de sódio ($p=0,026$), potássio ($p=0,0001$), cálcio ($p=0,0021$), lactato ($p=0,011$) e transaminase oxalacética ($p=0,011$). Podemos concluir que o treinamento resistido até a falha concêntrica com maior intensidade de carga leva a um maior estresse metabólico e danos musculares quando comparados ao treinamento com menor intensidade de carga. O estudo 3 teve como objetivo avaliar os efeitos hemodinâmicos agudos do treinamento resistido até a falha concêntrica com diferentes intensidades de carga (40% vs. 80%RM). Foi realizado um estudo experimental com indivíduos fisicamente ativos do sexo masculino com idade entre 18 e 25 anos com experiência em treinamento resistido. Preencheram os requisitos de inclusão no estudo 28 homens, sendo quatorze em cada grupo. O primeiro grupo realizou o protocolo de

treinamento com a intensidade de carga com 40%RM (G40), enquanto o segundo grupo com 80%RM (G80). A sessão de treinamento até a falha concêntrica foi realizada no exercício de extensão de joelho (cadeira extensora). Realizaram-se três séries do exercício com 2 minutos de intervalo entre elas. Os participantes foram avaliados através do comportamento da pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica, frequência cardíaca e do duplo-produto. Os valores de pressão arterial e frequência cardíaca foram avaliados, nas últimas repetições de cada exercício e após 5 e 15 minutos. Os resultados mostraram que em nenhuma das situações de treinamento avaliadas houve interações significativas entre os fatores de pressão arterial sistólica ($p=0,172$), pressão arterial diastólica ($p=0,298$) frequência cardíaca ($p=0,376$) e duplo produto ($p=0,214$). A média do duplo produto, importante parâmetro de risco cardiovascular, apresentou valores médios máximos de: G40=12363,6 mmHg x bpm e G80=11363,6 mmHg x bpm. Sendo assim, podemos afirmar que o treinamento resistido até a falha concêntrica com 40 e 80%RM são seguros, pois, segundo as diretrizes do *American College of Sports Medicine* (2014), valores até duplo produto iguais ou acima de 30.000 mmHg x bpm (milímetros de mercúrios/batimentos por minutos), são indicativos de risco cardiovascular

Palavras-Chave: Treinamento de Resistência; Falha concêntrica; Força muscular.

ABSTRACT

The scientific community recognizes muscle strength as an important component of physical fitness related to the improvement and maintenance of health. In this context, the training proposed to gain muscle strength is of great interest to health professionals and researchers. There are several ways to develop muscle strength, resistance training being the most common. Among the various methods of resistance training, the method of resistance training to concentric failure is becoming more popular every day. However, concentric failure is a multifactorial phenomenon, not yet fully elucidated by the scientific method. Thus, the aim of study 1 was to compare the effect of different training intensities to concentric failure, 80% vs. 40% repetition maximum (RM), on muscle adaptations in physically active individuals. A randomized controlled clinical trial was conducted with male subjects. Sixty participants were allocated three groups. The first group performed the training protocol with training load intensity of 40%MR. (G40, n=20); the second, a training with 80% RM (G80, n=20) and the third, control group (CG, n=20), did not perform any intervention. For groups G40 and G80 a training program was applied with resisted exercises for knee extensors and flexors until concentric failure, lasting eight weeks and three times a week, with a minimum interval of 48 hours between sessions. The order of the training was exercises in the Leg Press, the extensor chair, and the flexor table performed in the Exercise Clinic of the Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR. Three sets of each exercise were performed, with a recovery interval of 2 minutes between sets, and only after the three sets of the same exercise was the sequence for the next exercise performed. The participants were evaluated by ultrasonography to assess the thickness of the vastus lateralis muscle; strength evaluation test of the extensors and flexors of the knee by means of maximum voluntary isometric contraction evaluated by a traction dynamometer and maximum dynamic strength evaluated by means of one repetition maximum tests; and functional performance tests (Single/Triple Hop Test and Vertical Jump). The results showed that groups G40 ($\Delta=0.73\text{cm}$) and G80 ($\Delta=0.56\text{cm}$) showed similar gains in muscle thickness of the vastus lateralis. Both groups showed significant differences compared to the control group GC ($\Delta=-0.33\text{cm}$; $p=0.0001$). For muscle strength gains, of the knee extensor muscles, assessed by means of a traction dynamometer (MVIC - Maximum Voluntary Isometric Contraction) strength gains were observed in intervention groups G40 ($\Delta=5.82\text{kg}$) and G80($\Delta=8.37\text{kg}$). Both groups show significant differences in relation to the CG (-0.015kg ; $p=0.0001$). No significant differences were observed in the knee flexors evaluation ($p=0.1251$). In the dynamic strength evaluation (1RM), G80 showed the greatest

strength gains when compared to G40 and CG ($p < 0.0001$). These differences were observed in the Leg Press exercises ($\Delta = 65.42\text{kg}$), extension chair ($\Delta = 13.52\text{kg}$) and flexor table ($\Delta = 7.89\text{kg}$). In the functional evaluation through the achieved distance significant differences were found between the groups, with the G80 group showing the greatest gains in distance when compared to G40 and GC in the Single Hop Test ($p = 0.0001$), Triple Hop Test ($p = 0.0001$) and Vertical Jump ($p = 0.0001$). We can conclude that resistance training to concentric failure performed at high or low load intensities generates similar muscle hypertrophy gains. However, for the gain of dynamic maximal strength, voluntary isometric maximal strength and for the functional performance tests, high load intensities are more effective when compared to low load intensities. Study 2 aimed to evaluate the acute effects in a resistance training session to concentric failure with different load intensities (40% vs. 80% RM) on mineral metabolism (sodium, potassium, magnesium, calcium, phosphorus, zinc), indirect markers of stress and muscle damage (creatinase kinase, oxalacetic transaminase, infrared thermography, lactacidemia). An experimental study was conducted with physically active male subjects aged 18 to 25 years. Twenty-eight men met the inclusion requirements for the study, fourteen in each group. The first group performed the training protocol with a training load intensity of 40%RM (G40). The second group trained at 80%MR (G80). The training program with resisted exercises to concentric failure consisted of three sets of Leg Press, extension chair, and flexor table exercises, with a 2 minute interval between sets. According to the results there was a significant difference between the two groups for the concentration of sodium ($p = 0.026$), potassium ($p = 0.0001$), calcium ($p = 0.0021$), lactate ($p = 0.011$) and oxalacetic transaminase ($p = 0.011$). We can conclude that resistance training to concentric failure with higher load intensity leads to higher metabolic stress and muscle damage when compared to training with lower load intensity. Study 3 aimed to evaluate the acute hemodynamic effects of resistance training to concentric failure at different load intensities (40% vs. 80%RM). An experimental study was conducted with physically active male subjects aged 18-25 years with experience in resistance training. Twenty-eight males met the inclusion requirements for the study, fourteen in each group. The first group performed the training with the load intensity at 40%RM (G40), while the second group at 80%RM (G80). The training session until concentric failure was performed in the knee extension exercise (extensor chair). Three sets of the exercise were performed with a 2 minute interval between sets. The participants were evaluated by the behavior of systolic blood pressure, diastolic blood pressure, heart rate, and the double output. The blood pressure and heart rate values were evaluated at the last repetitions of each exercise and after 5 and 15

minutes. The results showed that in none of the training situations evaluated there were significant interactions between the factors of systolic blood pressure ($p=0.172$), diastolic blood pressure ($p=0.298$) heart rate ($p=0.376$) and double product ($p=0.214$). The mean double product, an important cardiovascular risk parameter, showed maximum mean values of: G40=12363.6 mmHg x bpm and G80=11363.6 mmHg x bpm. Thus, we can state that resistance training to concentric failure with 40 and 80%RM are safe, because, according to the guidelines of the American College of Sports Medicine (2014), values up to double product equal to or above 30,000 mmHg x bpm (millimeters of mercury/beats per minute) are indicative of cardiovascular risk

Keywords: Resistance Training; Concentric failure; Muscle strength.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Delineamento das intervenções	24
Figura 2 - Organização espacial dos músculos da coxa	25
Figura 3 - Área de interesse do exame de ultrassonografia.....	26
Figura 4 - Visualização gráfica imediata à medidas pelo software BodyView®.....	26
Figura 5 - Sequência de exercícios aplicados no treinamento resistido	30
Figura 6 - Fluxograma	31
Figura 7 - Delineamento do estudo.....	54
Figura 8 - Procedimentos de coleta de sangue	56
Figura 9 – Delineamento da sessão de treino	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da Amostra	32
Tabela 2 - Comparação para espessura muscular do vasto lateral	32
Tabela 3 - Contração isométrica voluntária máxima	33
Tabela 4 – Força dinâmica máxima	34
Tabela 5 - Desempenho funcional – distância alcançada	35
Tabela 6 - Caracterização descritiva da amostra	58
Tabela 7 - Parâmetros do metabolismo mineral	59
Tabela 8 – Concentração de lactato, transaminase oxalacética e da creatina quinase	59
Tabela 9 - Termografia infravermelha.....	60
Tabela 10 - Caracterização descritiva da amostra	76
Tabela 11 - Parâmetros de PAS, PAD, FC e DP	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACSM -	Colégio Americano de Medicina do Esporte
ATP -	Adenosina trifosfato
CIVM -	Contrações isométricas voluntárias máximas
CK -	Creatina quinase
cm -	Centímetros
DCNT -	Doenças Crônicas não transmissíveis
DP -	Duplo produto
EMG -	Eletromiografia
FC -	Frequência cardíaca;
G40 -	Grupo com 40%RM
G80 -	Grupo com 80%RM
GC -	Grupo Controle
GH -	Homônimo do crescimento
H ⁺ -	Hidrogênio
HAS -	Hipertensão arterial sistêmica
HPE -	Hipotensão pós-exercício
IBBM -	Instituto Brasileiro de Biociências da Motricidade Humana
IMC -	Índice de massa corporal
IR -	Intervalo de recuperação
i.e -	Isto é
K -	Potássio
Kg -	Quilogramas
m -	Metros
MMII -	Membros inferiores
MMSS -	Membros superiores
N -	Newtons
Na ⁺ -	Sódio
OTG -	Órgão Tendinoso de Golgi
p -	Significância
PA -	Pressão arterial
PAS -	Pressão arterial sistólica
PAD -	Pressão arterial diastólica

Pi -	Fosfato inorgânico
PLD -	Enzima fosfolipase D
RF -	Reto femoral
RM -	Repetição(ões) máxima(s)
SISNEP -	Sistema Nacional de Ética em Pesquisa
SNC -	Sistema Nervoso Central
SNP -	Sistema Nervoso Periférico
ST -	Semitendíneo
TCLE -	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TGO -	Transaminase oxalacética
TFC -	Treinamento resistido até a falha concêntrica
TR -	Treinamento resistido
UM -	Unidades motoras
UNIFAL -	Universidade Federal de Alfenas
UNINCOR -	Universidade Vale do Rio Verde
US -	Ultrassom
USDHHS -	Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos Estados Unidos
VL -	Vasto lateral
VM -	Vasto medial
Vs -	<i>Versus</i>
kg/m ² -	Quilograma por metro quadrado
km/h -	Quilômetros por hora
μV -	Microvolts
mim -	Minutos
mm -	Milímetros
seg -	Segundos

LISTA DE SÍMBOLOS

bpm -	Batimentos por minuto
Cm -	Centímetros
Hz -	Hertz
Kg -	Quilogramas
M -	Metros
p -	Significância
< -	Menor
> -	Maior
Δ -	Delta
$^{\circ}$ -	Graus
$^{\circ}/s$ -	Graus por segundo
% -	Percentual
~ -	Aproximadamente
km/h -	Quilômetros por hora
® -	Marca registrada
μV -	Microvolts
mim -	Minutos
mm -	Milímetros
mmHg -	Milímetros de mercúrio
seg -	Segundos
n -	Número de amostra

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	12
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2	Objetivos Específicos	15
	REFERÊNCIAS	16
2	ESTUDO 1	18
2.1	INTRODUÇÃO.....	22
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS	23
2.2.1	Participantes	23
2.2.2	Critérios de inclusão	23
2.2.3	Critérios de exclusão	23
2.2.4	Randomização	23
2.2.5	Delineamento experimental	24
2.2.5.1	Espessura muscular	24
2.2.5.2	Desempenho funcional e salto	26
2.2.5.3	Avaliação da força de contração isométrica voluntária máxima (CIVM).....	27
2.2.5.4	Teste de força dinâmica máxima (1RM)	28
2.2.5.5	Intervenção	28
2.2.5.6	Análise estatística de dados	30
2.3	RESULTADOS	30
2.4	DISCUSSÃO.....	35
2.4.1	Espessura muscular	35
2.4.2	Força muscular (CIVM e dinâmica)	39
2.4.3	Testes funcionais (distância alcançada)	41
2.4.4	Limitações do estudo	42
2.5	CONCLUSÃO.....	42
	REFERÊNCIAS	43
3	ESTUDO 2	50
3.1	INTRODUÇÃO.....	52
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	53
3.2.1	Voluntários	53
3.2.2	Critérios de inclusão	54
3.2.3	Critérios de exclusão	54
3.2.4	Randomização	54
3.2.5	Procedimentos experimentais	54
3.2.6	Teste de uma repetição máxima (1RM)	55

3.2.7	Termografia infravermelha.....	55
3.2.8	Metabolismo Mineral, cinética da creatina quinase e transaminase oxalacética	56
3.2.9	Análise estatística.....	57
3.2.10	Descrição da sessão de treinamento.....	57
3.3	RESULTADOS	58
3.4	DISCUSSÃO	60
3.4.1	Limitações do estudo	64
3.5	CONCLUSÃO.....	65
	REFERÊNCIAS	66
4	ESTUDO 3.....	69
4.1	INTRODUÇÃO.....	72
4.2	MATERIAIS E MÉTODOS	73
4.2.1	Tipo de estudo	73
4.2.2	Amostra	73
4.2.3	Randomização.....	74
4.2.4	Delineamento	74
4.2.5	Descrição da sessão de treinamento.....	75
4.2.6	Análise estatística.....	75
4.3	RESULTADOS	76
4.3.1	Características da amostra	76
4.3.2	Características dos exercícios.....	76
4.4	DISCUSSÃO.....	77
4.5	CONCLUSÃO.....	79
	REFERÊNCIAS	80
	APÊNDICE A – Ficha de avaliação e dados demográficos.....	83
	APÊNDICE B – Questionário de prontidão para atividade física.....	85
	APÊNDICE C - Termo de consentimento livre e esclarecido	86
	APÊNDICE D – Recordatório 24 horas	89
	ANEXO 1 – Parecer do comitê de ética e pesquisa: estudo 1 e 3	90
	ANEXO 2 – Parecer do comitê de ética e pesquisa: estudo 2.....	95

1 INTRODUÇÃO GERAL

O treinamento resistido, também conhecido como treinamento de força, tornou-se uma das formas mais praticadas de exercícios físicos (SALLES, 2020). Sua prática leva a diversas respostas fisiológicas que são de extrema importância para manutenção da saúde, reabilitação e prevenção de doenças. Dentre essas respostas, destacamos o aumento da resistência à fadiga, da força, potência e massa muscular (GRGIC *et al.*, 2022).

Nos últimos anos houve grande avanço nos conhecimentos dentro da área de treinamento de força, resultando em melhorias significativas no desempenho físico, atividades de vida diária, atividades laborativas e, também, na recuperação de lesões musculares (AQUINO, 2007; SANTAREM, 2022). Para potencializar o aumento na força e na hipertrofia muscular, foram sugeridas repetições até a falha muscular (SALLES, 2020; SCHOENFELD, 2020).

A falha concêntrica é definida como a incapacidade de completar uma repetição em toda a amplitude de movimento devido à fadiga (GRGIC *et al.*, 2022).

As possíveis vantagens do treino até a falha concêntrica são um maior recrutamento de unidades motoras e, conseqüentemente, um maior estímulo para o ganho de força e conseqüentemente a hipertrofia (GRGIC *et al.*, 2022; SCHOENFELD, 2020). No entanto, ainda não está claro se essa ativação muscular induzida pela fadiga realmente reflete aumentos crônicos na força e na hipertrofia muscular, e como ela afeta de forma diferente indivíduos treinados e não treinados (NÓBREGA, LIBARDI, 2016; SANTAREM, 2022).

Outro fator importante a destacar neste tipo de treinamento é a intensidade do treinamento realizado. Estudos demonstraram que, devido a esta característica, há uma relação direta entre a concentração de hormônios catabólicos (cortisol) e anabólicos (testosterona), indicando que o quadro metabólico induzido pelo método é favorável ao anabolismo proteico, potencializando o ganho de força, de hipertrofia e de resistência muscular localizada (SCHOENFELD, 2020; UCHIDA, CHARRO, BACURAU, 2009).

A falha concêntrica é um fenômeno multifatorial, porém, ainda não totalmente elucidado pelo método científico. Segundo Grgic *et al.* (2022) a temperatura corporal, o equilíbrio acidobásico e hidroeletrólítico, o fluxo sanguíneo, a atividade neural e a disponibilidade de substratos podem se relacionar com a incapacidade do músculo de gerar força. Lapin *et al.* (2007), ressaltam que há o estresse orgânico gerado e fortemente influenciado por metabólitos como creatinina, íons de hidrogênio e amônia causando alteração do pH muscular. Sustentando a informação anterior, Ascensão *et al.* (2003) resalta

que tais metabólitos diminuem a amplitude do potencial de ação e a excitabilidade muscular, fazendo com que processo contrátil se torne prejudicado.

São poucos os estudos que investigaram a falha muscular comparando o treinamento de baixa e alta intensidade (HOLM *et al.*, 2008; LASEVICIUS *et al.*, 2022; MITCHELL *et al.*, 2012; SCHOENFELD *et al.*, 2015). Em algumas investigações, os resultados são conflitantes, com alguns estudos encontrando superioridade para treinamento com cargas mais elevadas (CAMPOS *et al.*, 2002; GRGIC, 2021; HOLM *et al.*, 2008; SCHUENKE *et al.*, 2012) e outros não mostrando diferenças significativas (MITCHELL *et al.*, 2012; POPOV *et al.*, 2006; TANIMOTO *et al.*, 2008).

Com base na literatura atual, ainda não está claro se diferentes intensidades de treinamento até a falha podem maximizar aumentos na força muscular e hipertrofia e, como consequência, melhora dos componentes de saúde (GRGIC, 2021; SALLES, 2020).

Neste contexto, o objetivo desta tese foi comparar os efeitos de diferentes intensidades de treinamento até a falha com 80% vs. 40% RM (repetição máxima) nas adaptações musculares em indivíduos fisicamente ativos. Foram avaliados os efeitos crônicos por meio da avaliação da espessura muscular (ultrassom), força muscular isométrica voluntária máxima (dinamômetro de tração) e dinâmica (teste de 1RM) e avaliação funcional do desempenho (*Single, Triple Hop Test* e *Vertical Jump*). Foram avaliados também os efeitos agudos de uma sessão de treino até a falha concêntrica relacionado ao comportamento do metabolismo mineral (sódio, potássio, magnésio, cálcio, fósforo, zinco), dos marcadores indiretos de estresse e dos danos musculares (creatina quinase, TGO, termografia infravermelha, lactacidemia). Por fim, investigamos as respostas agudas do treinamento resistido até a falha concêntrica nas variáveis hemodinâmicas em diferentes intensidades de carga (40% e 80% RM).

1.1 JUSTIFICATIVA

Os benefícios da atividade física e exercícios relacionados a saúde, qualidade de vida e atividades de vida diária já estão bem evidenciados pela ciência (BASTOS *et al.*, 2023; SCHWARTZ *et al.*, 2021). Essas informações são respaldadas por dados de diversos estudos, revisões e meta-análises (GRGIC *et al.*, 2022, SCHOENFELD, 2020). Mas qual é a intensidade de carga (%RM) ideal para obtermos melhores benefícios com o treinamento resistido?

A comunidade científica reconhece a força muscular e hipertrofia como importantes

componentes da aptidão física relacionada a melhora e manutenção da saúde (SALLES, 2020; SCHOENFELD *et al.*, 2020). Neste contexto, o treinamento proposto para ganho de força muscular, é de grande interesse para profissionais da saúde. Por muitos anos o treinamento resistido era realizado apenas com fins estéticos e competitivos, e preferencialmente com cargas elevadas. Porém, com o avançar da ciência do movimento foi descobrindo que os benefícios de treinamento resistido extrapolam questões estéticas e esportivas. Booth *et al.*, 2017 listam mais de 30 doenças crônicas nas quais exercício tem efeito positivo na prevenção e cura.

Dessa forma, estudar e descobrir qual a melhor estratégia para promoção de saúde por meio do treinamento resistido tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores (ALIZADEH *et al.*, 2023; BASTOS *et al.*, 2022; CHAMP *et al.*, 2022; SCHOENFELD *et al.*, 2020). Dentre os diversos métodos de treinamento resistido, o método de treino resistido até a falha concêntrica vem se popularizando a cada dia (SALLES, 2020). As possíveis vantagens do treino até a falha concêntrica são um maior recrutamento de unidades motoras e conseqüentemente um maior estímulo para o ganho de força e hipertrofia (IZQUIERDO *et al.*, 2006; SCHOENFELD *et al.*, 2020).

Porém, o que a ciência ainda precisa responder é: qual a intensidade de carga devemos utilizar para conseguirmos os melhores resultados relacionados à força e hipertrofia muscular além de melhora no desempenho funcional? Outra lacuna na ciência diz respeito ao risco cardiovascular deste tipo de treinamento.

Neste contexto, buscamos neste estudo analisar os efeitos de duas intensidades de carga aplicadas ao treinamento até a falha concêntrica. Embora a intensidade seja uma das variáveis de treinamento mais estudadas, não encontramos até o presente momento nenhum estudo controlado que investigasse essa variável aplicada ao método de treinamento até a falha concêntrica. Além disso, a comunidade científica é carente de análises referentes ao metabolismo mineral e à avaliação de danos musculares para este método de treino. Dessa forma, esta tese foi elaborada com base em investigação original, representando trabalho de real contribuição para a comunidade científica.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral:

Analisar o efeito de diferentes intensidades de carga de treinamento resistido até a

falha concêntrica (80% vs. 40% RM) em indivíduos fisicamente ativos.

1.2.2 Objetivos Específicos:

Comparar o efeito de diferentes intensidades de treinamento resistido até a falha concêntrica (80% vs. 40% RM) na(o):

- a) espessura muscular por meio de uma análise de ultrassonografia;
- b) força isométrica voluntária máxima por intermédio de um dinamômetro de tração;
- c) desempenho funcional (distância alcançada) para os membros inferiores;
- d) distância alcançada em testes de saltos verticais;
- e) força dinâmica máxima (teste de 1RM);
- f) metabolismo mineral (sódio, potássio, cálcio, magnésio, fosfato e zinco);
- g) marcadores indiretos de estresse e danos musculares (creatina quinase, transaminase oxalacética, termografia infravermelha, lactacidemia);
- h) Comportamento hemodinâmico (pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica, frequência cardíaca e duplo produto).

REFERÊNCIAS

- ALIZADEH, Shahab et al. Resistance Training Induces Improvements in Range of Motion: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, Chicago, United States of America, v. 53, n.3, p. 1-16, 2023.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM's position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**. Indianapolis, United States of America, v. 34. n. 2. p. 364-380. 2009.
- AQUINO, C. F. et al. Isokinetic dynamometry in sports and rehabilitation sciences. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasília, Brasil, v. 15, n. 1, p. 93-100, 2007.
- ASCENÇÃO, A.; MAGALHÃES, J. Oliveira. J, Duarte J, Soares J. Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. **Revista Portuguesa de Ciência do Desporto**, Porto, Portugal, v. 3, n. 1, p. 108-23, 2003.
- BASTOS, Vasco et al. Set to fail: Affective dynamics in a resistance training program designed to reach muscle concentric failure. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, Helsinki, Finland, v. 32, n. 12, p. 1710-1723, 2022.
- BOOTH, Frank W. et al. Role of inactivity in chronic diseases: Evolutionary insight and Pathophysiological mechanisms. **Journal of applied physiology**, Rockville, United States of America, n.97. p. 1351-1402. 2017.
- CAMPOS, Gerson E. et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **European journal of applied physiology**, Heidelberg, Germany, v. 88, n. 1, p. 50-60, 2002.
- CHAMP, Colin E. et al. Resistance Training for Patients with Cancer: A Conceptual Framework for Maximizing Strength, Power, Functional Mobility, and Body Composition to Optimize Health and Outcomes. **Sports Medicine**, Chicago, United States of America, v. 34, p. 1-15, 2022.
- GRGIC, Jozo et al. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Sport and Health Science**, Shanghai, China, v. 11, n. 2, p. 202-211, 2022.
- HOLM, Lars et al. Changes in muscle size and MHC composition in response to resistance exercise with heavy and light loading intensity. **Journal of applied physiology**, Rockville, United States of America, v. 105, n. 5, p. 1454-1461, 2008.
- IZQUIERDO, Mikel et al. Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. **Journal of applied physiology**, Rockville, United States of America, v. 100, n. 5, p. 1647-1656, 2006.
- LAPIN, Livia Pascoti et al. Respostas metabólicas e hormonais ao treinamento físico. **Revista Brasileira de Educação Física Esporte, Lazer e Dança**, Campinas, Brasil, v. 2, n. 4, p. 115-24, 2007.

LASEVICIUS, Thiago et al. Muscle failure promotes greater muscle hypertrophy in low-load but not in high-load resistance training. **Journal of strength and conditioning research**, Colorado Springs, United States of America, v. 36, n. 2, p. 346-351, 2022.

MITCHELL, Cameron J. et al. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **Journal of applied physiology**, Rockville, United States of America, v. 113, n. 1, p. 71-77, 2012.

NÓBREGA, Sanmy R.; LIBARDI, Cleiton A. Is resistance training to muscular failure necessary? **Frontiers in physiology**, Lausanne, Switzerland, v. 7, v. 7, p. 25-35, 2016.

POPOV, D. V. et al. Hormonal adaptation determines the increase in muscle mass and strength during low-intensity strength training without relaxation. **Human Physiology**, Moscow, Russia, v. 32, n. 5, p. 609-614, 2006.

SALLES, Belmiro. F. (2020). Métodos de treino para Força e Hipertrofia: da prática à teoria. **Livro na mão**, Belo Horizonte-MG, Brasil, 2020.

SANTAREM, Pedro Soares Mega. Efeito do uso de diferentes intensidades no treinamento resistido para ganhos de hipertrofia muscular: uma revisão narrativa. **Revista Unesp**, São Paulo, Brasil, v. 56, n. 7, p. 75-83, 2022

SCHOENFELD, B. Science and Development of Muscle Hypertrophy. 2. ed. New York: **Human Kinetics**, Illinois, United States of America, 2020.

SCHOENFELD, Brad J. et al. Longer inter-set rest periods enhance muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men. **Journal of strength and conditioning research**, Colorado Springs, United States of America, v.30, p. 101, 107, 2015.

SCHUENKE, Mark D. et al. Early-phase muscular adaptations in response to slow-speed versus traditional resistance-training regimens. **European journal of applied physiology**, Heidelberg, Germany, v. 112, n. 10, p. 3585-3595, 2012.

SCHWARTZ, Hadar et al. Exploring the acute affective responses to resistance training: A comparison of the predetermined and the estimated repetitions to failure approaches. **Plos one**, San Francisco, United States of America, v. 16, n. 8, p. 256-271, 2021.

TANIMOTO, Michiya et al. Effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, United States of America, v. 22, n. 6, p. 1926-1938, 2008.

UCHIDA, Marco Carlos; CHARRO, Mario Augusto; BACURAU, Reury Frank P. **Manual de musculação**: uma abordagem teórico-prática do treinamento de força. São Paulo, Brasil, Phorte Editora, 2009.

2 ESTUDO 1

EFEITO DOS DIFERENTES PERCENTUAIS DE CARGA DE TREINAMENTO UTILIZADOS EM EXERCÍCIOS RESISTIDOS ATÉ FALHA CONCÊNTRICA EM INDIVÍDUOS FISICAMENTE ATIVOS: ESTUDO CLÍNICO CONTROLADO RANDOMIZADO

Resumo

A comunidade científica reconhece a força muscular como um importante componente da aptidão física relacionada à melhora e à manutenção da saúde. Neste contexto, o treinamento proposto para ganho de força muscular, é de grande interesse para profissionais da saúde e para pesquisadores. Existem várias formas de se desenvolver força muscular, sendo o treinamento resistido a mais comum. Dentre os diversos métodos de treinamento resistido, o método de treino resistido até a falha concêntrica vem se popularizando a cada dia. Porém, a falha concêntrica é um fenômeno multifatorial, ainda não totalmente elucidado pelo método científico. Dessa forma, o objetivo do estudo 1 foi comparar o efeito de diferentes intensidades de treinamento até a falha concêntrica, 80% vs. 40% repetição máxima (RM), nas adaptações musculares em indivíduos fisicamente ativos. Foi realizado um estudo clínico randomizado e controlado com indivíduos do sexo masculino. Sessenta participantes foram alocados em três grupos. O primeiro grupo realizou o protocolo de treinamento com intensidade de carga de treinamento de 40%RM. (G40, n=20); o segundo, um treinamento com 80% RM (G80, n=20) e o terceiro, grupo controle (GC, n=20), não realizou nenhuma intervenção. Para os grupos G40 e G80 foi aplicado um programa de treinamento com exercícios resistidos para extensores e flexores de joelho até a falha concêntrica, com duração de oito semanas e frequência de três vezes por semana com intervalo mínimo de 48 horas entre as sessões. A ordem do treinamento foi exercícios no *Leg Press*, na cadeira extensora e na mesa flexora realizados na Clínica do Exercício da Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR. Realizaram-se três séries de cada exercício com o intervalo de recuperação entre as séries de 2 minutos e, somente após as três séries no mesmo exercício, executava-se a sequência no exercício posterior. Os participantes foram avaliados por meio de exame de ultrassonografia para avaliar a espessura do músculo vasto lateral; teste de avaliação de força dos extensores e flexores do joelho por meio da contração isométrica voluntária máxima avaliada por um dinamômetro de tração e força dinâmica máxima avaliada através dos testes de uma repetição máxima; e testes de desempenho funcional (*Single/Triple Hop Test* e

Vertical Jump). Para comparação dos resultados, utilizamos o valor de delta (Δ) obtido da comparação entre os valores pré e pós-treinamento (em que o valor delta foi calculado pela diferença entre o valor pós e pré = valor delta). Uma vez determinada a normalidade dos dados, foi utilizada uma Anova One-way para comparação entre os grupos. Quando encontrado diferenças significativas, o teste *post-hoc* de Tukey foi utilizado para comparações múltiplas. Para comparação intragrupo, em caso de normalidade de dados, foi aplicado o teste t para amostras relacionadas e em caso de distribuição não normal, foi utilizado o teste de Wilcoxon. Foi considerado um nível de significância de $p < 0.05$. Os resultados demonstraram que os grupos G40 ($\Delta = 0,73\text{mm}$) e G80 ($\Delta = 0,56\text{mm}$) apresentaram ganhos similares de espessura muscular do vasto lateral. Ambos os grupos apresentaram diferenças significativas em relação ao grupo controle GC ($\Delta = -0,33\text{mm}$; $p = 0,0001$). Para os ganhos de força muscular, dos músculos extensores de joelho, avaliado por meio de um dinamômetro de tração (CIVM - Contração Isométrica Voluntária Máxima) foram observados ganhos de força nos grupos intervenção G40 ($\Delta = 5,82\text{kg}$) e G80 ($\Delta = 8,37\text{kg}$). Ambos os grupos apresentam diferenças significativas em relação ao GC ($-0,015\text{kg}$; $p = 0,0001$). Não foram observadas diferenças significativas na avaliação dos flexores de joelho ($p = 0,1251$). Já na avaliação de força dinâmica (1RM) o G80 apresentou os maiores ganhos de força quando comparado ao G40 e ao GC ($p < 0,0001$). Essas diferenças foram observadas nos exercícios de *Leg Press* ($\Delta = 65,42\text{kg}$), cadeira extensora ($\Delta = 13,52\text{kg}$) e mesa flexora ($\Delta = 7,89\text{kg}$). Na avaliação funcional através da distância alcançada foram encontradas diferenças significativas entre os grupos, sendo que o grupo G80 apresentou os maiores ganhos de distância quando comparados ao G40 e GC no *Single Hop Test* ($p = 0,0001$), *Triple Hop Test* ($p = 0,0001$) e *Vertical Jump* ($p = 0,0001$). Podemos concluir que o treinamento resistido até a falha concêntrica realizado com altas ou baixas intensidades de carga geram ganhos de hipertrofia muscular semelhante. Já para o ganho de força máxima dinâmica, isométrica voluntária máxima e para os testes de desempenho funcional, as intensidades de cargas altas são mais eficazes quando comparada às intensidades de cargas baixas.

Palavras-Chave: Treinamento de Resistência; Falha concêntrica; Força muscular.

Abstract

The scientific community recognizes muscle strength as an important component of physical fitness related to the improvement and maintenance of health. In this context, the proposed training to gain muscle strength is of great interest to health professionals and researchers. There are several ways to develop muscle strength, resistance training being the most common. Among the various resistance training methods, the resistance training method to concentric failure is becoming popular every day. However, concentric failure is a multifactorial phenomenon, not yet fully elucidated by the scientific method. Thus, the aim of study 1 was to compare the effect of different training intensities until concentric failure, 80% vs. 40% maximum repetition (RM), in muscular adaptations in physically active individuals. A randomized and controlled clinical study was carried out with male subjects. Sixty participants were allocated three groups. The first group performed the training protocol with a training load intensity of 40%RM. (G40, n=20); the second, training with 80% RM (G80, n=20) and the third, control group (GC, n=20), did not perform any intervention. For groups G40 and G80, a training program with resistance exercises for knee extensors and flexors was applied until concentric failure, lasting eight weeks and frequency of three times a week with a minimum interval of 48 hours between sessions. The order of training was exercises on the Leg Press, on the leg extension chair and on the flexion table performed at the Exercise Clinic at the Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR. Three series of each exercise were performed with a recovery interval of 2 minutes between series and, only after the three series in the same exercise, the sequence in the subsequent exercise was performed. Participants were evaluated using an ultrasound examination to assess the thickness of the vastus lateralis muscle; strength assessment test of knee extensors and flexors through maximum voluntary isometric contraction evaluated by a traction dynamometer and maximum dynamic strength evaluated through tests of one maximum repetition; and functional performance tests (Single/Triple Hop Test and Vertical Jump). To compare the results, we used the delta value (Δ) obtained from the comparison between the pre and post-training values (in which the delta value was calculated by the difference between the post and pre values = delta value). Once data normality was determined, a One-way anova was used for comparison between groups. When significant differences were found, Tukey's post-hoc test was used for multiple comparisons. For intragroup comparison, in case of data normality, the t test was applied for related samples and in case of non-normal distribution, the Wilcoxon test was used. A significance level of $p < 0.05$ was considered. The results showed that the G40 ($\Delta = 0.73\text{cm}$) and G80 ($\Delta = 0.56\text{cm}$) groups showed similar gains in vastus lateralis muscle thickness. Both

groups showed significant differences in relation to the control group CG ($\Delta=-0.33\text{cm}$; $p=0.0001$). For gains in muscle strength of the knee extensor muscles, assessed using a traction dynamometer (MVIC - Maximal Voluntary Isometric Contraction), strength gains were observed in the intervention groups G40 ($\Delta=5.82\text{kg}$) and G80 ($\Delta=8.37\text{ kg}$). Both groups show significant differences in relation to the CG (-0.015kg ; $p=0.0001$). No significant differences were observed in the assessment of knee flexors ($p=0.1251$). In the dynamic strength assessment (1RM) the G80 showed the greatest strength gains when compared to the G40 and the CG ($p<0.0001$). These differences were observed in the Leg Press exercises ($\Delta=65.42\text{kg}$), leg extension ($\Delta=13.52\text{kg}$) and flexion table ($\Delta=7.89\text{kg}$). In the functional evaluation through the achieved distance, significant differences were found between the groups, and the G80 group presented the greatest gains in distance when compared to the G40 and GC in the Single Hop Test ($p=0.0001$), Triple Hop Test ($p=0.0001$) and Vertical Jump ($p=0.0001$). We can conclude that resistance training to concentric failure performed with high or low load intensities generate similar muscle hypertrophy gains. As for the gain in maximum dynamic strength, maximum voluntary isometric strength and for functional performance tests, high load intensities are more effective when compared to low load intensities.

Keywords: Resistance Training; Concentric failure; Muscle strength.

2.1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos houve grande avanço científico nos conhecimentos dentro da área de treinamento de força, resultando em melhorias significativas no desempenho físico, qualidade de vida, saúde e na rapidez de recuperação de lesões musculares. Essas melhorias relacionam-se com os aumentos de força e hipertrofia muscular (SANTAREM, 2022). Para potencializar aumentos na força e hipertrofia muscular, foram sugeridas que os exercícios resistidos fossem realizados até a falha concêntrica (SALLES, 2020; SCHOENFELD, 2020).

Grgic *et al.* (2022) definem falha concêntrica como a incapacidade de completar uma repetição em toda a amplitude de movimento devido à fadiga.

As possíveis vantagens do treino até a falha concêntrica são um maior recrutamento de unidades motoras e conseqüentemente um maior estímulo para o ganho de força e hipertrofia (GRGIC *et al.*, 2022; SCHOENFELD, 2020).

A falha concêntrica é um fenômeno multifatorial, porém, ainda não totalmente elucidado pelo método científico. Vários estudos de treinamento de longo prazo foram realizados para comparar as adaptações musculares em programas de treinamento de baixa e alta carga. Porém, são poucos os estudos que investigaram a falha muscular comparando o treinamento de baixa e alta intensidade (SCHOENFELD *et al.*, 2015).

Os resultados desses estudos são conflitantes, com alguns estudos encontrando superioridade para treinamento com cargas mais elevadas (GRGIC, 2021; HOLM *et al.*, 2008; SCHUENKE *et al.*, 2012) e outros não mostrando diferenças significativas (POPOV *et al.*, 2006; TANIMOTO *et al.*, 2008).

Com base na literatura atual ainda não está claro se diferentes intensidades de treinamento até a falha podem maximizar aumentos na força muscular e hipertrofia e, como consequência, melhora dos componentes de saúde (GRGIC, 2021; SALLES, 2016).

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi comparar o efeito de diferentes intensidades de treinamento até a falha com 80% vs. 40%RM (repetição máxima) nas adaptações musculares em indivíduos fisicamente ativos.

Nossa hipótese é que a condição de alta intensidade teria maiores efeitos na força e hipertrofia quando comparado ao treinamento de baixa intensidade (40%RM), além de um impacto superior na resistência muscular local e em testes de desempenho funcional.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este é um estudo clínico prospectivo, comparativo, randomizado e controlado aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/UNINCOR) da Universidade Vale do Rio Verde – UNINCOR (Nº o parecer: 5.134.861) (ANEXO 1).

Os participantes da pesquisa foram totalmente esclarecidos com relação aos possíveis riscos, assim como os objetivos da pesquisa, através do TCLE. O estudo foi realizado na Clínica do Exercício da UNINCOR no período de outubro de 2021 a dezembro de 2022.

2.2.1 Participantes:

Os participantes foram recrutados por meio das mídias sociais do Instituto Brasileiro de Biociências da Motricidade Humana (IBBM) e do curso de Educação Física da Universidade Vale do Rio Verde – UNINCOR.

2.2.2 Critérios de inclusão:

Homens com idade entre 18 e 25 anos, com experiência prévia de pelo menos seis meses em treinamento resistido, com frequência igual ou superior a três sessões semanais.

2.2.3 Critérios de exclusão:

Indivíduos que possuíam doenças crônicas (diabetes, doenças cardiovasculares e hipertensão), conforme avaliado pelo questionário de prontidão para atividade física (*Physical Activity Readiness Questionnaire* – PAR-Q) (APÊNDICE 2).

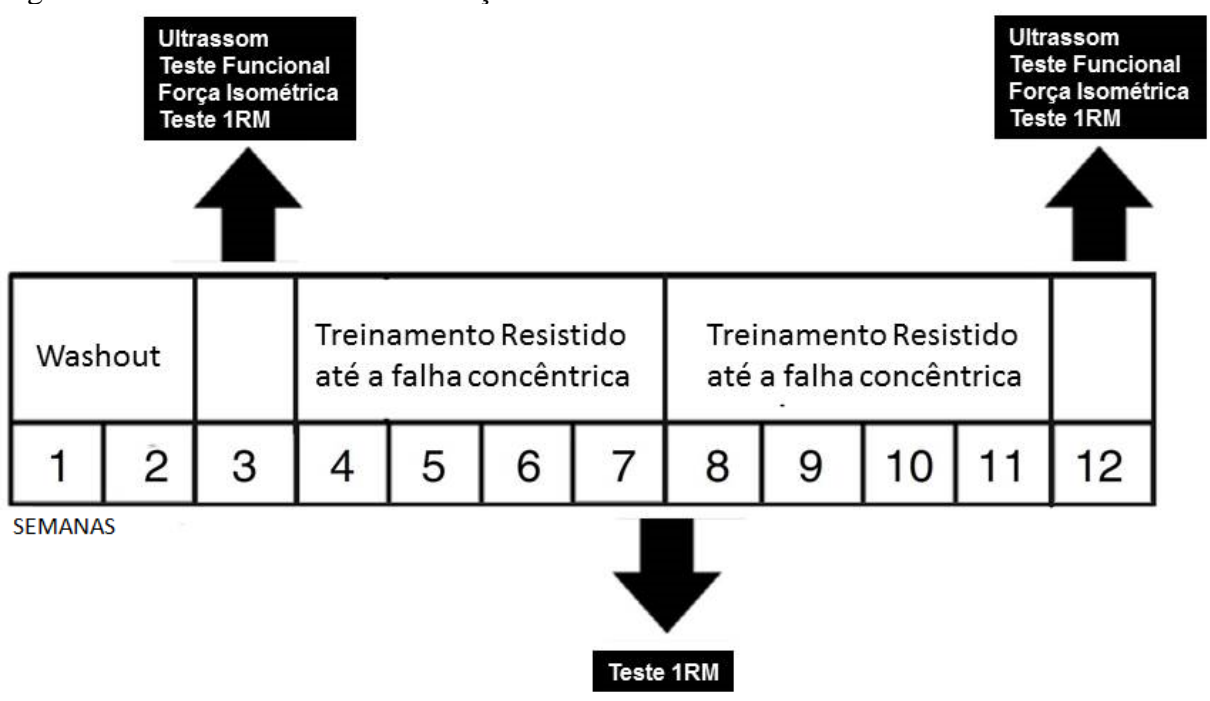
2.2.4 Randomização:

Os participantes foram randomizados por meio da abertura de envelopes pardos confeccionados e lacrados pelo serviço de estatística da Universidade Vale do Rio Verde – UNINCOR, não sendo de conhecimento dos participantes nem do pesquisador a qual grupo de estudo pertenceria: 1º grupo submetido um protocolo de treinamento resistido até a falha concêntrica com carga de 40%RM (G40); 2º grupo submetido um protocolo de treinamento resistido até a falha concêntrica com carga de 80%RM (G80) e 3º grupo não submetido a qualquer forma de intervenção – grupo controle (GC).

2.2.5 Delineamento experimental:

Antes de iniciar o período de avaliações, os participantes passaram por duas semanas de “washout” garantindo que nenhuma patologia ou fadiga crônica associada ao treinamento pudesse alterar os resultados do estudo. Ao final deste período eles foram apresentados ao acompanhamento e aconselhamento de um nutricionista. Durante todo o período de estudos a alimentação dos participantes foi reportada semanalmente ao nutricionista para controle metabólico e consonância com o esforço realizado. Após este período os participantes foram submetidos à 3 (três avaliações). A primeira foi realizada antes de aplicar a intervenção, a segunda após 12 sessões de treinamento (4 semanas) para reavaliação do teste de RM para ajustar a carga de treinamento e a terceira ao final da intervenção (8 semanas) (FIGURA 1).

Figura 1 - Delineamento das intervenções



Fonte: do autor

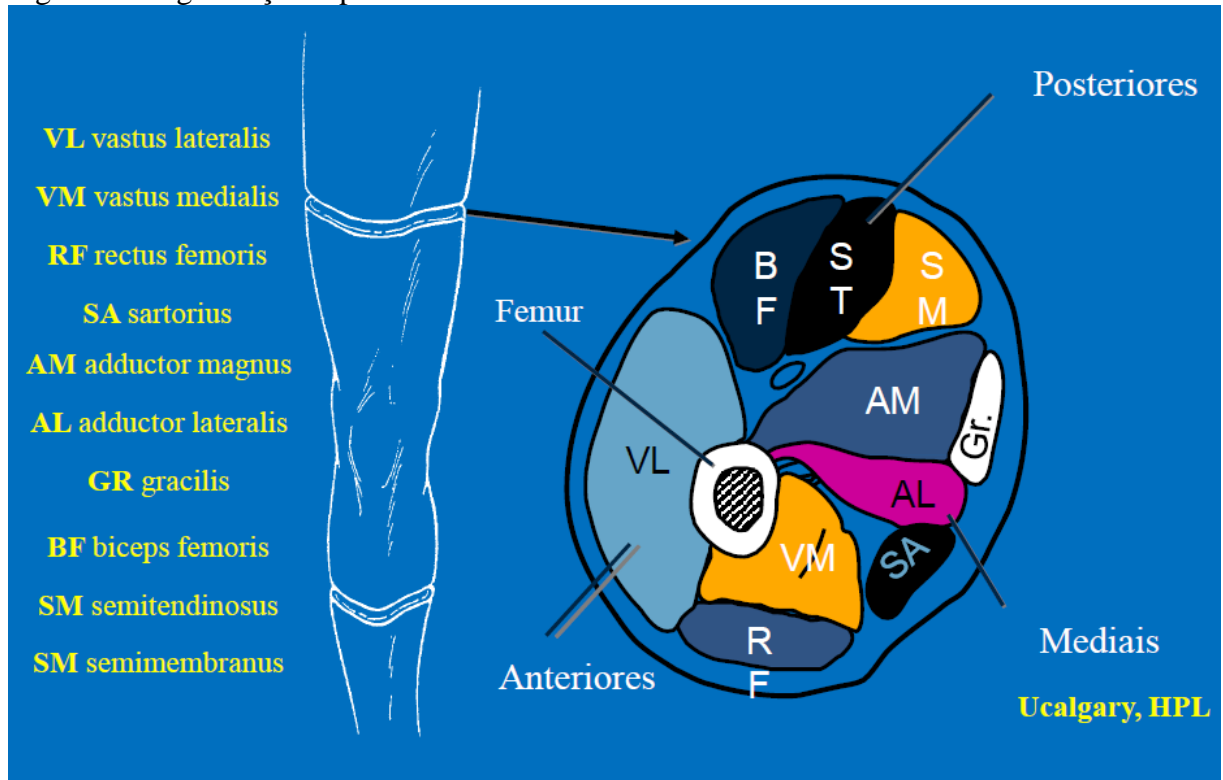
Foram coletadas as variáveis descritas abaixo: espessura muscular do vasto lateral através da utilização de ultrassom seguido de avaliação dos testes de desempenho funcional e salto vertical.

2.2.5.1 Espessura muscular:

Esta variável foi mensurada por um equipamento de ultrassom portátil BodyMetrix BX200®. A escolha do músculo vasto lateral se deu por conta de sua anatomia, impedindo interferências de outros músculos ou estruturas durante a leitura do ultrassom (FIGURA 2).

Esta coleta foi realizada de forma padronizada no membro inferior direito. As avaliações foram realizadas na Clínica de Avaliação Física e Nutricional da Universidade Vale do Rio Verde – UNINCOR por um pesquisador aprovado, licenciado e treinado pela BodyMetrix Brasil®, sendo o avaliador cegado quanto ao grupo a que pertence o participante.

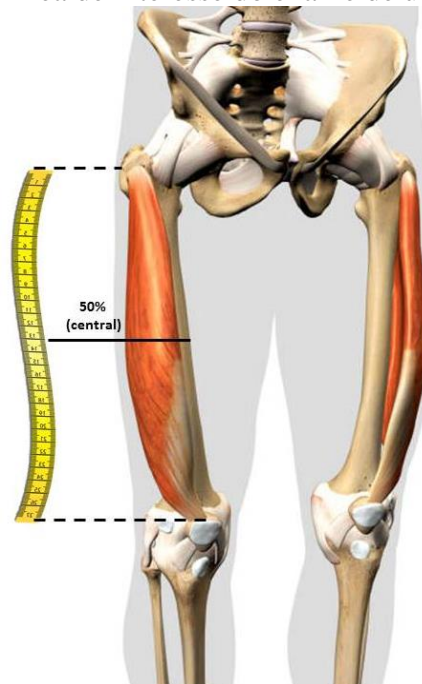
Figura 2 - Organização espacial dos músculos da coxa



Fonte: Human Performance Lab - Faculty of Kinesiology

Antes da obtenção da imagem, os participantes foram posicionados em decúbito dorsal por 20 (vinte) minutos para que mudanças hídricas teciduais ocorressem previamente à obtenção das imagens. O transdutor foi colocado perpendicularmente ao músculo de interesse, localizado a 50% da distância entre o trocanter maior e a face superior da patela (VAROVIĆ *et al.*, 2021) (FIGURA 3), sendo determinado por um traço feito com caneta demográfica de alta fixação. O gel de ecogênico foi aplicado em abundância para minimizar a distorção gerada pelos tecidos subjacentes (ANNETTA *et al.*, 2017).

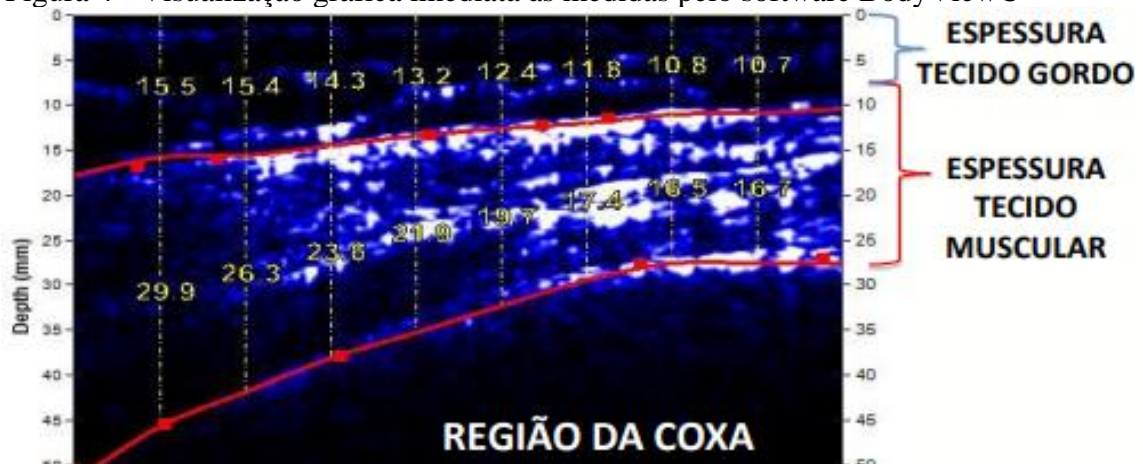
Figura 3 - Área de interesse do exame de ultrassonografia



Fonte: www.istockphoto.com (adaptado)

A medida da espessura muscular foi medida entre a espessura de gordura e o osso (CHAPMAN *et al.*, 2008; CHEN *et al.*, 2009) e determinada pela média (mm) da espessura de três imagens realizadas no músculo vasto lateral. Este método determinou a espessura do músculo avaliado (FIGURA 4).

Figura 4 - Visualização gráfica imediata às medidas pelo software BodyView®



Fonte: autor

2.2.5.2 Desempenho funcional e salto:

O teste de desempenho funcional – distância alcançada foi avaliado por meio dos testes funcionais descritos a seguir (BALDON *et al.*, 2012):

- *Single Hop Test*: os participantes foram testados em uma área plana previamente demarcada em 6 metros e 15 centímetros de largura perpendicular a um ponto de partida. A extremidade anterior do pé direito dos participantes foi posicionada sobre a primeira marcação para iniciar o teste. Os participantes foram informados sobre o procedimento do salto e solicitados a saltar a maior distância possível com cada membro inferior. Eles foram orientados que poderiam utilizar os membros superiores (MMSS) para auxiliar na impulsão. Após a aterrissagem, foram orientados a permanecer com o pé no local da queda. A distância do ponto mais posterior do calcanhar até a primeira marcação foi medida com a fita milimétrica e considerada como a distância obtida no salto.

Os saltos foram executados por três vezes com cada membro inferior. O procedimento foi então reproduzido para o membro inferior esquerdo. O melhor salto com cada membro foi utilizado para fins estatísticos.

- *Triple Hop Test*: os participantes foram instruídos a executar três saltos consecutivos máximos com um dos membros inferiores, primeiro com o membro dominante seguido pelo membro não dominante, e manter o equilíbrio na última aterrissagem por pelo menos dois segundos antes de colocar o membro contralateral no solo. Os padrões utilizados para mensuração foram os mesmos do *Single Hop Test*.

- *Vertical Jump Test*: os participantes se posicionaram ao lado de uma superfície graduada, e com o braço estendido acima da cabeça, o mais alto possível, mantendo as plantas dos pés em contato com o solo. Foi feita uma marca com os dedos, na posição mais alta que conseguiram atingir. Para facilitar a leitura, os dedos do participante foram sujos com pó de giz. O teste consistiu em saltar o mais alto possível, sendo facultado ao testando, o flexionamento de quadril e joelhos e o balanço dos braços para a execução do salto. O resultado do teste foi dado pela diferença dos registros, antes e após a execução do salto.

2.2.5.3 Avaliação da força de contração isométrica voluntária máxima (CIVM):

A força isométrica dos músculos extensores e flexores de joelho foi avaliada por meio do dinamômetro portátil de tração E-sport SE (tecnologia BR 10201400007232-2 licenciada para E-sport Soluções Esportivas Ltda. de titularidade da FUB/UnB, fabricado no Brasil (Brasília/DF), composto por uma célula de carga de tração com capacidade máxima de 200 kg de força e manilhas de acoplagem em inox posicionada junto à cadeira extensora. Antes da avaliação os participantes foram submetidos a uma etapa de preparação por meio de uma atividade aeróbia em esteira elétrica (Moviment LX 160) durante 5 minutos, com intensidade correspondente a 65% da frequência cardíaca (FC).

Para a averiguação da força isométrica dos músculos extensores de joelho, o participante assumiu a postura sentada e tronco ereto. O tronco foi fixado por tiras de velcro de forma cruzada (MCLELAND *et al.*, 2016). Em seguida, o participante foi posicionado em decúbito ventral para avaliação de força isométrica de isquiotibiais, sendo o membro inferior a ser avaliado posicionado na região distal da alavanca de tração, com 70° de flexão de joelho. Essa angulação foi apurada pela goniometria dos joelhos (EL-ASHKER *et al.*, 2015; HUANG *et al.*, 2017).

O protocolo de avaliação consistiu em três contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) de 5 segundos de duração, com um intervalo de recuperação de 2 minutos no membro direito. Durante a avaliação o pesquisador incluiu instruções verbais e padronizadas: a) para início do teste: "1,2,3, já"; b) durante o teste; "força, força, força, continua, força, força, força", sendo estimulado a manter a força isométrica máxima; e ao final do teste orientado ao relaxamento do membro (PEEK *et al.*, 2018).

2.2.5.4 Teste de força dinâmica máxima (1RM):

Foi realizado seguindo os procedimentos propostos pela Sociedade Americana de Fisiologistas do Exercício (BROWN; WEIR, 2001). Um aquecimento específico foi composto de uma série de cinco repetições com aproximadamente 50% 1RM (estimado na sessão de familiarização) e uma série de três repetições com aproximadamente 70% 1RM. Um intervalo de dois minutos entre as séries foi adotado. Três minutos após o término do aquecimento, foi iniciado o teste de 1RM. A força dinâmica máxima foi determinada no máximo em cinco tentativas com três minutos de intervalo entre elas. Foram avaliados os exercícios nos aparelhos *Leg Press*, cadeira extensora e mesa flexora. Os participantes foram encorajados verbalmente durante a realização das tentativas.

Setenta e duas horas depois da primeira avaliação, um novo teste de 1RM foi realizado. Se os valores de RM apresentassem uma diferença maior que 5% em relação ao teste anterior, um novo teste era realizado depois de 72h (LEVINGER *et al.*, 2009).

Depois de quatro semanas de treinamento, o teste de força dinâmica máxima foi reavaliado para ajustar a intensidade de carga e ao final das oito semanas de intervenção o teste foi novamente realizado para comparar o efeito do protocolo de treinamento.

2.2.5.5 Intervenção:

Previamente a intervenção, foi realizada uma familiarização com os protocolos de treinamento resistido até a falha concêntrica (TFC) (i.e., TFC com 40%RM e o TFC com

80%RM) e com o teste de avaliação de força muscular isométrica máxima (1RM).

O programa de treinamento foi composto por oito semanas totalizando 24 sessões (três sessões por semana).

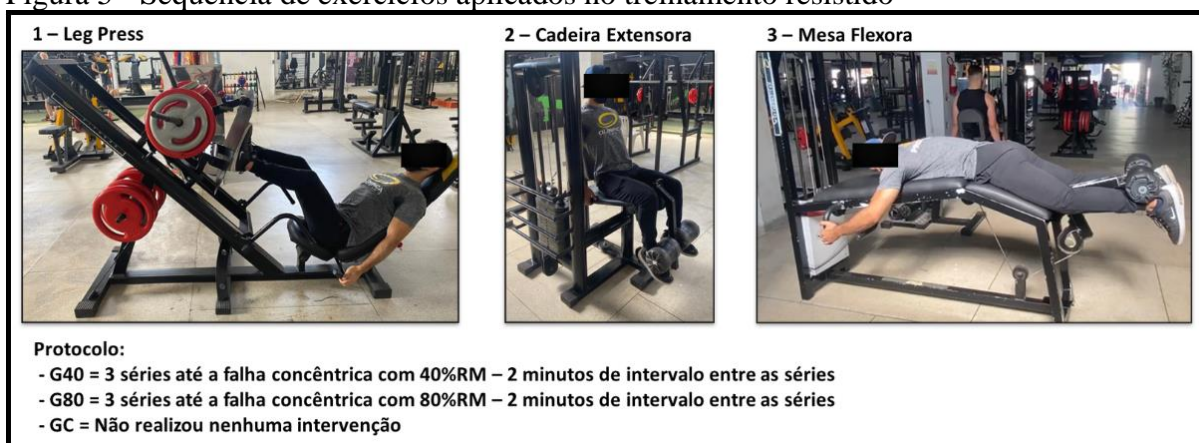
As sessões foram realizadas com intervalo mínimo de 48 horas entre as mesmas. Foi determinada a realização de três séries de cada exercício com intervalo de recuperação entre séries de 2 minutos. O ritmo de execução das séries em ambos os grupos foi controlado por um metrônomo, estabelecendo-se um tempo de dois segundos para cada uma das fases, excêntrica e concêntrica (D'ASSUNÇÃO, 2007), permitindo um controle mais rigoroso da intensidade dos exercícios (ACSM, 2009).

Antes da execução de cada exercício foi fornecido ao indivíduo orientação verbal padronizada sobre a realização das repetições até não conseguir mais vencer a resistência devido a fadiga ou por interrupção do profissional. A ordem de execução do treinamento foi *Leg Press*, cadeira extensora e mesa flexora (FIGURA 5).

A falha concêntrica foi estabelecida pelo momento em que os participantes fossem incapazes de realizar uma ação concêntrica na amplitude de movimento previamente padronizada (GRGIC *et al.*, 2022; SALLES, 2020).

Uma consideração metodológica importante deste estudo é que, assim como outros estudos (KRAMER *et al.*, 1997; PAREJA-BLANCO *et al.*, 2017; SAMPSON; GROELLER, 2016) não houve equalização do volume total de treinamento. A importância de se equalizar o volume de treino se dá pelo fato de haver uma relação de dose-resposta entre o volume de treino e a hipertrofia, havendo maiores ganhos quando este volume for maior (SCHOENFELD, 2017). Porém, o objetivo do nosso estudo não foi avaliar o volume, mas sim as diferentes intensidades de carga até a falha concêntrica. Realizações de repetições posteriores para equalização do volume total poderiam gerar um viés. Além disso, o controle do volume total pela fórmula tradicional (nº de séries x repetições x carga x frequência) se mostra complexo e com baixa aplicação prática para não cientistas (SALLES, 2020). Essa metodologia permite a liberdade de prescrever exercícios com base em um paradigma mais eficiente em termos de tempo e esforço, em oposição à carga/volume/repetições, como tem sido tipicamente sugerido (FISHER; STEELE; SMITH, 2022).

Figura 5 - Sequência de exercícios aplicados no treinamento resistido



Fonte: Autor

2.2.5.6 Análise estatística de dados:

Os dados demográficos dos participantes foram organizados e analisados em computador pessoal usando programa de planilhas eletrônicas (Microsoft Excel 2016) e de análise estatística (GraphPad-Prism 5.01).

Para a estatística descritiva foi utilizada a média e o desvio padrão. Para testar a normalidade da amostra, utilizou-se o Teste de Kolmogorov Smirnov, sendo considerado o nível de significância de 5%.

Uma vez determinada a normalidade dos dados, foi utilizada uma Anova *One-way* para comparação entre os grupos utilizando o valor de delta (Δ) obtido da comparação entre os valores pré e pós-treinamento (onde valor pós – valor pré = valor delta).

Quando encontrado valores significantes, o teste *post-hoc* de Tukey foi utilizado para comparações múltiplas.

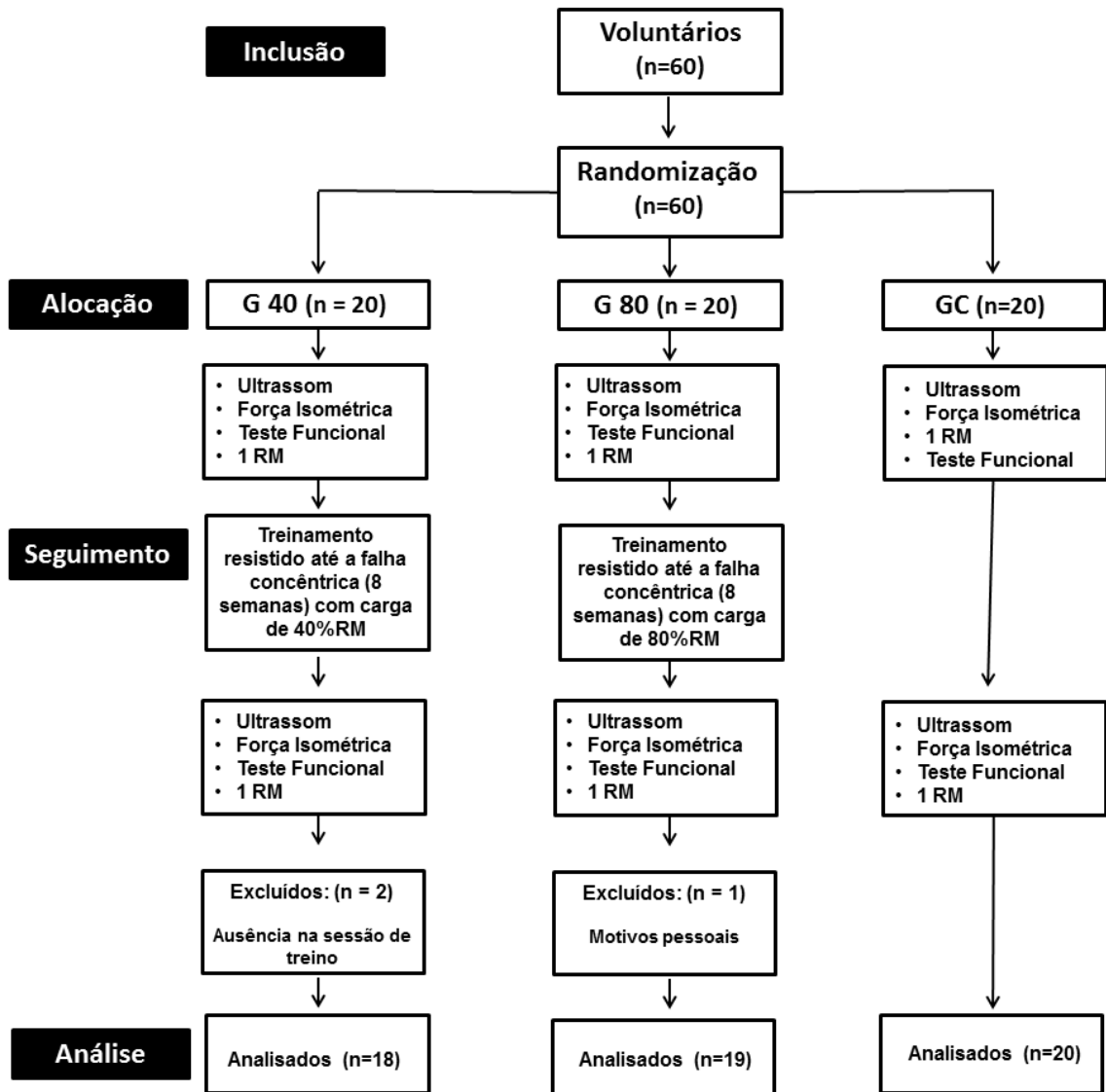
O tamanho do efeito (ES) foi calculado por meio do índice de Cohen d obtido por meio do software G * Power 3.1.7, sendo estabelecidos os seguintes parâmetros: “trivial” (ES < 0,2), “pequeno” (ES > 0,2), “moderado” (ES > 0,5) ou “grande” (ES > 0,8).

Foi estabelecido um nível de significância de $\alpha < 0,05$ para todas as avaliações.

2.3 RESULTADOS

Iniciaram o estudo 60 (sessenta) participantes. Três participantes não completaram todas as sessões de treino ou desistiram por razões pessoais. Cinquenta e sete participantes completaram o estudo, tendo estes, atendido aos critérios de inclusão previamente estabelecidos na composição da amostra. A figura 6 mostra o fluxograma segundo as normas CONSORT (MARTINS *et al.*, 2009).

Figura 6 - Fluxograma



Fonte: Do autor

Após a coleta de dados foram aplicados os questionários sociodemográficos (APÊNDICE A) e do PAR-Q (APÊNDICE B), quando foram categorizados os critérios de inclusão e exclusão. Em seguida foram realizadas as medidas para caracterização da amostra por meio da avaliação antropométrica e de composição corporal realizados na Clínica de Avaliação Física e Nutricional da Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR (TABELA 1).

Tabela 1 - Caracterização da Amostra (n=57)

	G40 n = 18 (média± desvio- padrão)	G80 n = 19 (média± desvio- padrão)	GC n = 20 (média± desvio- padrão)	p*
Idade (anos)	21,44±2,12	22,15±2,50	21,45±2,50	0,70
Massa corporal (kg)	67,04±6,85	70,78±8,95	71,97±7,97	0,54
Estatura (cm)	176,38±6,97	178,21±5,40	175,30±6,18	0,14
IMC (kg/m²)	21,64±2,72	22,30±2,78	23,52±3,16	0,47
Composição corporal (% gordura)	12,05±2,94	12,57±2,45	14,25±2,35	0,61
Tempo de treinamento (meses)	16,72±3,80	17,42±3,22	15,30±2,61	0,29

Fonte: Do autor.

Legenda: Grupo experimental com carga de 40% RM (G40);

Grupo experimental com carga de 80% RM (G80);

Grupo controle (GC);

Índice de Massa Corporal (IMC).

Nota: Comparação pelo teste *post hoc* Tukey;

Os dados da espessura muscular obtidas por meio da ultrassonografia do músculo vasto lateral são apresentados na tabela 2. De acordo com os resultados obtidos foi observado que houve aumento na espessura muscular em ambos os grupos de intervenção: G40 ($\Delta = 0,73\text{mm}$) e G80 ($\Delta=0,56\text{mm}$) e diminuição da espessura no GC ($\Delta=-0,33\text{mm}$). Quando comparado ao GC, tanto o G40 quanto o G80 apresentam diferenças significativas. Quando comparados entre si, o G40 e o G80 não apresentam diferenças estatísticas.

Tabela 2 - Comparação para espessura muscular do vasto lateral (mm)

	GRUPOS	PRÉ	PÓS	Δ	ES(d)	Valor p	ANOVA
Espessura muscular do Vasto Lateral	G40 ^a	42,81±2,33	43,55±2,34	0,73	0,31	0,0001*	
	G80 ^b	42,31±6,66	42,87±6,61	0,56	0,08	0,0001*	0,001*
	GC ^{a,b}	41,89±6,17	41,22±6,16	-0,67	0,10	0,0001*	

Fonte: Do autor.

Legenda: Grupo experimental com carga de 40%RM (G40);

Grupo experimental com carga de 80%RM (G80);

Grupo Controle (GC);

Tamanho do efeito (ES (d)).

Nota: Valores são apresentados em média ± desvio-padrão; O valor de Δ = valor pós – valor pré;

Diferença significativa na comparação intergrupos pelo valor de Δ . $p < 0,05$;

Comparação pelo *post hoc* de Tukey após ANOVA.

Os valores para contração isométrica voluntária máxima do movimento de extensão e flexão de joelho são apresentados na tabela abaixo (TABELA 3). No movimento de extensão de joelho são observados ganhos de força nos grupos intervenção G40 ($\Delta=5,82\text{kg}$) e G80 ($\Delta=8,37\text{kg}$). Ambos os grupos apresentam diferenças significativas em relação ao GC. Podemos observar que no GC houve uma diminuição da força isométrica voluntária máxima ($\Delta=-0,015\text{kg}$). Já os resultados do teste de força isométrica máxima para flexão de joelho não apresentaram diferença significativa entre os três grupos.

Tabela 3 - Contração isométrica voluntária máxima (kg)

	GRUPOS	PRÉ	PÓS	Δ	ES(d)	Valor p	ANOVA
Extensão de joelho	G40 ^a	58,57±20,90	64,40±22,83	5,83	0,26	0,0002*	0.0001*
	G80 ^b	44,20±20,71	52,57±21,73	8,37	0,39	0,0002*	
	GC ^{a,b}	62,00±10,41	62,02±21,81	-0,02	0,001	0,1903	
Flexão de joelho	G40	28,50±6,09	29,16±6,11	0,66	0,10	0,0003*	0.1251
	G80	29,28±8,14	30,11±7,96	0,83	0,10	0,0001*	
	GC	35,41±8,71	35,37±8,31	-0,04	0,004	0,3803	

Fonte: Do autor.

Legenda: Grupo experimental com carga de 40%RM (G40);

Grupo experimental com carga de 80%RM (G80);

Grupo Controle (GC);

Tamanho do efeito (ES (d)).

Nota: Valores são apresentados em média \pm desvio-padrão;

O valor de Δ = valor pós – valor pré.

Diferença significativa na comparação intergrupos pelo valor de Δ . $p < 0,05$ (*);

Comparação pelo *post hoc de Tukey* após ANOVA.

Os resultados obtidos no teste de força dinâmica máxima (1RM) são apresentados na tabela 4. Ao analisarmos os valores Δ entre os grupos nos exercícios de *Leg Press* percebemos que os valores do grupo G40 ($\Delta=27,97\text{kg}$) e G80 ($\Delta=65,42\text{kg}$) apresentaram ganhos em relação ao teste de força muscular dinâmica (1RM), porém, sem apresentar diferenças significativas entre si. Quando comparados ao GC, ambos apresentaram diferenças significativas. Os resultados do GC apresentaram diminuição da força muscular após a reavaliação ($\Delta=-20,55\text{kg}$).

Os resultados de força dinâmica máxima para os exercícios de cadeira extensora mostram que houve aumento nos valores de força muscular dinâmica para o exercício de cadeira extensora tanto para o G40 ($\Delta=8,91\text{kg}$) e G80 ($\Delta=13,52\text{kg}$) e diminuição para o GC ($\Delta=-1,35\text{kg}$). Os grupos G40 e G80 diferenciam estatisticamente do GC, mas não entre si.

Na comparação do delta entre a avaliação de força muscular dinâmica do exercício mesa flexora foram apresentadas melhoras na força dinâmica em ambos os grupos de intervenção. Os grupos G40 ($\Delta=3,88\text{kg}$) e G80 ($\Delta=7,89\text{kg}$) apresentaram valores positivos para aumento de força muscular enquanto o GC ($\Delta=-3,3\text{kg}$) apresentou perda de força referente aos valores observados. Os grupos G40 e G80 apresentam diferenças significativas em relação ao GC, porém, sem diferenças entre si.

Tabela 4 – Força dinâmica máxima (kg)

EXERCÍCIO	GRUPOS	PRÉ	PÓS	Δ	ES(d)	Valor p	ANOVA
Leg Press	G40 ^a	296,66±29,81	317,83±27,90	27,17	0,73	0,0030*	
	G80 ^b	254,63±40,40	320,05±28,33	65,42	0,87	0,0001*	0,0001 [€]
	GC ^{a,b}	267,65±36,47	247,10±43,94	-20,55	0,50	0,0010*	
Cadeira Extensora	G40 ^a	60,11±5,80	69,02±4,17	8,91	0,66	0,0003*	
	G80 ^b	68,68±9,94	81,42±7,66	12,74	0,58	0,0001*	0,0001 [¥]
	GC ^{a,b}	67,15±10,64	65,8±11,20	-1,35	0,12	0,1903	
Mesa Flexora	G40 ^a	42,50±6,99	46,38±9,39	3,88	0,46	0,0002*	
	G80 ^b	37,78±6,67	45,68±9,23	7,89	0,98	0,0002*	0,0001 [‡]
	GC ^{a,b}	38,55±5,44	35,25±4,39	-3,3	0,66	0,0001*	

Fonte: Do autor.

Legenda: Grupo experimental com carga de 40%RM (G40);

Grupo experimental com carga de 80%RM (G80);

Grupo Controle (GC);

Tamanho do efeito (ES (d)).

Nota: Valores são apresentados em média ± desvio-padrão;

O valor de Δ = valor pós – valor pré.

Diferença significativa na comparação intergrupos pelo valor de Δ . $p < 0,05$ (*);

Diferença significativa na comparação intragrupos pelo valor de Δ . $p < 0,05$ ([€], [¥], [‡]);

Comparação pelo *post hoc de Tukey* após ANOVA.

Os testes de desempenho funcional – distância alcançada são apresentados na tabela 5. No *Single Hop Test* houve diferença significativa entre os valores do G80 ($\Delta=0,23$ cm) com ambos os grupos G40 ($\Delta=0,08$ cm) e GC ($\Delta=-0,01$ cm). Porém, não houve diferença significativa entre o G40 e o GC mesmo o GC apresentando valores negativos.

Para o *Triple Hop Test* o comportamento dos dados mantém a tendência do *Single Hop Test*: houve diferença significativa entre os valores do G80 ($\Delta=3,475$ cm) com ambos os grupos G40 ($\Delta=2,05$ cm) e GC ($\Delta=-1,74$ cm). Porém, não houve diferença significativa entre o G40 e o GC, mesmo o GC apresentando valores negativos.

No *Vertical Jump Test* os grupos intervenção G40 ($\Delta=2,05$ cm) e G80 ($\Delta=3,47$ cm) não apresentaram diferenças significativas entre si, mas ambos apresentaram diferenças para o GC ($\Delta=-1,74$ cm).

Tabela 5 - Desempenho funcional – distância alcançada (cm)

	GRUPOS	PRÉ	PÓS	Δ	ES(d)	Valor p	ANOVA
Single Hop Test	G40 ^{a, b}	0,76±0,92	0,85±0,16	0,09	0,13	0,0061*	0,0001 [€]
	G80 ^a	0,86±0,16	1,10±0,16	0,24	0,60	0,0001*	
	GC ^b	0,79±0,14	0,78±0,20	-0,01	0,05	0,5252	
Triple Hop Test	G40 ^{a, b}	4,86±0,36	5,01±0,38	0,15	0,56	0,0004*	0,0001 [€]
	G80 ^a	5,07±0,60	5,50±0,51	0,43	0,77	0,0001*	
	GC ^b	4,93±0,46	4,88±0,51	-0,05	0,10	0,5199	
Vertical Jump	G40 ^a	44,39±5,22	46,44±5,84	2,05	0,37	0,0014*	0,0001 [€]
	G80 ^b	46,42±5,33	49,89±5,71	3,47	0,62	0,0002*	
	GC ^{a, b}	43,89±4,99	42,16±5,30	-1,73	0,33	0,0041*	

Fonte: Do autor.

Legenda: Grupo experimental com carga de 40%RM (G40);

Grupo experimental com carga de 80%RM (G80);

Grupo Controle (GC);

Tamanho do efeito (ES (d)).

Nota: Valores são apresentados em média ± desvio-padrão;

O valor de Δ = valor pós – valor pré.

Diferença significativa na comparação intergrupos pelo valor de Δ . $p < 0,05$ (*);

Diferença significativa na comparação intragrupos pelo valor de Δ . $p < 0,05$ ([€], [¥], [‡]);

Comparação pelo *post hoc de Tukey* após ANOVA.

2.4 DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados a discussão dos resultados alcançados.

2.4.1 Espessura muscular:

Classicamente, é recomendado que, para o desenvolvimento de hipertrofia muscular, sejam realizados exercícios com intensidades de carga mais elevadas (~80%RM) (GRGIC *et al.*, 2022).

A teoria que explica, em partes, a relação entre exercícios de alta intensidade de carga e o desenvolvimento da hipertrofia muscular seria a relação positiva entre o maior desenvolvimento de força muscular e, conseqüentemente, um maior recrutamento das fibras musculares (ALKNER *et al.*, 2000).

Porém, em nosso estudo foi possível comprovar que, após oito semanas de treinamento, tanto os exercícios realizados com intensidade de carga elevada (80%RM) quanto com cargas baixas (40%RM) promovem aumento da espessura muscular semelhante.

O mesmo não ocorreu com o grupo controle que não foi submetido a nenhuma

intervenção e houve diminuição da espessura muscular após a reavaliação em 8 semanas. Acreditamos que essa diminuição da espessura muscular possa ter ocorrido pela hipotrofia muscular ocasionada pelo desuso da musculatura esquelética e conseqüentemente aumento das vias de degradação de proteínas. Lembramos que os participantes, no momento da seleção da amostra eram todos fisicamente ativos. Esse dado se torna de fundamental relevância, afinal, quando o tamanho da fibra muscular é afetado, o indivíduo perde massa muscular e força e, conseqüentemente, capacidade funcional (ATHERTON *et al.*, 2016; RUDRAPPA *et al.*, 2016).

Com relação à similaridade entre os grupos intervenção com 40%RM e 80%RM, os resultados podem estar embasados na tese de que as unidades motoras são recrutadas de acordo com o princípio do tamanho das fibras musculares durante uma contração voluntária. Dessa forma, tanto os exercícios de alta intensidade quanto os de baixa intensidade realizados até a falha concêntrica, causariam um grau semelhante de fadiga e conseqüentemente na ativação máxima das fibras musculares (WERNBOM *et al.* 2009).

Burd *et al.* (2012) demonstraram que os exercícios de menor intensidade (30% RM) realizados até a falha foram igualmente eficazes na estimulação das taxas de síntese de proteína miofibrilar. Um dado interessante deste estudo é de que os exercícios realizados com 30%RM induziram um efeito mais duradouro da síntese de proteínas miofibrilar (21-24h) pós-exercício quando comparada ao treinamento com maior intensidade (80%). Os autores sustentam que volume total do treinamento seria uma variável de interesse quando se trata de hipertrofia muscular. Dessa forma, o treinamento resistido com baixa intensidade permite um maior número total de repetições a serem realizadas, o que é uma variável importante para sustentar a resposta e ainda eventualmente resulta no recrutamento total da unidade motora.

Outro estudo que investigou a relação hipertrofia muscular com treinamento com alta e baixa intensidades de carga foi o de Tanimoto *et al.* (2006). Neste estudo, vinte e quatro participantes sem experiência em treinamento físico foram divididos em três grupos (n=8 cada) e realizaram os seguintes regimes de exercícios de resistência: a) baixa intensidade (~50% RM) com lentidão movimento; b) alta intensidade (~80% RM) com velocidade normal (1 seg. para ações concêntricas e excêntricas, 1 seg. para relaxamento); c) baixa intensidade com velocidade normal. Cada sessão de exercícios composta por três séries foi realizada três vezes por semana durante 12 semanas. Tanto o treinamento com intensidade de carga baixa e cadência lenta quanto o treinamento de intensidade alta e cadência normal levaram a aumentos significativos na área transversal dos extensores de joelhos determinada com ressonância magnética.

Os resultados acima corroboram com os resultados encontrados no estudo de Mitchell *et al.* (2016). Neste estudo, os pesquisadores investigaram a intensidade de carga com 30%RM e 80%RM. Após 10 semanas de intervenção houve aumento do volume muscular do vasto lateral avaliado por meio de ressonância magnética em todos os grupos.

Em uma metanálise, Lixandrão *et al.* (2018) compararam o efeito do treinamento com cargas altas *versus* baixa. Para seu estudo foram consideradas cargas altas os valores de RM acima de 65%. O estudo concluiu que, para os ganhos de hipertrofia, as duas intensidades de cargas são similares. Quando se avaliou o ganho de força máxima, o treinamento com cargas de intensidade alta foi considerado mais eficaz.

Um estudo interessante foi o realizado por Schoenfeld *et al.* (2016). Eles avaliaram jovens de 18 a 35 anos em treinamento até a falha concêntrica com intensidades de cargas altas (8 a 12 repetições) e baixas (25 a 35 repetições). Os participantes realizaram 3 séries até a falha concêntrica, sendo que em um dos grupos a falha deveria ocorrer entre a 8 e 12ª repetição e no outro a falha deveria ocorrer entre a 25 e 35ª repetição, sempre ajustando o volume de forma que a falha concêntrica ocorresse dentro da margem de movimentos correspondentes aos seus protocolos de treinamento. Os pesquisadores acreditam que esse maior volume de treinamento realizado pelo grupo com carga baixa possa ter ocorrido por causa da capacidade de tamponamento, aumentando à resistência a fadiga e consequentemente, favorecendo a hipertrofia muscular.

Suga *et al.* (2012) e Takada *et al.* (2012) tentaram elucidar os mecanismos que podem potencializar o aumento hipertrófico muscular em exercícios com intensidades de cargas baixas relacionando ao acúmulo de íons de H^+ . Esse acúmulo inibiria a contratilidade muscular e por consequência possibilitaria o recrutamento de unidades motoras adicionais (DEBOLD, 2012; SCHOENFELD, 2013; TAKARADA *et al.*, 2000). Esse acúmulo de metabólitos, como consequência queda do pH (SUGA *et al.*, 2012; TAKADA *et al.*, 2012) forneceria um estresse metabólico local induzindo um potencial crescimento muscular independente da intensidade do exercício.

Além do acúmulo de íons de H^+ , outros mecanismos ligados ao aumento desse estresse metabólico poderiam contribuir para as respostas de crescimento do volume muscular. Dentre eles podemos citar:

- o aumento do número de radicais livres induziria ao recrutamento de mais fibras musculares (SCHOENFELD, 2013);
- resposta aguda hormonal: o exercício induz a produção de picos de hormônios anabólicos como (IGF-1) fator de crescimento similar a insulina-1, (GH) hormônio do

crescimento e testosterona que estão associados à hipertrofia muscular (AHTIAINEN *et al.*, 2005; SCHOENFELD, 2013).

- aumento da concentração de citocinas como a interleucina-6, sugerida como sinalizadora de células satélites, e relacionada a diminuição de citocinas catabólicas (SERRANO *et al.*, 2008).
- o acúmulo de água intracelular resultante de uma maior atividade metabólica pode gerar uma pressão sobre a membrana plasmática e ser percebida como uma ameaça à integridade celular. Como consequência há uma maior proliferação de células satélites e como consequência maior hipertrofia muscular (SCHOENFELD, 2013).
- acúmulo de lactato: evidências apontam que o lactato é um metabólito com grande capacidade anabólica (NALBANDIAN; TAKEDA, 2016). Porém, esta teoria ainda é embasada em testes em modelo animal. Acredita-se também que o acúmulo de lactato aumenta a produção de folistatina e como consequência inibição da miostatina que é conhecida como um inibidor do crescimento muscular (DANKEL *et al.*, 2017).

Schoenfeld *et al.* (2019) realizaram uma metanálise e, por meio de comparação de vários estudos pode-se concluir o treinamento resistido em intensidade de cargas altas e baixas, geram ganhos de hipertrofia semelhantes. No entanto, para o ganho de força máxima, os treinos com intensidade de cargas mais pesadas são mais responsivos.

São poucos os estudos que apresentam respostas inferiores em ganho de massa muscular ao utilizar intensidade de cargas baixas (CAMPOS *et al.*, 2002; HOLM *et al.*, 2008; SCHUENKE *et al.*, 2012).

A perspectiva fornecida pelo nosso estudo destaca que o treinamento resistido até a falha concêntrica pode ser eficaz no aumento da hipertrofia mediado pelo treinamento tanto de alta, quanto de baixa intensidade de carga. O aumento da massa muscular traz benefícios importantes do ponto de vista da saúde pública (BURD *et al.*, 2012), como por exemplo, contribuir para o gasto calórico diário; controle glicêmico e, portanto, provavelmente desempenhará um papel na redução do risco de desenvolvimento de diabetes tipo II, além de contribuir para o combate a trinta e dois tipos de doenças crônicas não transmissíveis (BOOTH *et al.*, 2017).

Uma vez que os resultados relacionados ao aumento da hipertrofia muscular são semelhantes entre os diferentes tipos de intensidade, podemos destacar que os treinos com baixa intensidade podem ser uma estratégia interessante na prática diária, uma vez que em treinos com cargas elevadas (acima de 70%RM) a possibilidade de perder a postura,

prejudicando a biomecânica do movimento, e gerar lesões é muito alta (ECHES *et al.*, 2013).

Cabe ressaltar que, um importante componente em nosso estudo, diferentemente dos estudos citados anteriormente, foi a inclusão do grupo controle (GC). O GC não realizou nenhuma intervenção durante o período de estudos, interrompendo o seu treinamento. Dessa forma, foi possível investigar os efeitos da interrupção do treinamento, também chamada de *destreino*. Em nosso estudo, houve diminuição da espessura muscular ($\Delta = -0.33\text{mm}$) do vasto lateral entre o período pré e pós-intervenção do GC. Tal dado se mostra de fundamental importância, uma vez que a perda de massa muscular leva a uma série de alterações e déficits funcionais e orgânicos, dentre os quais se destaca: o declínio da força muscular, diminuição da atividade mioelétrica, déficit de coordenação motora e da capacidade de realização de atividades de vida diária e atividades laborais, redução da flexibilidade, diminuição da densidade capilar, diminuição da espessura muscular (CHAOUACHI *et al.*, 2018; FECHINE; TROMPIERI, 2012; MUJKA; PADILLA, 2000; ROSSI, 2008; UNICOVSKY, 2004; WATANABE; KOUZAKI; MORITANI, 2015).

Gondin *et al.* (2006) que investigaram o efeito do *destreino* sobre a secção transversa muscular. Os resultados apontam um declínio de 6,4% na área total da secção transversa do vasto lateral após quatro semanas de *destreino*. Ressaltamos que a musculatura do vasto lateral foi a mesma investigada em nosso estudo.

Os resultados se tornam ainda mais relevantes pois, o vasto lateral, mesmo sem treinamento, participa ativamente em tarefas diárias como na marcha e no equilíbrio estático do indivíduo (BIEWENER, 2016).

Dessa forma, podemos afirmar que a interrupção do treinamento, mesmo em períodos curtos, pode provocar alterações em diversas variáveis fisiológicas e morfológicas (SILVA, 2021).

Esses resultados reforçam a importância da adesão e da continuidade do treinamento resistido como uma forma de manutenção da saúde. Ressaltamos ainda que, após o período de estudos, foi disponibilizado aos participantes do GC a aplicação e acompanhamento dos protocolos de treinamento realizados neste estudo.

2.4.2 Força muscular (CIVM e dinâmica):

As principais adaptações decorrentes do treinamento resistido são o aumento da força e hipertrofia muscular. Essas adaptações podem ser potencializadas por meio da manipulação de diferentes variáveis do treinamento como número de séries e repetições, ordem dos exercícios, recuperação entre séries e intensidade de carga. Dessas variáveis, a mais estudada

tem sido a intensidade (RATAMESS *et al.*, 2009).

Em nosso estudo o objetivo foi verificar se a utilização de diferentes intensidades de carga poderia resultar em adaptações distintas em relação a força e hipertrofia muscular. Os resultados encontrados em nosso estudo vão de acordo com as recomendações atuais. Parece bem estabelecido na literatura que cargas baixas podem gerar aumento do volume muscular semelhante a cargas elevadas. Porém, quando avaliamos o aumento da força muscular, a intensidades mais elevadas estão relacionadas a maiores ganhos de força (MITCHELL *et al.*, 2012; OGASAWARA *et al.*, 2013; SCHOENFELD *et al.*, 2015).

Cabe ressaltar que, em nosso estudo, foi avaliada tanto a força dinâmica máxima por meio do teste de 1 RM quando da força isométrica voluntária máxima por meio da utilização de um dinamômetro de tração. Em todas as análises houve diferença significativa entre o grupo com intensidade elevada (G80) com os demais grupos. Com relação ao grupo que treinou com intensidade leve (G40), ao realizarmos uma análise intragrupo, observamos que houve um aumento da média da força muscular tanto para a avaliação isométrica ($p=0.003$) quanto para dinâmica (RM) para *Leg Press* ($p=0.030$), cadeira extensora ($p=0.0003$) e mesa flexora ($p=0.0002$). Já o grupo controle (GC) houve diminuição da força em ambas as avaliações.

Lasevicius *et al.* (2018) avaliaram quatro diferentes intensidades de carga: 20, 40, 60 e 80%RM. Em seu estudo a força muscular foi avaliada por meio do teste de 1RM. Assim como em nosso estudo, os maiores ganhos de força muscular foram para os grupos que realizaram o treinamento com intensidades de carga elevadas. O grupo com 60 e 80%RM demonstraram os maiores aumentos de força.

Outros estudos (PETERSON; RHEA; ALVAR, 2004; RHEA *et al.*, 2003) são consistentes em demonstrar que o aumento de força é maior quando se utiliza intensidades de carga acima de 60%RM. Os autores tentam elucidar que o aumento da força se relaciona com as adaptações neurais induzidas pelo treinamento resistido com maior recrutamento e sincronização de unidades motoras. Outra tese é que o treinamento resistido poderia melhorar a coordenação de co-ativação dos músculos agonistas-antagonistas (PATTEN; KAMEN; ROWLAND, 2001).

A teoria acima também está descrita em um estudo realizado por Schoenfeld *et al.* (2014). Neste estudo os autores executaram exercício até a falha concêntrica em uma série de *Leg press*, com 75%RM, depois um descanso de 15 segundos e logo após mais uma série até a falha concêntrica com 30%RM. Os resultados desses dois testes mostram que as cargas de 30%RM não ativaram o máximo de *pool* de unidade motora do quadríceps e dos isquiotibiais

durante o exercício. Os autores sugerem que cargas baixas geram menos ativação das fibras musculares, o que pode estar diretamente relacionado com o ganho de força.

2.4.3 Testes funcionais (distância alcançada):

Na revisão de literatura para este estudo não foram encontradas evidências que relacionassem os resultados dos *Hop Tests* e *Vertical Jump* com o treinamento resistido até a falha concêntrica.

Os *Hop Tests* foram inicialmente projetados para avaliar o desempenho funcional de uma extremidade lesada, no entanto, vários autores o utilizam também para avaliar indivíduos saudáveis e atletas (HAMILTON, 2008; MCGUINE, KEENE, 2006).

Os resultados do presente estudo demonstram que após um período de oito semanas de aplicação de treinamento resistido até a falha concêntrica foi possível identificar alterações significativas no grupo que realizou o treinamento com maior intensidade de carga (G80), tantos no *Single, Triple Hop Test* quanto no *Vertical Jump*.

Podemos observar que o melhor desempenho dos testes funcionais é do grupo que realizou o treinamento com maior intensidade de carga (G80). Acreditamos que estes resultados estejam relacionados ao aumento da força muscular induzido pelo treinamento até a falha concêntrica.

Segundo Augustsson *et al.*, 2006 nos testes funcionais de distância alcançada é preciso gerar força concêntrica na fase inicial (decolagem) e também é preciso força excêntrica, principalmente pelos músculos extensores do joelho) na fase final (recepção) do movimento.

Além do aumento da força muscular podemos relacionar a prática de exercícios com a promoção de adaptações morfológicas do fuso muscular e conseqüentemente uma melhor capacidade cinestésica (RIBEIRO; OLIVEIRA, 2007).

Cabe aqui ressaltar um estudo realizado por Hamilton *et al.*, (2008). Neste estudo os autores encontraram uma relação entre o desempenho funcional e a força muscular do quadríceps e isquiotibiais. Os atletas que apresentavam maior força muscular alcançavam as maiores distâncias nos testes.

Em relação ao salto vertical existem estudos que evidenciam que o treinamento resistido contribuiu para o aumento da força muscular e conseqüentemente para a realização de alcance mais altos na avaliação dos saltos (BAKER, 1996; STONE; PLISK; COLLINS, 2002).

Vários outros estudos evidenciam que o treinamento resistido é responsável pela melhora no salto vertical (BADILLO; AYESTARÁN, 2001; MARQUES; GONZÁLEZ-

BADILLO; 2008).

Através dos nossos resultados é possível estabelecer que o treinamento resistido até a falha concêntrica com maior intensidade de carga promoveu melhores desempenho nos testes funcionais de distância alcançadas. Porém, há a necessidade de mais estudos focando nos efeitos comparativos entre os *Hop Tests* e *Vertical Jump Test* com métodos utilizados no treinamento resistido até a falha concêntrica.

2.4.4 Limitações do estudo:

As limitações do estudo referem-se as variáveis que são de natureza incontrolável relacionada aos hábitos de vida de cada participante como situação psicológica momentânea, atividade laboral e a prática da atividade física como forma de lazer. O estado nutricional dos participantes também deve ser considerado como uma limitação do estudo, embora durante todo o estudo os participantes foram assistidos por um nutricionista em relação aos hábitos alimentares.

2.5 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo indicam que o treinamento resistido até a falha concêntrica realizado com altas ou baixas intensidades de carga geram ganhos de hipertrofia muscular semelhante. Já para o ganho de força máxima dinâmica (RM), isométrica e para os testes de desempenho funcional, as intensidades de cargas altas são mais eficazes quando comparada às intensidades de cargas baixas.

REFERÊNCIAS

- AHTIAINEN, Juha P. et al. Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, United States of America, v. 19, n. 3, p. 572-582, 2005.
- ALKNER, BJÖRN A.; TESCH, Per A.; BERG, HANS E. Quadriceps EMG/force relationship in knee extension and leg press. **Medicine and science in sports and exercise**, Indianapolis, United States of America, v. 32, n. 2, p. 459-463, 2000.
- ANNETTA, Maria Giuseppina et al. Ultrasound assessment of rectus femoris and anterior tibialis muscles in young trauma patients. **Annals of intensive care**, Bicêtre, France, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2017.
- ATHERTON, Philip J. et al. Control of skeletal muscle atrophy in response to disuse: clinical/preclinical contentions and fallacies of evidence. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, Rockville, United States of America, v. 27, n. 2, p. 285-292, 2016.
- AUGUSTSSON, J. et al. Single-leg hop testing following fatiguing exercise: reliability and biomechanical analysis. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, Helsinki, Finland, v. 16, n. 2, p. 111-120, 2006.
- BADILLO, Juan José González; AYESTARÁN, Esteban Gorostiaga. **Fundamentos do treinamento de força: aplicação ao alto rendimento desportivo**. Artmed, Porto Alegre, Brasil, 2001.
- BAKER, Daniel G. 10-year changes in upper body strength and power in elite professional rugby league players—The effect of training age, stage, and content. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, Colorado Springs, United States of America, v. 27, n. 2, p. 285-292, 2013.
- BALDON, R. de M. et al. Effect of functional stabilization training on lower limb biomechanics in women. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Indianapolis, United State of America, v. 44, n. 1, p. 135-45, 2012.
- BIEWENER, A. A. Locomotion as an emergent property of muscle contractile dynamics. **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, UK v. 219, n. 2, p. 285–294, 2016
- BOOTH, Frank W. et al. Role of inactivity in chronic diseases: evolutionary insight and pathophysiological mechanisms. **Physiological reviews**, Rockville, United States of America, v. 97, n. 4, p. 1351-1402, 2017.
- BROWN, Lee E.; WEIR, Joseph P. ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology Online**, Minnesota, United State of America, v. 4, n. 3, 2001.
- BURD, Nicholas A. et al. Bigger weights may not beget bigger muscles: evidence from acute muscle protein synthetic responses after resistance exercise. **Applied physiology, nutrition,**

and metabolism, Ottawa, Canada, v. 37, n. 3, p. 551-554, 2012.

CAMPOS, Gerson E. et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **European journal of applied physiology**, Heidelberg, Germany, v. 88, n. 1, p. 50-60, 2002.

CHAOUACHI, A.; BEN OTHMAN, A.; MAKHLOUF, I.; YOUNG, J. D.; GRANACHER, U.; BEHM, D. G. Global Training Effects of Trained and Untrained Muscles With Youth Can be Maintained During 4 Weeks of Detraining. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, United States of America, v. 33, n. 10, p. 2788-2800, 2018.

CHAPMAN, Dale W. et al. Comparison between old and young men for responses to fast velocity maximal lengthening contractions of the elbow flexors. **European journal of applied physiology**, Heidelberg, Germany, v. 104, n. 3, p. 531-539, 2008.

CHEN, Trevor C. et al. Muscle damage responses of the elbow flexors to four maximal eccentric exercise bouts performed every 4 weeks. **European journal of applied physiology**, Heidelberg, Germany, v. 106, n. 2, p. 267-275, 2009.

DANKEL, Scott J. et al. Frequency: the overlooked resistance training variable for inducing muscle hypertrophy?. **Sports Medicine**, Chicago, United States of America, v. 47, n. 5, p. 799-805, 2017.

D'ASSUNÇÃO, Welton et al. Respostas cardiovasculares agudas no treinamento de força conduzido em exercícios para grandes e pequenos grupamentos musculares. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, Brasil, v. 13, p. 118-122, 2007.

DEBOLD, Edward P. Recent insights into the molecular basis of muscular fatigue. **Medicine and science in sports and exercise**, Indianapolis, United States of America, v. 44, n. 8, p. 1440-1452, 2012.

ECHES, Erick Henrique Pereira et al. Desempenho motor em séries múltiplas até a falha concêntrica. **Motriz: Revista de Educação Física**, Rio Claro, SP, Brasil, v. 19, n. 3, p. 43-48, 2013.

EL-ASHKER, Said et al. Sex-related differences in joint-angle-specific functional hamstring-to-quadriceps strength ratios. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc**, Berlin, Germany, v.25, p. 949-957, 2015.

FACULTY OF KINESIOLOGY - Human Performance Laboratory [2022]. Disponível em: <https://kinesiology.ucalgary.ca/>. Acesso em: 2 fev. 2019.

FECHINE, Basílio Rommel Almeida; TROMPIERI, Nicolino. O processo de envelhecimento: as principais alterações que acontecem com o idoso com o passar dos anos. **International Science Place**, Campos dos Goytacazes-RJ – Brasil, v. 1, n. 20, p. 106-194, 2012.

FISHER, James P.; STEELE, James; SMITH, Dave. Intensity of effort and momentary failure in resistance training: Are we asking a binary question for a continuous variable?. **Journal of Sport and Health Science**, Shanghai, China, v. 11, n. 6, p. 644-647, 2022.

GONDIN, J.; GUETTE, M.; BALLAY, Y.; MARTIN, A. Neural and muscular changes to detraining after electrostimulation training. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, Germany, v. 97, n. 2, p. 165–173, 2006.

GRGIC, Jozo et al. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, Shanghai, China, v. 11, n. 2, p. 202-211, 2022.

HAMILTON, R. Tyler et al. Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. **Journal of athletic training**, Carrollton, United State of America, v. 43, n. 2, p. 144-151, 2008.

HOLM, Lars et al. Changes in muscle size and MHC composition in response to resistance exercise with heavy and light loading intensity. **Journal of applied physiology**, Rockville, United States of America, v. 105, n. 5, p. 1454-1461, 2008.

HUANG, Hongshi et al. Isokinetic angle-specific moments and ratios characterizing hamstring and quadriceps strength in anterior cruciate ligament deficient knees. **Scientific reports**, London, UK, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2017.

ISTOCKPHOTO LP. - [2022]. Disponibiliza banco de fotos, imagensvetores e vídeos. Disponível em: <https://www.istockphoto.com/br>. Acesso em: 2 fev. 2019.

KRAMER, James B. et al. Effects of single vs. multiple sets of weight training: impact of volume, intensity, and variation. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, United States of America, v. 11, n. 3, p. 143-147, 1997.

LASEVICIUS, Thiago et al. Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. **European journal of sport science**, Cologne, Germany, v. 18, n. 6, p. 772-780, 2018.

LEVINGER, Itamar et al. The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. **Journal of science and medicine in sport**, Melbourne, Australia, v. 12, n. 2, p. 310-316, 2009.

LIXANDRAO, Manoel E. et al. Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis. **Sports medicine**, Chicago, United States of America, v. 48, n. 2, p. 361-378, 2018.

MARQUES, Mário A. Cardoso; GONZÁLEZ-BADILLO, Juan J. O efeito do treino de força sobre o salto vertical em jogadores de basquetebol de 10-13 anos de idades. **Revista brasileira de ciência e movimento**, Taguatinga-DF, Brasil, v. 13, n. 3, p. 51-58, 2008.

MARTINS, Jaqueline; SOUSA, Letícia M.; OLIVEIRA, Anamaria Siriani. Recomendações do enunciado CONSORT para o relato de estudos clínicos controlados e randomizados. **Medicina (Ribeirão Preto)**, Ribeirão Preto, SP, Brasil, v. 42, n. 1, p. 9-21, 2009.

- MCGUINE, Timothy A.; KEENE, James S. The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. **The American journal of sports medicine**, Indianapolis, United State of America, v. 34, n. 7, p. 1103-1111, 2006.
- MCLELAND, Kathryn A. et al. Comparison of knee extension concentric fatigue between repetition ranges. **Isokinetics and Exercise Science**, Amsterand, Holanda, v. 24, n. 1, p. 33-38, 2016.
- MITCHELL, Cameron J. et al. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **Journal of applied physiology**, Rockville, United States of America, v. 113, n. 1, p. 71-77, 2012.
- MUJIKKA, I.; PADILLA, S. Detraining: Loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. **Sports Medicine**, Chicago, United States of America, v. 30, n. 3, p. 145–154, 2000.
- NALBANDIAN, Minas; TAKEDA, Masaki. Lactate as a signaling molecule that regulates exercise-induced adaptations. **Biology**, Basel, Switzerland, v. 5, n. 4, p. 38, 2016.
- OGASAWARA, Riki et al. Low-load bench press training to fatigue results in muscle hypertrophy similar to high-load bench press training. **International Journal of Clinical Medicine**, Seoul, Korea, v. 4, n. 02, p. 114-121, 2013.
- PAREJA-BLANCO, Fernando et al. Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, Helsinki, Finland, v. 27, n. 7, p. 724-735, 2017.
- PATTEN,Carolynn; KAMEN, Gary; ROWLAND, Daniel M. Adaptations in maximal motor unit discharge rate to strength training in young and older adults. **Muscle & Nerve**, Hershey, United State of America, v. 24, n. 4, p. 542-550, 2001.
- PEEK, Kerry et al. Muscle strength characteristics of the hamstrings and quadriceps in players from a high-level youth football (soccer) Academy. **Research in Sports Medicine**, London, UK, v. 26, n. 3, p. 276-288, 2018.
- PETERSON, Mark D.; RHEA, Matthew R.; ALVAR, Brent A. Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, United States of America, v. 18, n. 2, p. 377-382, 2004.
- POPOV, D. V. et al. Hormonal adaptation determines the increase in muscle mass and strength during low-intensity strength training without relaxation. **Human Physiology**, Moscow, Russia, v. 32, n. 5, p. 609-614, 2006.
- RATAMESS, Nicholas A. et al. The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, Germany, v. 100, n. 1, p. 1-17, 2009.
- RHEA, M. R. et al. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. **Medicine and science in sports and exercise**, Indianapolis, United States of America, v. 35,

n. 3, p. 456-464, 2003.

RIBEIRO, Fernando; OLIVEIRA, José. Aging effects on joint proprioception: the role of physical activity in proprioception preservation. **European Review of Aging and Physical Activity**, London, UK, v. 4, n. 2, p. 71, 2007.

ROSSI, Edison. Envelhecimento do sistema osteoarticular. **Einstein (São Paulo)**, São Paulo, SP, Brasil, p. S7-S12, 2008.

RUDRAPPA, Supreeth S. et al. Human skeletal muscle disuse atrophy: effects on muscle protein synthesis, breakdown, and insulin resistance—a qualitative review. **Frontiers in physiology**, Lausanne, Switzerland, v. 7, p.1-10, 2016.

SALLES, Belmiro F. et al. Effects of fixed vs. self-suggested rest between sets in upper and lower body exercises performance. **European journal of sport science**, Cologne, Germany, v. 16, n. 8, p. 927-931, 2016.

SALLES, Belmiro. F. (2020). Métodos de treino para Força e Hipertrofia: da prática à teoria. **Livro na Mão Editora**, Belo Horizonte-MG, Brasil, 2020.

SAMPSON, John Andrew; GROELLER, Herbert. Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength? **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, Helsinki, Finland, v. 26, n. 4, p. 375-383, 2016.

SANTAREM, Pedro Soares Mega. Efeito do uso de diferentes intensidades no treinamento resistido para ganhos de hipertrofia muscular: uma revisão narrativa. **Revista Unesp**, São Paulo, Brasil, v. 56, n. 7, p. 75-83, 2022

SCHOENFELD, B. Science and Development of Muscle Hypertrophy. 2. ed. New York: **Human Kinetics**, Illinois, United States of America, 2020.

SCHOENFELD, Brad J. et al Longer inter-set rest periods enhance muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men. **Journal of strength and conditioning research**, Colorado Springs, United States of America, v.30, p. 101, 107, 2015.

SCHOENFELD, Brad J. et al. Effects of low-vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, United States of America, . 29, n. 10, p. 2954-2963, 2015.

SCHOENFELD, Brad J. et al. Muscle activation during low-versus high-load resistance training in well-trained men. **European journal of applied physiology**, Heidelberg, Germany, v. 114, n. 12, p. 2491-2497, 2014.

SCHOENFELD, Brad J. et al. Upper body muscle activation during low-versus high-load resistance exercise in the bench press. **Isokinetics and Exercise Science**, Amsterdam, Holanda, v. 24, n. 3, p. 217-224, 2016.

SCHOENFELD, Brad J. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports medicine**, Chicago, United States of America, v. 43, n. 3, p. 179-194, 2013.

SCHOENFELD, Brad J.; GRGIC, Jozo; KRIEGER, James. How many times per week should a muscle be trained to maximize muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis of studies examining the effects of resistance training frequency. **Journal of sports sciences**, Constanta, Romania, v. 37, n. 11, p. 1286-1295, 2019.

SCHOENFELD, Brad J.; et al. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. **Journal of sports sciences**, Constanta, Romania, v. 35, n. 11, p. 1073-1082, 2017.

SCHUENKE, Mark D. et al. Early-phase muscular adaptations in response to slow-speed versus traditional resistance-training regimens. **European journal of applied physiology**, Heidelberg, Germany, v. 112, n. 10, p. 3585-3595, 2012.

SERRANO, Antonio L. et al. Interleukin-6 is an essential regulator of satellite cell-mediated skeletal muscle hypertrophy. **Cell metabolism**, Maryland Heights, United State of America, v. 7, n. 1, p. 33-44, 2008.

SILVA, Nilson Ribeiro dos Santos. **Efeitos do treinamento de co-contração na força, na espessura e no recrutamento muscular, em período de interrupção do treinamento de força convencional**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

STONE, Michael; PLISK, Steven; COLLINS, David. Strength and conditioning: Training principles: evaluation of modes and methods of resistance training-a coaching perspective. **Sports Biomechanics**, Loughborough, UK, v. 1, n. 1, p. 79-103, 2002.

SUGA, Tadashi et al. Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. **European journal of applied physiology**, Heidelberg, Germany, v. 112, n. 11, p. 3915-3920, 2012.

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

TAKARADA, Yudai et al. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. **Journal of applied physiology**, Rockville, United States of America, v. 88, n. 1, p. 61-65, 2000.

TANIMOTO, Michiya et al. Effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, United States of America, v. 22, n. 6, p. 1926-1938, 2008.

UNICOVSKY, Margarita Ana Rubin. Idoso com sarcopenia: uma abordagem do cuidado da enfermeira. **Revista Brasileira de Enfermagem**, São Paulo, SP, Brasil, v. 57, p. 298-302, 2004.

VAROVIĆ, Dorian et al. O treinamento drop-set provoca aumentos diferenciais na hipertrofia não uniforme do quadríceps em exercícios de extensão de pernas. **Revista Esportes**, São Paulo, SP, Brasil, v. 9, n. 9, pág. 119-132, 2021.

WATANABE, K.; KOUZAKI, M.; MORITANI, T. Spatial EMG potential distribution of biceps brachii muscle during resistance training and detraining. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, Germany, v. 115, n. 12, p. 2661–2670, 2015.

WERNBOM, Mathias; AUGUSTSSON, Jesper; THOMEÉ, Roland. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. **Sports medicine**, Chicago, United States of America, v. 37, n. 3, p. 225-264, 2007.

3 ESTUDO 2

EFEITOS AGUDOS DO TREINAMENTO RESISTIDO ATÉ A FALHA CONCÊNTRICA COM DIFERENTES INTENSIDADES DE CARGA SOBRE O METABOLISMO MINERAL, MARCADORES INDIRETOS DE DANOS MUSCULARES E TERMOGRAFIA: ESTUDO RANDOMIZADO

Resumo

O treinamento resistido realizado até a falha concêntrica passou a ser consistentemente estudado nos últimos anos. No entanto, existem teorias que tentam explicar o que realmente promove a incapacidade muscular em manter realizando esforço. Uma das hipóteses aponta para as alterações iônicas que diminuem o potencial de ação e a excitabilidade muscular, fazendo com que processo contrátil se altere, levando o indivíduo até a fadiga e conseqüentemente a falha muscular concêntrica. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos agudos do treinamento resistido até a falha concêntrica com diferentes intensidades de carga sobre o metabolismo mineral, marcadores indiretos de estresse e danos musculares. Foram realizado um estudo com 28 homens fisicamente ativos. O primeiro grupo realizou um protocolo de treinamento até a falha concêntrica com a intensidade de carga com 40% de resistência máxima (G40), enquanto o segundo grupo com 80% de resistência máxima (G80). Foi realizada 3 séries de exercícios na seguinte ordem: *Leg Press*, cadeira extensora e mesa flexora. Para comparação dos resultados, utilizamos o valor de delta (Δ) obtido da comparação entre os valores pré e pós-treinamento (onde valor pós menos o valor pré = valor delta). Quando foi observada normalidade dos dados os mesmos foram analisados pelo teste t, em contrapartida, para os dados que apresentaram distribuição não normal foi utilizado o teste de Mann-Whitney (intergrupo) ou o teste de Wilcoxon (intragrupo). Foi considerado nível de significância de $p < 0,05$. De acordo com os resultados houve diferença significativa entre os dois grupos para a concentração de sódio ($p=0,66$; IC95% = -1,5 – 5,5), potássio ($p=0,57$; IC95% = -0,3 – 2,6), cálcio ($p=0,0021$; IC95% = 0,1 E 0,3), lactato ($p=0,001$; IC95% = 0,6 – 2,0) e transaminase oxalacética ($p=0,013$; IC95% = 0,1 - 2,3). Podemos concluir que o treinamento resistido até a falha concêntrica com maior intensidade de carga leva a um maior estresse metabólico e danos musculares quando comparados ao treinamento com menor intensidade de carga.

Palavras-Chave: Treinamento de Resistência; Falha concêntrica; metabolismo mineral.

Abstract

Resistance training performed until concentric failure has been consistently studied in recent years. However, there are theories that try to explain what really promotes muscle inability to maintain effort. One of the hypotheses points to ionic changes that decrease the action potential and muscle excitability, causing the contractile process to change, leading the individual to fatigue and, consequently, concentric muscle failure. In this context, the present study aimed to evaluate the acute effects of resistance training to concentric failure with different load intensities on mineral metabolism, indirect markers of stress and muscle damage. A study was carried out with 28 physically active men. The first group performed a training protocol until concentric failure with load intensity with 40% of maximum resistance (G40), while the second group with 80% of maximum resistance (G80). 3 series of exercises were performed in the following order: Leg Press, extension chair and flexion table. To compare the results, we used the delta value (Δ) obtained from the comparison between the pre and post-training values (where post value minus pre value = delta value). When data normality was observed, they were analyzed by the t test, on the other hand, for data that presented non-normal distribution, the Mann-Whitney test (intergroup) or the Wilcoxon test (intragroup) was used. A significance level of $p < 0,05$ was considered. According to the results, there was a significant difference between the two groups for the concentration of sodium ($p=0.66$; CI95% = -1.5 – 5.5), potassium ($p=0.57$; CI95% = -0.3 – 2.6), calcium ($p=0.0021$; CI95% = 0.1 and 0.3), lactate ($p=0.001$; CI95% = 0.6 – 2.0) and oxaloacetic transaminase ($p =0.013$; CI95% = 0.1 - 2.3). We can conclude that resistance training to concentric failure with higher load intensity leads to greater metabolic stress and muscle damage when compared to training with lower load intensity.

Keywords: Resistance Training; Concentric failure; mineral metabolism.

3.1 INTRODUÇÃO

O treinamento resistido tem se mostrado um grande aliado da saúde tanto na promoção quanto na prevenção de doença (BOOTH *et al.*, 2017). Dentre os diversos métodos de treinamento, o treinamento realizado até a falha concêntrica passou a ser consistentemente estudado nos últimos anos no que diz respeito à metodologia, mecanismos, efeitos e aplicabilidade (SALLES, 2020). Embora sua prática seja conhecida desde a década de 1970, o treinamento resistido até a falha concêntrica vem se popularizando a cada dia e despertando grande interesse de estudiosos (SALLES, 2020; WILLARDSON, 2007) e consequentemente conseguindo um significativo avanço na compreensão fisiológica (GRGIC *et al.*, 2022).

A falha concêntrica pode ser definida como a incapacidade de realizar a amplitude de movimento completa em uma repetição devido à fadiga (IZQUIERDO *et al.*, 2006). Na prática, a falha concêntrica indica que o limite de repetições possíveis para aquela carga e amplitude foi alcançado, sendo necessário um intervalo de recuperação para a realização de uma nova série, ou repetição (SALLES, 2020). Esse tipo de treinamento levaria a um estresse metabólico potencializando o aumento de força e hipertrofia muscular (SCHOENFELD, 2020).

Salles (2020) defende que a fadiga alcançada no treinamento até a falha concêntrica é um mecanismo de proteção do nosso organismo tentando evitar lesões e mantendo a homeostase. Vários são os fatores que podem levar a fadiga muscular, dentre eles: equilíbrio acidobásico, equilíbrio hidroeletrólítico, fluxo sanguíneo, ventilação pulmonar, atividade neural e disponibilidade de substratos. Todos esses fatores se relacionam com o metabolismo mineral. Sustentando a informação anterior, Ascensão *et al.* (2003) ressalta que as alterações minerais levam a diminuição do potencial de ação e a excitabilidade muscular, fazendo com que o processo contrátil se torne prejudicado, levando o indivíduo até a fadiga e consequentemente a falha muscular concêntrica.

Dessa forma, analisar o comportamento do metabolismo mineral passa a ser uma medida valiosa na investigação sobre os efeitos causados por esse tipo de treinamento.

Além de avaliar os efeitos agudos do metabolismo mineral, em nosso estudo buscamos avaliar os marcadores de danos musculares. Alguns autores atribuem o ganho de força e hipertrofia as consequências dos danos musculares provocado pelo treinamento de força (CLARKSON, HUBAL, 2002; RAASTAD *et al.*, 2003; SCHOENFELD, 2020).

A utilização da análise sanguínea para avaliar o dano muscular é um dos métodos mais utilizados, devido a facilidade da coleta e ao seu baixo custo, o que favorece o surgimento de

novas estratégias para o controle das variáveis volume e intensidade nos mais diversos métodos do treinamento de força (CLARKSON, HUBAL, 2002).

Neste contexto, o nosso estudo teve como objetivo avaliar os efeitos agudos do treinamento resistido até a falha concêntrica com diferentes intensidades de carga (40 vs. 80%RM) sobre o metabolismo mineral, marcadores indiretos de estresse e danos musculares (creatina quinase, transaminase oxalacética, termografia infravermelha, lactacidemia).

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo trata-se de desenho experimental aleatorizado com dois grupos para comparar os efeitos de duas diferentes intensidades de carga de treinamento (40% vs. 80%RM) sobre o metabolismo mineral e marcadores de danos musculares em uma sessão de treinamento resistido até a falha concêntrica.

Todos os procedimentos foram conduzidos na Clínica do Exercício da Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR (Três Corações, MG, Brasil) e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa Humana da Universidade Vale do Rio Verde (parecer nº 3.654.377) Os voluntários foram informados do objetivo e dos procedimentos do estudo e assinaram o termo de consentimento (APÊNDICE C) antes de sua participação no estudo.

3.2.1 Voluntários:

Os voluntários foram recrutados a partir de convites feitos por meio das mídias sociais do Instituto Brasileiro de Biociências da Motricidade Humana (IBBM) e da Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR, de abril a agosto de 2022.

A avaliação física inicial consistiu em medidas de peso, estatura, índice de massa corporal (IMC), composição corporal (% de gordura). Foram incluídos no estudo vinte e oito (28) voluntários que preencheram todos os critérios de inclusão para participar no estudo e assinaram um termo de consentimento (APÊNDICE C). Os voluntários foram aleatoriamente alocados nos seguintes grupos:

- Grupo 1 (G40): voluntários desse grupo realizaram treinamento resistido até a falha concêntrica com intensidade de carga de 40% de 1RM (n=14);
- Grupo 2 (G80): voluntários desse grupo realizaram treinamento resistido até a falha concêntrica com intensidade de carga de 80% de 1RM (n=14).

3.2.2. Critérios de inclusão:

Voluntários com idade entre 18 e 25 anos, com experiência prévia de pelo menos seis meses em treinamento resistido.

3.2.3. Critérios de exclusão:

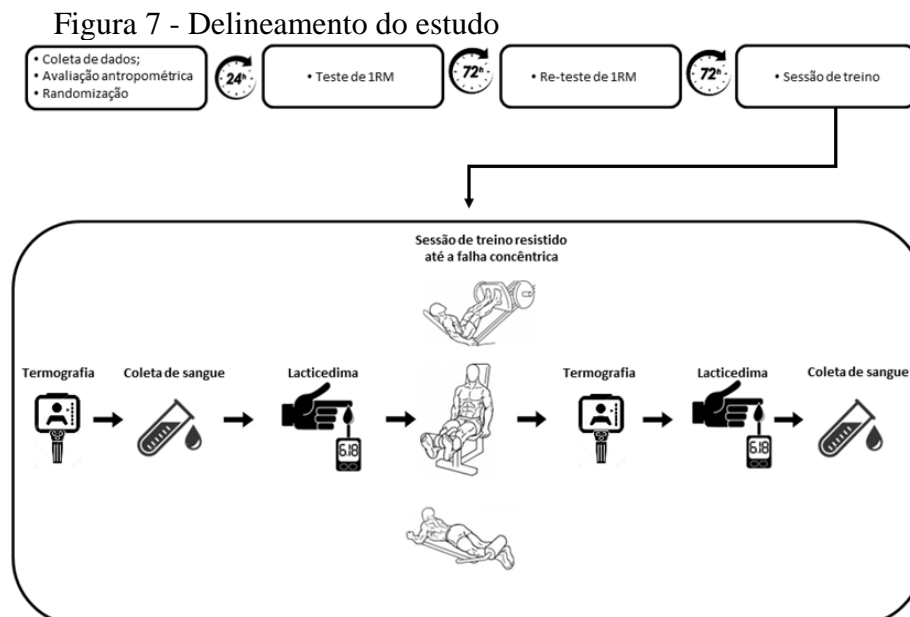
Foram excluídos do estudo os participantes que alteraram declaradamente seus hábitos de alimentação, exercícios, hidratação e sono avaliados através da coleta de dados recordatórios 24 horas (APÊNDICE D).

3.2.4 Randomização:

Os indivíduos foram randomizados para o grupo G40 ou G80. O grupo de G40 executou a sessão de treinamento até a falha concêntrica com 40%RM, enquanto o G80 realizou o treinamento com 80%RM de intensidade de carga. Os participantes foram numerados e a randomização através do aplicativo Randomizer.org.

3.2.5 Procedimentos experimentais:

Após a avaliação inicial de dados demográficos, antropometria, composição corporal e teste de 1RM, os seguintes procedimentos experimentais foram feitos: a) avaliação termográfica de superfície da região anterior dos músculos da coxa; b) coleta de sangue para análise da cinética de creatina quinase, transaminase oxalacética, metabolismo mineral e do lactato. Todos os procedimentos estão na figura 7.



Fonte: Autor

3.2.6 Teste de uma repetição máxima (1RM):

Após a coleta de dados, avaliação antropométrica e alocação, os voluntários compareceram mais duas vezes no ginásio de treinamento com o objetivo de determinar as cargas que seriam utilizadas nos protocolos, sendo realizado o teste de 1 repetição máxima (1RM). Os exercícios utilizados para os testes foram: *Leg Press*, cadeira extensora, mesa flexora.

Para realização do teste, foi solicitado aos voluntários abstenção de pelo menos 48 horas sem exercício extenuantes.

Para a determinação da carga de 1RM foram realizados os procedimentos: 1) aquecimento de oito repetições com cargas de 40 a 50% de 1RM estimada; 2) descanso de um minuto seguindo de seis repetições com 50 a 60% de 1RM estimada; 3) incremento do peso tentando alcançar 1RM em três a cinco tentativas, usando cinco minutos de intervalo entre uma tentativa e outra; 4) o valor registrado foi o de uma repetição com o peso máximo levantado na última tentativa bem sucedida (o voluntário completou uma única repetição, ocorrendo falha na ação muscular concêntrica ao tentar executar a segunda repetição).

Para uma melhor confiabilidade os testes foram realizados, pelo mesmo avaliador treinado, dois testes em dias diferentes com intervalo de 72 horas.

3.2.7 Termografia infravermelha:

Antes da realização da termografia, os voluntários permaneceram em repouso por 15 (quinze) minutos em ambiente com temperatura controlada a 23° para aclimação, sem que as regiões analisadas estivessem em contato com qualquer objeto que permutasse calor por radiação (FERNÁNDEZ-CUEVAS *et al.*, 2014). Os voluntários foram orientados a ir com vestimentas que facilitassem o acesso a área de interesse e recomendados a não consumir tabaco, álcool ou drogas que afetem a termogênese corporal. Foi recomendado ainda a não realizar atividade física de intensidade moderada a alta e se alimentar até 2 (duas) horas antes do exame termográfico e não utilizar óleos ou cremes hidratantes nas regiões a serem examinadas, conforme recomendações (SILVA *et al.*, 2017).

Para obtenção dos termogramas, foi utilizada uma câmera T-360 (FLIR®Systems, USA), com resolução térmica de alta qualidade de 320 x 240 pixels, visor LCD colorido de 3.5 polegadas, faixa de temperatura de -20 a 120°C, sensibilidade térmica de 0,05°C, acurácia de $\pm 2\%$, banda de spectral dos infravermelhos de 7,5 μ m a 13 μ m, taxa de atualização de 60 Hz, com regulagem da escala de temperatura entre 22°C e 34°C.

A câmera foi fixada a uma distância de 2,6 metros do voluntário, em um tripé com

altura de 70 cm do solo para os membros inferiores.

Para delimitar as regiões de interesse foram realizadas as demarcações seguindo as recomendações de Moreira *et al.*, (2012). Foram estipuladas áreas retangulares referenciadas pelos seguintes pontos anatômicos: 5 cm acima da borda superior da patela e linha da virilha.

As imagens foram coletadas antes e após a sessão de treino. Os índices de temperatura (°C) foram obtidos por meio do software Flir Tools® e o delta da temperatura máxima de cada área de interesse foi considerado para a análise estatística.

5.2.8 Metabolismo Mineral, cinética da creatina quinase e transaminase oxalacética:

A coleta de sangue foi realizada por uma equipe profissional treinada e habilitada (FIGURA 8). Foram coletados 5ml de sangue da veia antecubital imediatamente antes da realização da sessão de treinamento, repetindo coleta idêntica após 45 minutos do término da sessão de treinamento. O tempo de cada sessão foi devidamente cronometrado, assim como o tempo despendido entre o término do protocolo esportivo e o início da coleta sanguínea.

Figura 8 - Procedimentos de coleta de sangue



Fonte: autor

O soro foi separado por centrifugação a 3.000 rpm. por 15 min, transferidos para tubos *Eppendorf* desmineralizados e armazenados para posterior determinações analíticas. Amostras de sangue para cobre e zinco foram coletadas em seringas de polipropileno e imediatamente transferido para tubos de vácuo livres de oligoelementos (BD Vacutainer Systems-Becton, Dickinson & Co). As concentrações de Cobre e zinco foram determinadas usando uma chama Atomic Analista de espectrometria de absorção 100 Perkin Elmer. Todos os materiais foram imersos por 24 horas em Solução Extran a 5% (Merck), enxaguada e imersa por pelo menos 24 horas em solução a 10% de ácido nítrico ultrapuro (Merck) para descontaminação de

resíduos. Em seguida, foram lavados com água ultrapura água e seca a 40°C.

As análises de creatina quinase (CK) foram realizadas no aparelho Labmax pleno, fabricado pela Labtest Diagnóstica S/A, pelo kit *labtest*, determinação por método quantitativo cinético.

As dosagens de transaminase oxalacética (TGO) foram realizadas no equipamento Cobas Miras Plus – Roche por meio do método enzimático. As análises foram realizadas no Laboratório São José – Três Corações-MG.

O lactato plasmático foi coletado antes e depois (3 minutos) de cada sessão de exercício através da coleta de sangue da polpa digital, de acordo os procedimentos de segurança peculiares.

As coletas de sangue bem como com utilização de lancetas descartáveis (Accu-Chek Softclix® Pro), sendo aplicada a gota de sangue sobre a área específica da tira reativa BM-lactate e as amostras mensuradas no lactímetro Accutrend® Lactate (ROCHE, [1985-1895]).

3.2.9 Análise estatística:

Todos os dados foram exibidos como médias \pm desvios padrão organizados e analisados usando programa de análise estatística (GraphPad-Prism 5.01). O Teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para revelar a normalidade dos dados. Para comparação entre os grupos utilizamos o valor de delta (Δ) obtido da comparação entre os valores pré e pós-treinamento (onde valor-pós – valor-pré = valor delta). Quando foi observada normalidade dos dados os mesmos foram analisados pelo teste t para amostras independentes, em contrapartida, para os dados que apresentaram distribuição não normal foi utilizado o teste de *Mann-Whitney*. Foi estabelecido um nível de significância de $\alpha < 0,05$ para todas as avaliações. O tamanho do efeito (ES) foi calculado por meio do índice de Cohen d obtido por meio do software G * Power 3.1.7, sendo estabelecidos os seguintes parâmetros: “trivial” (ES $< 0,2$), “pequeno” (ES $> 0,2$), “moderado” (ES $> 0,5$) ou “grande” (ES $> 0,8$).

3.2.10 Descrição da sessão de treinamento:

Os voluntários realizaram uma sessão de treinamento resistido até a falha concêntrica. Previamente a sessão de treino, os voluntários realizaram uma preparação utilizando uma esteira ergométrica por 5 (cinco) minutos. Foi determinada a realização de três séries de cada exercício. Os intervalos de recuperação entre séries foram de 2 (dois) minutos. O ritmo de execução das séries foi controlado por um metrônomo, estabelecendo-se um tempo de dois segundos para cada uma das fases excêntrica e concêntrica (D'ASSUNÇÃO *et al.*, 2012).

Antes da execução de cada exercício foi fornecido ao indivíduo orientação verbal padronizada sobre a realização das repetições até não conseguir mais vencer a resistência devido a fadiga ou por interrupção do profissional. A ordem de execução do treinamento foi *Leg Press*, cadeira extensora e mesa flexora. A falha concêntrica foi estabelecida quando o indivíduo não conseguisse realizar o movimento com a técnica de execução correta.

3.3 RESULTADOS

As variáveis antropométricas (idade, massa corporal, estatura, IMC, composição corporal) e tempo médio de treinamento foram analisadas a partir da estatística descritiva com valores das médias e desvio-padrão sendo apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Caracterização descritiva da amostra (n=28)

	G40 n = 14	G80 n = 14	Valor p	ES(d)
Idade (anos)	20,00±1,53	29,75±1,22	0,83 ^{&}	0,28 ^a
Massa corporal (kg)	63,15±6,23	68,57±7,08	0,13 ^{&}	0,81 ^c
Estatura (cm)	174,75±8,35	179,67±5,18	0,18 [#]	0,70 ^b
IMC (kg/m²)	21,14±2,76	21,28±3,74	0,90 [#]	0,04 ^a
Composição corporal (% gordura)	9,92±2,10	11,17±3,74	0,33 ^{&}	0,04 ^a
Tempo de treinamento (meses)	12,75±6,48	11,33±6,18	0,52 ^{&}	0,30 ^a

Fonte: Do autor.

Legenda: Grupo experimental com 40%RM (G40);

Grupo experimental com 80% RM (G80);

Índice de Massa Corporal (IMC).

Nota: Comparação pelo teste *t* de *Student* para amostras independentes (#);

Comparação pelo teste de *Mann Whitney* para amostras independentes (&);

Valores são apresentados em média ± desvio-padrão.

Tamanho de Efeito: ^a Efeito pequeno. ^b Efeito moderado. ^c Grande efeito.

Quando comparamos os parâmetros do metabolismo mineral, observamos que as medidas de Δ ([] pós – pré) apresentaram uma diminuição na concentração séricas dos seguintes minerais: sódio , cloro, cálcio e magnésio sendo significativas nas avaliações intergrupo para o sódio (p=0,026) e cálcio (p=0,0021). Os minerais potássio, fósforo, e Zinco apresentaram aumento em sua concentração sérica, sendo que somente o mineral potássio apresentou diferenças significativas na comparação entre os dois grupos (p< 0,0001) (Tabela7).

Tabela 7 - Parâmetros do metabolismo mineral (média±DP)

MINERAL	GRUPOS	PRÉ	PÓS	Δ	Valor p	ES(d)
Sódio (mEq/L)	G40	138,82±3,44	135,16±4,64	-3,667±4,14	0,026*	0,66 ^b
	G80	138,48±4,47	132,8±3,97	-5,681±1,13		
Potássio (mEq/L)	G40	4,16±0,55	5,48±1,60	1,32±1,30	<0,0001*	0,57 ^b
	G80	4,07±0,54	6,51±1,57	2,44±1,25		
Cloro (mEq/L)	G40	101,65±3,06	100,93±3,22	0,72±1,41	0,101	1,26 ^c
	G80	101,62±2,76	100,44±2,72	-1,18±1,61		
Cálcio (mg/dl)	G40	2,3±0,17	2,17±0,14	-0,13±0,05	0,0021*	2,43 ^c
	G80	2,3±0,14	1,94±0,12	-0,36±0,12		
Magnésio (mEq/L)	G40	2,04±0,39	1,98±0,42	-0,06±0,03	0,878	0,1
	G80	2,15±0,31	2,1±0,29	-0,05±0,03		
Fósforo (mEq/L)	G40	4,27±0,23	4,40±0,17	0,13±0,11	0,898	0,1
	G80	4,09±0,37	4,21±0,36	0,12±0,08		
Zinco (mEq/L)	G40	90,39±11,81	90,9±12,08	0,51±0,52	0,392	0,34 ^a
	G80	95,74±14,68	95,98±14,42	0,24±0,58		

Legenda: G40: intensidade de carga 40%RM; G80: intensidade de carga 80%RM; mEq: miliequivalente; mg: miligramas; dl: decilitros.

Nota:

O valor de Δ= valor pós – valor pré.

Diferença significativa na comparação intergrupos pelo valor de Δ, $p < 0,05$ (*).

Teste estatístico: Comparação pelo teste t de student para amostras independentes.

Tamanho de Efeito: ^a Efeito pequeno. ^b Efeito moderado. ^c Grande efeito.

Na tabela 8 verificamos o comportamento do lactato, transaminase oxalacética e da creatina quinase comparando os valores de Δ.

Após a sessão de treino houve um aumento na concentração de lactato no grupo que realizou o treinamento com maior intensidade de carga (80%) quando comparado ao grupo que realizou com menor intensidade de carga (G40) ($p=0,011$). Observamos que a transaminase oxalacética se comportou da mesma forma que a cinética do lactato, ou seja, o grupo que treinou com maior intensidade apresentou maiores valores após a sessão de treino quando comparado ao G40 ($p=0,011$). Não houve diferença significativa entre os grupos G40 e G80 ($p=1,00$) referente aos valores referentes a concentração sérica de creatina quinase.

Tabela 8 – Concentração de lactato, transaminase oxalacética e creatina quinase (média±DP)

MINERAL	GRUPOS	PRÉ	PÓS	Δ	Valor p	Efeito
Lactato	G40	3,93±0,37	7,80±0,54	3,87±0,60	0,001*	0,01
	G80	3,85±0,49	9,05±0,42	5,20±0,56		
Transaminase oxalacética	G40	32,32±0,95	32,37±1,07	0,05±1,02	0,013*	0,01
	G80	32,22±1,18	32,98±0,72	0,76±0,84		

Creatina quinase	G40	178,57±110,34	200,57±126,69	22±19,22	0,100	0,01
	G80	175,50±132,90	202,50±158,19	27±26,75		

Legenda: G40: intensidade de carga 40%RM; G80: intensidade de carga 80%RM; C° graus celsius.

Nota:

O valor de Δ = valor pós – valor pré.

Diferença significativa na comparação intergrupos pelo valor de Δ , $p < 0,05$ (*).

Teste estatístico: Comparação pelo teste t de student para amostras independentes.

Tamanho de Efeito: ^a Efeito pequeno. ^b Efeito moderado. ^c Grande efeito

A tabela 9 apresenta os valores pré, pós e delta referente a análise termográfica da coxa. Observamos que não houve diferenças significativas na comparação da temperatura máxima ($p=0,51$) e média ($p=0,13$).

Tabela 9 - Termografia infravermelha (média±DP)

MINERAL	GRUPOS	PRÉ	PÓS	Δ	Valor p	Efeito
Temperatura máxima (C°)	G40	33,82±0,76	33,78±1,10	-0,04±1,34	0,51	0,65 ^b
	G80	34,12±0,75	33,22±1,24	-0,92±1,28		
Temperatura média (C°)	G40	32,32±0,95	32,37±1,07	0,05±1,02	0,13	0,01
	G80	32,98±0,72	32,22±1,18	-0,76±0,84		

Legenda: G40: intensidade de carga 40%RM; G80: intensidade de carga 80%RM; C° graus celsius.

Nota:

O valor de Δ = valor pós – valor pré.

Diferença significativa na comparação intergrupos pelo valor de Δ , $p < 0,05$ (*).

Teste estatístico: Comparação pelo teste t de student para amostras independentes.

Tamanho de Efeito: ^a Efeito pequeno. ^b Efeito moderado. ^c Grande efeito

3.4 DISCUSSÃO

Dentre os eletrólitos apresentados neste estudo o de maior monitoramento na prática de exercícios físicos é o Na⁺ (sódio). Este eletrólito possui diversas funções no organismo humano. Além disso, as taxas de perdas desse mineral são maiores durante a realização de exercício físico (LARA *et al.*, 2016). Além do sódio, o potássio (K⁺) desempenha funções fundamentais na manutenção do equilíbrio da comunicação celular (potência de ação) (RANCHORDAS *et al.*, 2017; CHEN *et al.*, 2014).

A concentração desses dois eletrólitos pode se relacionar com a fadiga resultante do esforço físico comprometendo a capacidade do músculo em exercer tensão adequada durante o treinamento de força até a falha concêntrica. A fadiga relatada refere-se à alteração na propagação de um potencial de ação adequado ao longo do nervo motor e fibras musculares (CLEBIS; NATALI, 2001). O acúmulo de potássio, resultado das micro lesões ocorridas durante o treinamento, alteraria os gradientes de concentração na bomba de sódio e potássio,

causando prejuízos na excitabilidade das fibras musculares (LEPERS *et al.*, 2002) e consequentemente levando o músculo a incapacidade de se contrair (falha muscular).

Na avaliação da concentração de sódio e potássio do nosso estudo foi possível observar que, após a realização do treinamento resistido até a falha concêntrica, o grupo G80 apresentou maior perda de sódio quando comparado ao G40 ($p = 0.026$) e, com relação ao K, houve um aumento dos valores séricos.

Art e Lekeux (2005) afirmam que a concentração do potássio estaria diretamente relacionada a intensidade do exercício. Quanto maior a intensidade, maior o número de fibras musculares liberando potássio para o meio extracelular.

Outra explicação para a elevação nas concentrações de potássio após a realização de exercícios físicos está relacionada incapacidade da bomba de sódio-potássio de reparar o potássio no espaço intracelular (MEDBØ; SEJERSTED, 1990).

Nossos dados mostraram valores elevados na concentração plasmática de potássio após a sessão de treino, pode comprometer o bom funcionamento do sistema neuromuscular nessas condições. Em nosso estudo observamos que não apenas alterações séricas desses eletrólitos ocorreram, mas uma verdadeira perda de sódio, provavelmente causada pela eliminação do suor (MEYER; SZYGULA; WILK, 2015). Cabe ressaltar que, não foi permitido a reposição hídrica entre os momentos de coleta de sangue na pré e pós sessão de treino.

Esses achados podem explicar, em partes, a ocorrência da falha muscular no menor tempo de exercícios no grupo que treinou com maior intensidade (G80) quando comparado ao grupo que realizou o treinamento até a falha concêntrica com menor intensidade de carga (G40). A mudança de concentração desses minerais interfere na transmissão nervosa, mecanismo este que envolve a participação do sódio e do potássio na bomba Na/Katpase, que desencadeia o potencial de ação, auxiliando assim no processo de comunicação entre neurônios centrais e periféricos, e também na contração muscular, além de auxiliar no equilíbrio ácido base (ABALLERO, 2007).

Dessa forma, nossa hipótese é que a causa da falha concêntrica pode ser um evento proveniente da incapacidade de propagação de estímulos adequados pelos neurônios motores e não necessariamente a uma incapacidade do músculo gerar força.

O cloro, assim como o sódio e potássio, são responsáveis por manutenção do equilíbrio e distribuição da água em nosso organismo (ARMSTRONG *et al.*, 2007). Dessa forma, era esperado que a concentração de cloro diminuísse assim como a concentração de sódio, o que foi observado em nosso estudo. Porém, cabe ressaltar que não apresentou

diferenças estatísticas entre os dois grupos. É possível observar em nosso estudo que o grupo G80 apresentou maiores perdas médias tanto de potássio quanto de cloro quando comparados ao grupo G40. Podemos supor que o sódio foi eliminado como NaCl, sem influenciar a distribuição de potássio entre os glóbulos vermelhos e o plasma, mantendo a homeostase do nosso organismo (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016).

Outro eletrólito avaliado em nosso estudo foi o magnésio. Após a realização da sessão de treinamento até a falha concêntrica não foi observada diferenças significativas entre os grupos de maior e menor intensidades de carga. Os resultados parecem contraditórios uma vez que o magnésio está associado ao metabolismo da glicose, principal via energética do treinamento resistido (RANCHORDAS *et al.*, 2017). Chen *et al.* (2014) mostraram em seus estudos que o magnésio aumentou os níveis plasmáticos da glicose durante a atividade física e interferiu na concentração de lactato durante o início da atividade física, com relação ao grupo placebo. Estes dados mostram que o magnésio pode auxiliar no retardo da fadiga.

A nossa hipótese era que o grupo que realizou o treinamento com maior intensidade de carga apresentasse menor valor de magnésio após a sessão de treino. Uma das razões para isso não ocorrer pode estar relacionado pelo fato desse eletrólito ser eliminado em menor quantidade pela sudorese quando comparado ao sódio e cloro (NIELSEN; LUKASKI, 2006).

Um importante mineral relacionado à fadiga muscular é o cálcio. O cálcio tem um papel importante na liberação do sítio ativo das pontes cruzadas actina-miosina durante a contração muscular (DANTAS, 2018).

Em nosso estudo houve diferença significativa entre os grupos estudados. O grupo que realizou o treinamento físico com maior intensidade de carga (G80) apresentou valores de delta negativos quando comparados ao grupo que treinou com menor intensidade de carga.

Isso pode ser explicado, em parte, pelo fato de que em exercício de intensidade elevada ocorre maior depleção de cálcio do retículo sarcoplasmático (LEES *et al.*, 2001; TUPLING *et al.*, 2003). Sendo assim, não haveria cálcio suficiente para recrutar unidades motoras, prejudicando a execução do exercício levando-o a falha concêntrica. Dessa forma, a depleção de cálcio poderia comprometer o treinamento e conseqüentemente os componentes de força e hipertrofia muscular (LEPERS *et al.*, 2002; NETO, 2007).

Outra explicação pelo resultado encontrado pode estar relacionada ao sistema de calpaínas. Foi observado que a depleção de glicogênio poderia resultar na incapacidade de reabsorção do cálcio pelo retículo sarcoplasmático. Tal fato estaria relacionado à incapacidade das bombas de cálcio funcionarem corretamente, devido ao esgotamento das reservas locais de ATP (LEES *et al.*, 2001). Este cálcio não reabsorvido permaneceria intracelular, ativando

posteriormente o sistema proteolítico de calpaínas. Essa seria a razão para hipotetizar que o grupo que treinou com maior intensidade de carga (G80) apresentou valores negativos de delta entre o pré e pós treino. Uma forma de verificar o processo de proteólise é analisar algum marcador de dano muscular, uma vez que o sistema das calpaínas irá atuar nas proteínas estruturais do sarcômero e o extravasamento do conteúdo do sarcômero.

É possível analisar algumas enzimas e proteínas que são utilizadas como marcadores de danos musculares. Quando ocorre lesões no tecido muscular, esses marcadores extravasam para a corrente sanguínea aumentando suas concentrações séricas. Dentre eles podemos citar: a) Creatina quinase (CK). b) Lactato desidrogenase (LDH). c) fragmentos da cadeia de miosina (MHC). d) troponina-I. mioglobina. e) TGO (31). Dentre todas estas moléculas citadas anteriormente, a CK é descrita como o melhor marcador indireto de danos teciduais no músculo esquelético após o exercício (BARROS *et al.*, 2020). Em nosso estudo, o grupo que treinou com maior intensidade apresentou maiores valores matemáticos de delta para CK, porém, sem diferença estatística entre os dois grupos. Schoefeld *et al.* (2020) afirmam que o dano muscular pode estimular a hipertrofia muscular juntamente ao sistema de mecanotransdução e proliferação de células satélites. O fato de não haver diferença significativa entre os grupos pode explicar por que diversos estudos apresentam valores de hipertrofia semelhantes entre grupos que treinam com diferentes intensidades de carga (SALLES, 2020).

Outro marcador de dano muscular que analisamos em nosso estudo foi a transaminase oxalacética (TGO). Em nossa análise, o TGO apresentou o mesmo comportamento da lactato, ou seja, o grupo que treinou com maior intensidade apresentou maiores valores de TGO. A relação entre TGO e dano muscular devem sempre ser analisados com outros marcadores de danos musculares devido à alta variabilidade sérica.

A avaliação do dano muscular por meio de marcadores de enzimas e proteínas não permitem determinar a localização exata do provável dano muscular. Assim, incluímos em nosso estudo a termografia infravermelha (FERNÁNDEZ-CUEVAS, 2014). Dessa forma, alterações térmicas caracterizadas por aumento da temperatura corporal podem indicar um processo inflamatório local proveniente de danos musculares (LEPERS, 2002). Porém, em nosso estudo não houve alterações significativas nas análises termográficas das regiões avaliadas. Aliás, houve uma diminuição na temperatura pós sessão de treino comparada ao pré-treino. Isso pode ser explicado, em partes, pela capacidade de resfriamento local dos participantes através de um eficiente sistema de sudorese e controle homeostático (HILLEN *et al.* 2020).

Continuando a análise dos eletrólitos, esperava-se que as concentrações de fósforo tivessem o mesmo comportamento do cálcio, no entanto, não houve diferença observada nos valores de fósforo na comparação entre os dois grupos. Cabe-nos ressaltar, entretanto, que os valores na concentração de fósforo se mantiveram dentro dos padrões esperados.

Quanto ao zinco, foi observado em nosso estudo que o grupo que treinou com maior intensidade de carga (G80) apresentou valores menores ao final da sessão. Sabe-se que o exercício intenso pode afetar o metabolismo do zinco devido ao aumento de sua excreção pelo suor (PERES; KOURY, 2006). Nas últimas duas décadas, têm avançado os estudos sobre as funções do zinco, que desempenha várias funções biológicas. Ele é cofator de mais de 300 enzimas (SHANKAR; PRASAD, 1998) necessárias para o crescimento e desenvolvimento normais, síntese de DNA, imunidade, funções neurosensoriais e antioxidantes, além de outros processos celulares importantes (WOOD, 2000).

A intensidade e duração do exercício influenciam na quantidade de zinco no suor. A excreção aumentada de zinco pelo suor durante o exercício coincide com a redução moderada do zinco circulante e pode ser interpretada como redistribuição de zinco corporal (KOURY *et al.*, 2004).

Por fim, a menor quantidade de concentração de zinco pelo grupo G80 pode ser explicada pelo fato do treinamento com maior intensidade causar maior acúmulo de lactato no músculo. Neste caso, o zinco auxiliará na redução da lactato para piruvato pela ação da enzima a lactato desidrogenase que é uma enzima zinco-dependente, conseqüentemente, reduzindo a fadiga muscular e as concentrações de zinco sérico. A ativação da lactato-desidrogenase pode promover não somente o aumento da força muscular, como o aumento da resistência ao esforço físico (BROOKS, 2001). Van Loan *et al.*, (1999) verificaram que durante a depleção de zinco ocorre diminuição da resistência e não da força muscular, devido à inibição da lactatodesidrogenase e ao aumento do ácido láctico no músculo.

Tal informação pode ser amparada quando analisamos a lactacidemia. Em nosso estudo foram encontradas significativas elevações nas concentrações de lactato em ambos os grupos, porém, quando comparados entres si, o grupo que realizou o treinamento com maior intensidade (G80) apresentou maiores valores de lactato quando comparado ao grupo que treino com menor intensidade de carga (G40). A produção de lactato sanguíneo é proporcional a intensidade do esforço (BROOKS, 2001; CAIRNS, 2006).

3.4.1 Limitações do estudo:

O estudo apresenta limitações no que tange as variáveis que são de natureza

incontrolável relacionada aos hábitos de vida de cada indivíduo como o estado nutricional, condição socioeconômica, situação psicológica momentânea, e conformação da atividade laboral, pois tais fatores fogem ao controle e podem ter influenciado os resultados deste estudo.

3.5 CONCLUSÃO

O treinamento realizado com maior intensidade de carga (80%RM) promove maiores danos musculares, maior desequilíbrio maior na bomba de sódio e potássio e na bomba de cálcio, podendo ser este o mecanismo causador da falha muscular no grupo que treina com maior intensidade de carga. Apesar dos nossos resultados sugerirem que o treinamento com maiores intensidades de carga pode gerar maior estímulo a hipertrofia muscular mais pesquisas são necessárias para poder concluir quais são as variáveis que podem estar associadas às diferentes intensidades de carga.

REFERÊNCIAS

- ABALLERO, Diana MR. Cambios hidrolitoliticos com el ejercicio: El porqué de la hidratacion. Faculdade de rehabilitacion y desarrollo humano. **Editorial Universidad Del Rosário**, Bogotá, Colômbia, 2007.
- ARMSTRONG, Lawrence E. et al. Caffeine, fluid-electrolyte balance, temperature regulation, and exercise-heat tolerance. **Exercise and sport sciences reviews**, Indianapolis, United State of America, v. 35, n. 3, p. 135-140, 2007.
- ART, Tatiana; LEKEUX, Pierre. Exercise-induced physiological adjustments to stressful conditions in sports horses. **Production Science**, Villaviciosa, Spain, v. 92, n. 2, p. 101-111, 2005.
- ASCENSÃO, António et al. Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica **Revista Portuguesa Desportos**, Porto, Portugal, vol. 3, n. 1, p. 108-123, 2003.
- BARROS, Natalie DE Almeida et al. Evaluation of muscle damage, body temperature, peak torque, and fatigue index in three different methods of strength gain. **International journal of exercise science**, Bowling Green, United State of America, v. 13, n. 3, p. 1352, 2020.
- BOOTH, Frank W. et al. Role of inactivity in chronic diseases: evolutionary insight and pathophysiological mechanisms. **Physiological reviews**, Rockville, United States of America, v. 97, n. 4, p. 1351-1402, 2017.
- BROOKS, GEORGE A. Lactate doesn't necessarily cause fatigue: why are we surprised? **The Journal of physiology**, Rockville, United States of America v. 536, n. Pt 1, p. 1, 2001.
- CAIRNS, Simeon P. Lactic acid and exercise performance: culprit or friend? **Sports medicine**, Chicago, United States of America, v. 36, p. 279-291, 2006.
- CHEN, Hsuan-Ying et al. Magnesium enhances exercise performance via increasing glucose availability in the blood, muscle, and brain during exercise. **Plos one**, San Francisco, United States of America, v. 9, n. 1, p. e85486, 2014.
- CLARKSON, Priscilla M.; HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. **American journal of physical medicine & rehabilitation**, Philadelphia, United State of America, v. 81, n. 11, p. S52-S69, 2002.
- CLEBIS, N. K.; NATALI, M. J. M. Muscular lesions provoked by eccentric exercises. **Rev. Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasilia, DF, Brasil, v. 9, n. 4, p. 47-53, 2001.
- D'ASSUNÇÃO, Welton et al. Acute cardiovascular responses in strenght training conducted in exercises for large and small muscular groups. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, Brasil, v. 13, p. 118-122, 2007.
- FERNÁNDEZ-CUEVAS, Ismael et al. Monitoring skin thermal response to training with infrared thermography. **New Studies In Athletics**, Cedex, Monaco, v. 29, n. 1, p. 57-71, 2014.

GRGIC, Jozo et al. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Sport and Health Science**, Shanghai, China, v. 11, n. 2, p. 202-211, 2022.

HILLEN, Barlo et al. Infrared thermography in exercise physiology: the dawning of exercise radiomics. **Sports Medicine**, Chicago, United States of America, v. 50, n. 2, p. 263-282, 2020.

IZQUIERDO, Mikel et al. Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. **Journal of applied physiology**, Rockville, United States of America, v. 92, n. 4, p. 1487-1493 2006.

KOURY, Josely C. et al. Zinc and Copper Biochemical Indices of Antioxidant Status in Elite Athletes of Different Modalities. **International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism**, Bath, UK, v. 14, n. 3, 2004.

LARA, Beatriz et al. Interindividual variability in sweat electrolyte concentration in marathoners. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, Berlin, Germany, v. 13, n. 1, p. 1-8, 2016.

LEES, Simon J. et al. Glycogen and glycogen phosphorylase associated with sarcoplasmic reticulum: effects of fatiguing activity. **Journal of Applied Physiology**, Rockville, United States of America, v. 91, n. 4, p. 1638-1644, 2001.

LEPERS, Romuald et al. Neuromuscular fatigue during a long-duration cycling exercise. **Journal of applied physiology**, Rockville, United States of America, v. 92, n. 4, p. 1487-1493, 2002.

MCARDLE, William D.; KATCH, Frank I.; KATCH, Victor L. **Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance**. 4th edition, Baltimore, United State of America, Ed. Williams & Wilkins, 2016.

MEDBØ, J. I.; SEJERSTED, O. M. Plasma potassium changes with high intensity exercise. **The Journal of Physiology**, Rockville, United States of America v. 421, n. 1, p. 105-122, 1990.

MEYER, Flavia; SZYGULA, Zbigniew; WILK, Boguslaw. Fluid balance, hydration, and athletic performance. **Taylor & Francis**, London, UK, v.27, p.457-478, 2016.

MOREIRA, Alexandre et al. Monitoring internal load parameters during simulated and official basketball matches. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, United States of America, v. 26, n. 3, p. 861-866, 2012.

NETO, Joaquim Maria Ferreira Antunes; DE ALMEIDA, João Pedro Expedito; DE CAMPOS, Mônica Furquim. Análise de marcadores celulares e bioquímicos sanguíneos para determinação de parâmetros de monitoramento do treinamento de praticantes de musculação. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo-SP, Brasil, v. 11, n. 70, p. 778-783, 2017.

NETO, Joaquim Maria Ferreira Antunes et al. Manutenção de microlesões celulares e respostas adaptativas a longo prazo no treinamento de força. **Brazilian journal of biomotricity**, Itaperuna, RJ, Brsil, v. 1, n. 4, p. 0, 2007.

NIELSEN, Forrest H.; LUKASKI, Henry C. Update on the relationship between magnesium and exercise. **Magnesium research**, Rome, Italy, v.19 no.3, 2006.

PERES, Patrícia Mendes; KOURY, Josely Correa. Zinco, imunidade, nutrição e exercício. **CERES: Nutrição & Saúde**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, v. 1, n. 1, p. 9-18, 2006.

RAASTAD, Truls et al. Temporal relation between leukocyte accumulation in muscles and halted recovery 10–20 h after strength exercise. **Journal of applied physiology**, Rockville, United States of America, v. 95, n. 6, p. 2503-2509, 2003.

RANCHORDAS, Mayur K. et al. Normative data on regional sweat-sodium concentrations of professional male team-sport athletes. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, Berlim, Germany, v. 14, n. 1, p. 40, 2017.

SALLES, Belmiro. F. (2020). Métodos de treino para Força e Hipertrofia: da prática à teoria. **Livro na Mão Editora**, Belo Horizonte-MG, Brasil, 2020.

SCHOENFELD, B. Science and Development of Muscle Hypertrophy. 2. ed. New York: **Human Kinetics**, 2020.

SHANKAR, Anuraj H.; PRASAD, Ananda S. Zinc and immune function: the biological basis of altered resistance to infection. **The American journal of clinical nutrition**, Boston, United State of America, v. 68, n. 2, p. 447S-463S, 1998.

SILVA, Alisson et al. Resposta térmica da pele ao exercício em remoergômetro de alta versus moderada intensidade em homens fisicamente ativos. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, Portugal, 2017.

TUPLING, A. R. et al. Paradoxical effects of prior activity on human sarcoplasmic reticulum Ca²⁺-ATPase response to exercise. **Journal of Applied Physiology**, Rockville, United States of America, v. 95, n. 1, p. 138-144, 2003.

VAN LOAN, Marta D. et al. The effects of zinc depletion on peak force and total work of knee and shoulder extensor and flexor muscles. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, Bath, UK, v. 9, n. 2, p. 125-135, 1999.

WILLARDSON, Jeffrey M. The application of training to failure in periodized multiple-set resistance exercise programs. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, United States of America, v. 21, n. 2, p. 628-631, 2007.

WOOD, Richard J. Assessment of marginal zinc status in humans. **The Journal of nutrition**, Oxford, UK, v. 130, n. 5, p. 1350S-1354S, 2000.

4 ESTUDO 3

RESPOSTAS AGUDAS DO TREINAMENTO RESISTIDO ATÉ A FALHA CONCÊNTRICA NAS VARIÁVEIS HEMODINÂMICAS EM DIFERENTES INTENSIDADES DE CARGA (40% E 80% RM): ESTUDO RANDOMIZADO

Resumo

O exercício físico é considerado uma das melhores estratégias para promoção de saúde, qualidade de vida e bem-estar. São muitos os estudos que investigam e comparam o aumento de força e hipertrofia muscular. Porém, existe uma lacuna na literatura científica sobre as respostas hemodinâmicas agudas durante a realização de exercícios resistidos até a falha concêntrica. Um parâmetro aceito como indicativo do trabalho cardíaco durante atividades físicas é o duplo-produto (DP). A sua definição é pressão arterial sistólica multiplicada pela frequência cardíaca. Valores de DP iguais ou acima de 30.000 mmHg x bpm são aceitos como risco cardiovascular, visto que esse parâmetro é indicativo da sobrecarga para o miocárdio. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos hemodinâmicos agudos do treinamento resistido até a falha concêntrica com diferentes intensidades de carga (40% vs. 80%RM). Foi realizado um estudo experimental com indivíduos fisicamente ativos do sexo masculino com idade entre 18 e 25 anos com experiência em treinamento resistido. Preencheram os requisitos de inclusão no estudo 28 homens, sendo quatorze em cada grupo. O primeiro grupo realizou o protocolo de treinamento com a intensidade de carga com 40%RM (G40), enquanto o segundo grupo com 80%RM (G80). A sessão de treinamento até a falha concêntrica foi realizada no exercício de extensão de joelho (cadeira extensora). Realizaram-se três séries de cada exercício com 2 minutos de intervalo entre elas. Os participantes foram avaliados através do comportamento da pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica, frequência cardíaca e do duplo-produto. Os valores de pressão arterial e frequência cardíaca foram avaliados, nas últimas repetições de cada exercício e também após 5 e 15 minutos. Para comparação dos resultados foi utilizado a análise de medidas repetidas (ANOVA) de duas vias para os comparativos entre os grupos G40 e G80 nos momentos PRÉ, PÓS1', PÓS5' e PÓS15' para ambas as situações e quando identificadas as diferenças foram testadas por meio de *post-hoc* de Bonferroni. Foi considerado nível de significância de $p < 0,05$. Os resultados mostraram que em nenhuma das situações de treinamento avaliadas houve interações significativas entre os fatores de pressão arterial sistólica ($p=0,172$), pressão arterial diastólica ($p=0,298$) frequência cardíaca ($p=0,376$) e duplo produto ($p=0,214$). A

média do duplo produto, importante parâmetro de risco cardiovascular, apresentou valores médios máximos de: $G_{40}=12363,6$ mmHg x bpm e $G_{80}=11363,6$ mmHg x bpm. Sendo assim, podemos afirmar para a mostra estudada que o treinamento resistido até a falha concêntrica com 40 e 80%RM são seguros, não atingindo os valores limítrofes de risco cardíaco de 30.000 mmHg x bpm.

Palavras-chaves: Exercícios físicos; Treinamento resistido; risco cardiovascular.

Abstract

Physical exercise is considered one of the best strategies for promoting health, quality of life and well-being. There are many studies that investigate and compare the increase in strength and muscle hypertrophy. However, there is a gap in the scientific literature on acute hemodynamic responses during resistance exercises until concentric failure. A parameter accepted as indicative of cardiac work during physical activities is the double product (DP). Its definition is systolic blood pressure multiplied by heart rate. SD values equal to or above 30,000 are accepted as a cardiovascular risk, since this parameter is indicative of myocardial overload. In this context, the aim of this study was to evaluate the acute hemodynamic effects of resistance training to concentric failure with different load intensities (40 vs. 80%RM). An experimental study was conducted with physically active male individuals aged 18 to 25 years with experience in resistance training. Twenty-eight men met the requirements for inclusion in the study, fourteen in each group. The first group performed the training protocol with load intensity with 40%RM (G_{40}), while the second group with 80%RM (G_{80}). The training session until concentric failure was performed in the knee extension exercise (extensor chair). Three sets of each exercise were performed with 2 minutes of rest between sets. The participants were evaluated through the behavior of systolic blood pressure, diastolic blood pressure, heart rate and the double product. Blood pressure and heart rate values were evaluated in the last repetitions of each exercise and after 5 and 15 minutes. To compare the results, the two-way analysis of repeated measures (ANOVA) was used for comparisons between the G_{40} and G_{80} groups in the moments PRE, POST1', POST5' and POST15' for both situations and when differences were identified, they were tested by Bonferroni's post-hoc medium. A significance level of $p<0.05$ was considered. The results showed that in none of the evaluated training situations there were significant interactions between the factors of systolic blood pressure ($p=0.172$), diastolic blood pressure ($p=0.298$) heart rate ($p=0.376$) and double product ($p=0.214$). The mean of the double product, an important cardiovascular risk

parameter, showed maximum mean values of: $G_{40}=12363.6$ mmHg x bpm and $G_{80}=11363.6$ mmHg x bpm. Therefore, we can state that resistance training up to concentric failure with 40 and 80%RM is safe, not reaching cardiac risk borderline values of 30,000 mmHg x bpm.

Keywords: Physical exercises; Resistance training; cardiovascular risk.

4.1 INTRODUÇÃO

O treinamento resistido é considerado uma prática que traz inúmeros benefícios que podem ser percebidos tanto em adultos (AZÓCAR-GALLARDO *et al.*, 2022), idosos (GALLARDO-GÓMEZ *et al.*, 2022) e crianças (HOLMES; GRANADOS, 2022).

As principais investigações relacionadas a este tipo de treinamento são, em sua maioria, relacionadas ao aumento de força e hipertrofia muscular. Porém, inúmeros outros benefícios podem ser descritos também em relação as respostas hemodinâmicas e consequentemente ao sistema cardiovascular (CARLSON *et al.*, 2014). Estas respostas, podem ser verificadas por meio de alterações na pressão arterial (PA) e frequência cardíaca (FC), que podem ser utilizadas como parâmetros de avaliação de treinamento físico.

Zeigler *et al.* (2018) afirmam que uma única sessão de treinamento resistido pode gerar respostas importantes ao sistema cardiovascular, devido, principalmente, a atenuação dos níveis pressóricos no pós-exercício - hipotensão pós-exercício (HPE).

Acredita-se que a HPE desempenha um papel fundamental no controle da PA, pois a magnitude da HPE estaria associada a reduções crônicas da PA induzidas por programas regulares de exercícios sendo sugerida como um recurso na prevenção e tratamento não medicamentoso da hipertensão arterial sistêmica (HAS) (WEGMANN *et al.*, 2018).

Segundo Mello *et al.* (2017), os benefícios do treinamento resistido são derivados da soma dos efeitos agudos que, ao longo do tempo, geram benefícios provenientes do treinamento.

Embora a hipotensão seja um fenômeno positivo, é importante lembrarmos que durante a realização do esforço há um aumento da frequência cardíaca e da pressão arterial (ROMERO *et al.*, 2017). Essa alteração é proveniente da liberação de catecolaminas que modificam a permeabilidade ao sódio e cálcio no músculo cardíaco e na resistência periférica vascular. O aumento dessas variáveis hemodinâmicas, podem representar relativo risco cardiovascular devido ao estresse durante o esforço (MORAIS *et al.*, 2011; NERY *et al.*, 2010).

Além disso, o controle dessas variáveis, FC e PA, permitem o cálculo do duplo-produto (FC multiplicada pela PAS – pressão arterial sistólica) considerado o melhor método não invasivo para se avaliar o esforço cardiovascular (POTON; POLITO, 2016), sendo também considerado o melhor indicador de sobrecarga cardíaca em exercícios de força (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2002).

A utilização do DP (duplo produto) como variável de intensidade de exercícios

resistidos é notoriamente apoiada por diferentes órgãos ou pesquisadores (SIMAO *et al.*, 2005), uma vez que existe uma relação direta do DP entre e a intensidade do exercício (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016). Segundo o *American College of Sports Medicine* (2014), valores de DP iguais ou acima de 30.000 mmHg x bpm representam indicativos de risco cardiovascular. Logo, o controle dessas variáveis associa-se com a segurança durante a realização dos exercícios físicos.

No entanto, há uma carência na literatura científica sobre informações do comportamento dessas variáveis durante a realização de treinamento resistido até a falha concêntrica, o que abre uma lacuna importante a ser investigada. A falha muscular concêntrica se caracteriza pela interrupção do exercício, ou incapacidade de vencer a resistência durante a fase concêntrica, ou seja, o limite de repetições para aquela carga ou amplitude foi alcançado (GRGIC *et al.*, 2022; SALLES, 2020).

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi analisar as respostas agudas do treinamento resistido nas variáveis hemodinâmicas em diferentes intensidades de carga (40% e 80% RM).

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 Tipo de estudo:

Trata-se de desenho experimental aleatorizado com dois grupos de comparação. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa Humana da Universidade Vale do Rio Verde sob o parecer nº 5.134.861 (ANEXO 1) e realizados na Clínica do Exercício da mesma universidade. O convite para participação foi realizado através das mídias sociais do Instituto Brasileiro de Biociências da Motricidade Humana – IBBM. Os voluntários foram informados do objetivo e dos procedimentos do estudo e assinaram o termo de consentimento (APÊNDICE C) antes de sua participação no estudo.

4.2.2 Amostra:

Os participantes deste estudo foram compostos por 28 (vinte e oito) homens com experiência em treinamento resistido, selecionadas a partir dos seguintes critérios de inclusão e exclusão

- Inclusão: participantes normotensos saudáveis; sexo masculino; idade entre 18 e 25 anos; não possuir histórico pessoal de doença cardiovascular; experiência em treinamento resistido há pelo menos 6 (seis) meses ininterruptos; sem cafeína 24 horas antes da

intervenção; sem álcool 24 horas antes da intervenção; sem qualquer efeito ergogênico durante da intervenção.

- Exclusão: doença cardiovascular diagnosticada; hipertensão arterial sistêmica ou momentânea pré-exercício; tabagismo; problemas osteomioarticulares que impedisse ou limitasse a realização do exercício proposto; fazer uso de qualquer medicamento ou drogas que estimulem o sistema cardiovascular.

4.2.3 Randomização:

A randomização foi realizada através do aplicativo Randomizer.org. Os participantes foram aleatoriamente alocados por um pesquisador independente nos seguintes grupos:

- Grupo 1 (G40): voluntários desse grupo realizaram treinamento resistido até a falha concêntrica com intensidade de carga de 40% de 1RM (n=14);
- Grupo 2 (G80): voluntários desse grupo realizaram treinamento resistido até a falha concêntrica com intensidade de carga de 80% de 1RM (n=14).

4.2.4 Delineamento:

Inicialmente todos os participantes realizaram uma sessão de familiarização para serem instruídos da correta execução do exercício de extensão do joelho (cadeira extensora). Durante a sessão, eles realizaram 10 repetições do exercício com carga auto sugerida e que permitisse avaliar o correto posicionamento no equipamento. Vinte e quatro horas após os treinos de familiarização realizou-se o teste de 1RM, seguindo o protocolo de Kraemer *et al.* (1995).

Após setenta e duas horas do teste de 1RM realizou-se a sessão de treinamento para coleta de dados das variáveis analisadas neste estudo. Durante cada experimento, a PA e FC foram aferidas em repouso seguindo as Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial (SBC, 2021). Os avaliados permaneceram em repouso por 5 (cinco) minutos. Durante a aferição, os pés permaneceram apoiados no chão e as costas apoiadas na cadeira. Todas as verificações foram realizadas no braço esquerdo. Foram coletadas duas mensurações em repouso para a análise do erro padrão de medida. Para efeito de controle e segurança, a PA pré-exercício não deveria exceder 160 mmHg PAS e 100 mmHg PAD (LEUNG *et al.*, 2016).

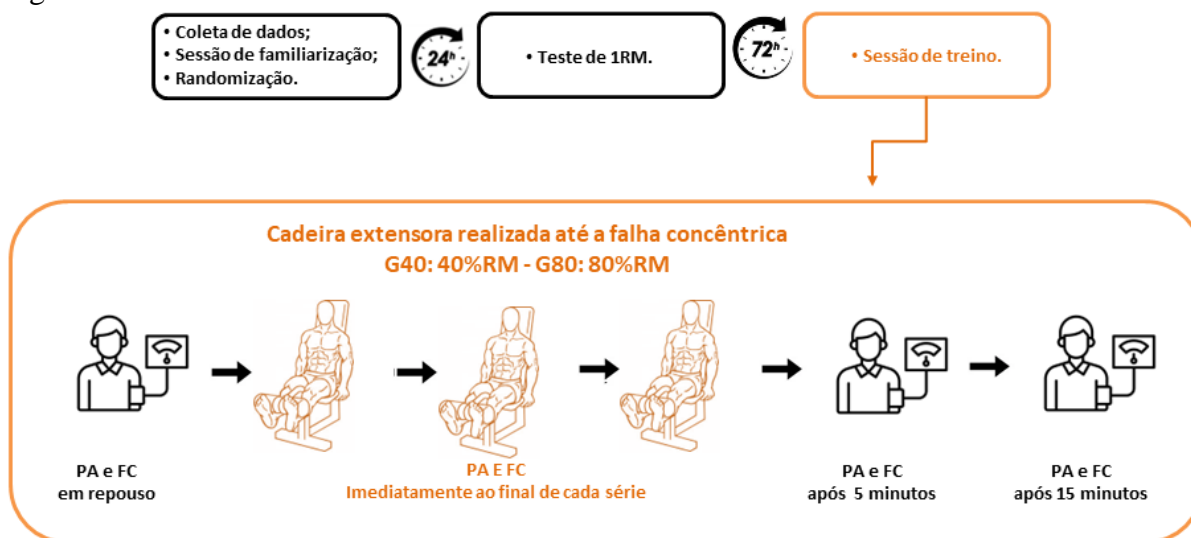
Além das coletas em repouso, foram feitas outras aferições imediatamente ao final de cada série de exercício (para fins estatísticos foi utilizada apenas a de maior valor observado), e as subsequentes de cinco minutos e quinze minutos pós treino. O DP foi obtido pela multiplicação da PAS pela FC. Para aferição da PA e da FC foi utilizado o monitor

oscilométrico automático (OMRON HEALTH CARE, HEM-7320).

4.2.5 Descrição da sessão de treinamento:

Foi realizado uma sessão de treinamento resistido até a falha concêntrica no exercício de cadeira extensora. O G40 realizou a sessão utilizando carga de 40%RM enquanto o G80 com 80%RM. Previamente a sessão de treino, os participantes realizaram o aquecimento utilizando uma esteira ergométrica por 5 minutos. Foi determinada a realização de três séries de cada exercício com intervalos de recuperação entre séries de 2 minutos. A velocidade de execução foi de dois segundos para cada uma das fases excêntrica e concêntrica controlados por um metrônomo (D'ASSUNÇÃO *et al.*, 2012).

Figura 9 – Delineamento da sessão de treino



Fonte: do autor

4.2.6 Análise estatística:

Todos os dados foram exibidos como médias \pm desvio padrão organizados e analisados usando programa de análise estatística (GraphPad-Prism 5.01). Para verificação da normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Foi utilizado a análise de medidas repetidas (ANOVA) de duas vias para os comparativos entre os grupos G40 e G80 nos momentos PRÉ, PÓS1', PÓS5' e PÓS15' para ambas as situações e quando identificadas as diferenças foram testadas por meio de *post-hoc* de Bonferroni. O teste U de Mann-Whitney e o teste t de Student para amostras independentes foram empregados para identificar as características da amostra. A significância estabelecida quando $p \leq 0,05$.

4.3 RESULTADOS

A seguir serão descritos os resultados encontrados.

4.3.1 Características da amostra:

As características dos participantes são apresentadas na Tabela 10. Idade, massa corporal, estatura, tempo de treinamento, teste de 1RM, PAS, PAD e frequência cardíaca em repouso foram semelhantes entre os dois grupos.

Tabela 10 - Caracterização descritiva da amostra (n=28)

	G40 n = 14	G80 n = 14	Valor p
Idade (anos)	22,20±1,83	23,75±1,33	0,73 ^{&}
Massa corporal (kg)	67,15±5,23	60,57±6,98	0,23 ^{&}
Estatura (cm)	173,25±4,35	177,67±3,18	0,13 [#]
Pressão arterial sistólica (mmHg)	125,8±15,7	124,6±13,2	0,73 [#]
Pressão arterial diastólica (mmHg)	7,92±12,10	8,12±11,9	0,52 ^{&}
Teste 1RM – Cadeira Extensora (kg)	65,00±5,00	60,00±5,00	0,17 [#]
Tempo de treinamento (meses)	14,45±4,52	12,86±3,56	0,56 ^{&}

Fonte: Do autor.

Legenda: Grupo experimental com 40%RM (G40);

Grupo experimental com 80% RM (G80);

Índice de Massa Corporal (IMC).

Nota: Comparação pelo teste *t* de Student para amostras independentes (#);

Comparação pelo teste de Mann Whitney para amostras independentes (&);

Valores são apresentados em média ± desvio-padrão.

4.3.2 Características dos exercícios:

O exercício realizado pelo G80 (80%RM) foi realizado com carga média de 48±5kg e o número médio de repetições até a falha concêntrica diminuiu significativamente ao longo das séries (Série¹=11±1; Série²=8±1 e Série³=7±1. p=0,0001). O exercício realizado pelo G40 (40%RM) foi realizado com carga média de 25±4 kg e o número médio de repetições até a exaustão foi significativamente maior na 1^a série do que nas 2^{as} e 3^{as} séries (Série¹=19±2 vs. Série²=13±1 e Série³=11±1. p<0,05 para ambos). A carga total de trabalho (nº de repetições x nº de séries x carga de trabalho) até falha concêntrica foi semelhante entre os dois grupos (p=0,0082).

Tabela 11 - Parâmetros de PAS, PAD, FC e DP (média±DP)

		PRÉ	PÓS1'	PÓS5'	PÓS15'	Valor p	η²
PAS (mmHg)	G40	122,8±12,4	132,9±19,5	121,7±16,3	120,0±18,4	0,172	0,02
	G80	122,5±13,6	133,7±21,1	111,8±18,4	120,2±16,6		
PAD (mmHg)	G40	68,8±8,3	67,8±10,0	71,6±10,0	71,5±9,8	0,298	0,04
	G80	69,4±7,6	70,4±10,1	71,8±10,7	71,7±10,2		

FC (bpm)	G40	72,6±9,6	118,0±8,7	75,3±9,0	71,9±9,4	0,376	0,02
	G80	74,8±8,6	117,5±8,6	73,8±9,2	72,5±9,1		
DP (mmHg x bpm)	G40	9223,2±1862,3	12363,6±1878,2	9362,4±1880,5	9123,9±1817,6	0,214	0,03
	G80	9444,6±1867,6	11363,6±2164,7	9411,6±2019,1	9372,5±1900,2		

Legenda: G40: intensidade de carga 40%RM;
G80: intensidade de carga 80%RM;
PAS: Pressão arterial sistólica;
PAD: Pressão arterial diastólica;
FC: Frequência cardíaca;
DP: Duplo produto
 η^2 : tamanho do efeito da ANOVA.

Os resultados não revelaram interações significativas entre os principais fatores para a PAS, PAD, FC e DP. No entanto, foram observadas diferenças entre os momentos para PAS ($p=0,0001$) sendo o momento POS1' maior que os demais momentos ($p=0,0002$) para ambos os grupos.

O mesmo comportamento foi observado para PAD ($p=0,001$), FC ($p=0,0001$) e DP ($p=0,001$) ambos com maior valor observado no momento POS1'.

A média do DP, importante parâmetro de risco cardiovascular, apresentou valores médios máximos de: G40=12363,6 mmHg x bpm e G80=11363,6 mmHg x bpm.

4.4 DISCUSSÃO

Com os resultados deste estudo, temos um delineamento do comportamento hemodinâmico e respostas cardiovasculares agudas em diferentes intensidades de carga em uma sessão de treino trazendo importantes implicações práticas para a prescrição de exercícios resistidos até a falha concêntrica.

Nossos resultados mostram que a PAS, PAD, FC e DP não apresentam diferenças entre as diferentes intensidades de carga de treinamento (40% e 80%RM). Porém, apresentam diferenças significativas entre os momentos, sendo que o momento POS1', imediatamente ao final do exercício, apresentou os maiores valores para todas as variáveis analisadas.

Com relação ao comportamento da PA destacamos o estudo realizado por Nery *et al.* (2010) que compararam as respostas pressóricas em um protocolo de treinamento semelhante ao nosso (3 séries até a falha concêntrica no exercício de extensão de joelho com 40% e 80% de 1RM). Neste estudo os pesquisadores verificaram uma tendência de maior resposta do Δ PAS no protocolo de baixa intensidade. Embora não tenha apresentado diferença significativa, esse comportamento também foi observado em nosso estudo. Cabe ressaltar ainda, que neste estudo foi utilizado o cateterismo intra-arterial, padrão ouro, para avaliação

da PA.

O mesmo comportamento foi observado no estudo de Gjovaag *et al.* (2015) que comparou as respostas hemodinâmicas em exercícios de 4RM e 20 RM em exercícios de extensão de pernas. O protocolo de 20RM apresentou maior pico na PAS (203 ± 33 vs. 154 ± 22 mmHg), com diferença significativa. Portanto, evidências indicam que o número de repetições pode ser mais importante do que a intensidade na determinação do aumento da PA durante o exercício (NERY *et al.*, 2010).

Outra variável analisada foi o comportamento da FC. Assim como a PAS, os exercícios com menor intensidade de carga e maior número de repetições apresentaram maiores picos de FC. Tal afirmação também foram observadas no estudo de Gjovaag *et al.* (2015) que identificou uma relação direta da FC com o número de repetições no exercício resistido. Neste estudo, os pesquisadores compararam exercícios de 4RM com 20 RM e assim como em nosso estudo, os exercícios com maior número de repetições apresentaram maior FC máxima.

Esse comportamento da FC pode ser explicado pelo maior acúmulo de metabólitos (H^+ , CO_2 e lactato) em exercícios com maior número de repetições. O acúmulo desses metabólitos é detectado por quimiorreceptores, que aumentam a FC na tentativa de manter a homeostase (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016).

Tal afirmação tem seu embasamento científico respaldado pelo estudo conduzido por Volaklis *et al.* (2015). Os pesquisadores compararam o acúmulo lactato sanguíneo em duas sessões de treinamento resistido (50% e 75% RM) até a falha concêntrica. Os resultados demonstraram que após os exercícios, a concentração de lactato sanguíneo no protocolo de 50%RM foi significativamente maior.

Cabe ressaltar que embora a FC tenha apresentado aumento significativo no momento POS1', os níveis retornaram aos valores iniciais no POS5' e POS15'. Podemos citar o estudo de Alencar *et al.* (2018), que também apresentou diminuição da frequência cardíaca imediatamente ao final do treinamento.

Com a tendência da FC e PAS serem maiores em protocolos com menor intensidade de carga e maior número de repetições, espera-se que também o duplo produto acompanhe esta tendência, uma vez que o DP pode ser estimado pelo produto entre a PAS e FC. Embora, o G40 apresentou maiores valores de DP, não encontramos diferenças significativas entre os dois métodos de treino (40% e 80%RM).

Porém, um dado importante observado é que, em nenhum dos métodos de treinamento investigado, apresentou valores que pudessem significar alguma sobrecarga do sistema

cardiovascular. Dessa forma podemos afirmar que o treinamento resistido até a falha concêntrica com 40% e 80%RM são seguros para a amostra estudada, pois, seguindo as diretrizes do *American College of Sports Medicine* (2014), valores de DP iguais ou acima de 30.000 mmHg x bpm (milímetros de mercúrios/batimentos por minutos), são indicativos de risco cardiovascular e, ainda segundo Mcardle *et al.* (2016) o valor limite de DP para prever ausência de riscos é de 40.000 mmHg x bpm (FC=200bpm; PAS=200mmHg). Ou seja, o presente estudo não apresentou riscos cardiovasculares aos participantes, onde, os valores médios máximos do DP foram: G40=12363.6 mmHg x bpm e G80=11363.6 mmHg x bpm.

É importante ressaltar que o DP é considerado o melhor preditor não invasivo para se avaliar o trabalho do miocárdio durante os exercícios resistidos (*American College of Sports Medicine*, 2002), sendo de grande importância para a prescrição e monitoramento dessas atividades para indivíduos saudáveis ou que apresentam problemas cardiovasculares (MONTEIRO *et al.*, 2018). Portanto, trata-se de um importante mecanismo relacionado à segurança do exercício físico.

Apesar da relevância dos resultados encontrados, o nosso estudo apresenta algumas limitações que são de natureza de difícil controle relacionada aos hábitos de vida de cada participante e situação psicológica momentânea. A aferição da PA, embora realizado por dispositivo validado e universalmente utilizado, apresenta algumas limitações em relação aos métodos invasivos, como o cateterismo intra-arterial. Dessa forma, considerando os métodos utilizados, todo o rigor científico foi realizado para garantir que essas medidas fossem obtidas de maneira consistente, confiável e precisa.

4.5 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo indicam que o treinamento resistido até a falha concêntrica com intensidades de carga de 40% e 80%RM não apresentam risco de sobrecarga hemodinâmica. Recomenda-se que futuros estudos sejam realizados em treinamentos com outros percentuais de cargas diferentes dos apresentados neste estudo. Outras variáveis como intervalo de recuperação entre as séries, cadência de execução e diferentes tipos de contração muscular também devem ser investigados.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Lucas et al. Efeito agudo de uma sessão de CrossFit® sobre as variáveis hemodinâmicas e a percepção de esforço de adultos treinados. **Revista de Educação Física/Journal of Physical Education**, Rio de Janeiro, Brasil, v. 87, n. 1, p.271-278, 2018.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM's position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**. Indianapolis, United States of America, v. 34. n. 2. p. 364-380. 2002.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM's resource manual for Guidelines for exercise testing and prescription - 7. ed. Wolters Kluwer/Lippincott Williams; Wilkins; **Medicine and science in sports and exercise**. Indianapolis, United States of America, v. 48. n. 2. p. 369-390, 2014.
- AZÓCAR-GALLARDO. Jairo et al. Overweight and Obese Adult Patients Show Larger Benefits from Concurrent Training Compared with Pharmacological Metformin Treatment on Insulin Resistance and Fat Oxidation. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Tehran, Iran, v. 19, n. 21. p. 14331. 2022.
- CARLSON. Debra J. et al. Isometric exercise training for blood pressure management: a systematic review and meta-analysis. In: **Mayo Clinic Proceedings**, Rochester, United State of America, p.89, n.3, 327-334. 2014.
- D'ASSUNÇÃO. Welton et al. Acute cardiovascular responses in strenght training conducted in exercises for large and small muscular groups. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, Brasil, v. 13, n.5, p. 118-122. 2012.
- GALLARDO-GÓMEZ. Daniel et al. Optimal dose and type of exercise to improve cognitive function in older adults: A systematic review and bayesian model-based network meta-analysis of RCTs. **Ageing research reviews**, Amsterdam, The Netherlands, v.76, n. 35, p. 101591. 2022.
- GJOVAAG. T. et al. Resistance exercise and acute blood pressure responses. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, Italy, v. 20, n. 21. p. 14331, 2015.
- GRGIC, Jozo et al. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Sport and Health Science**, Shanghai, China, v. 11, n. 2, p. 202-211, 2022.
- HOLMES. Clifton J.; GRANADOS. Andrea. Resistance Training Recommendations for Children and Adolescents With Cystic Fibrosis–Related Diabetes. **Strength and conditioning jornal**, Colorado Springs, United States of America, v. 44. n. 1. p. 111. 2022.
- KRAEMER. William J. et al. Strength testing: development and evaluation of methodology. **Physiological assessment of human fitness**. Illinois, United State of America, v. 2. p. 119-150. 1995.
- LEUNG, Alexander A. et al. Hypertension Canada's 2016 Canadian hypertension education program guidelines for blood pressure measurement, diagnosis, assessment of risk,

prevention, and treatment of hypertension. **Canadian Journal of Cardiology**, Philadelphia, United State of America, v. 32, n. 5, p. 569-588, 2016.

MCARDLE, William D.; KATCH, Frank I.; KATCH, Victor L. Fisiologia do exercício: **Nutrição. Energia e Desempenho humano**, Editora Guanabara Kooganed, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, ed. 8, 2016.

MELLO. Thiago Lopes de et al. Treinamento de força em sessão com exercícios poliarticulares gera estresse cardiovascular inferior a sessão de treino com exercícios monoarticulares. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**. Porto Alegre, RS, Brasil, v. 39. p. 132-140. 2017.

MONTEIRO Montenegro, Bruna; RAMOS DE OLIVEIRA, Antonio Anderson; PACHECO NETO, Prodamy. A utilização do duplo produto como marcador subjetivo de esforço em exercício resistidos para hipertensos. **Motricidade**, Vila Real, Portugal, v. 14, n. 1, p. 87-90, 2018.

MORAIS, P. K. et al. Acute resistance exercise is more effective than aerobic exercise for 24 h blood pressure control in type 2 diabetics. **Diabetes & Metabolism**, Rennes, France, v. 37, n. 2, p. 112-117, 2011.

NERY. Sandra et al. Intra-arterial blood pressure response in hypertensive subjects during low-and high-intensity resistance exercise. **Clinics**. Ribeirão Preto, SP, Brasil, v. 65. n. 3. p. 271-277. 2010.

POLITO. Marcos D. et al. Blood pressure assessment during resistance exercise: comparison between auscultation and Finapres. **Blood pressure monitoring**. Yakushiji, Japan, v. 12. n. 2. p. 81-86. 2007.

POTON, Roberto; POLITO, Marcos Doederlein. Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects. **Clinical physiology and functional imaging**, Copenhagen, Denmark, v. 36, n. 3, p. 231-236, 2016.

ROMERO, Steven A.; MINSON, Christopher T.; HALLIWILL, John R. The cardiovascular system after exercise. **Journal of Applied Physiology**, Rockville, United States of America, v. 122, n. 4, p. 925-932, 2017.

SALLES, Belmiro. F. (2020). Métodos de treino para Força e Hipertrofia: da prática à teoria. **Livro na Mão Editora**, Belo Horizonte-MG, Brasil, 2020.

SBC. Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial - **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, v.116. n.3. 2021. p.516-658, 2020.

SIMÃO, Roberto et al. Effects of resistance training intensity, volume, and session format on the postexercise hypotensive response. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, United States of America, v. 19, n. 4, p. 853-858, 2005.

VOLAKLIS. Konstantinos A. et al. Acute pro-and anti-inflammatory responses to resistance exercise in patients with coronary artery disease: a pilot study. **Journal of sports science &**

medicine, Bursa Türkiye v.14, n.1, p.91, 2015.

WEGMANN, Melissa et al. Postexercise hypotension as a predictor for long-term training-induced blood pressure reduction: a large-scale randomized controlled trial. **Clinical Journal of Sport Medicine**, Cluj-Napoca, Romania, v. 28, n. 6, p. 509-515, 2018.

ZEIGLER, Zachary S. et al. Postexercise hemodynamic responses in lean and obese men. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Indianapolis, United States of America, v. 50, n. 11, p. 2292-300. 2018.

APÊNDICE A – Ficha de avaliação e dados demográficos

Data: ____/____/____

1. Nome: _____ ID: _____
 2. Data de Nascimento: ____/____/____ Idade: _____
 3. Peso: _____ Altura: _____
 4. Há quanto tempo pratica musculação (ininterruptamente)? _____anos _____meses

5. Tem algum problema de saúde? Qual (is)?

- Cardíaco
 Respiratório
 Hormonal
 Circulatório
 Neurológico
 Ortopédicos
 Outros
 Diabetes

Qual(ais)?

6. Prática musculação?

- Sim
 Não

Há quanto tempo? _____

7. Tem alguma lesão diagnosticada?

- Não
 Sim

Qual(ais)?

8. Alguma vez já sentiu dor em alguma articulação?

- Não
 Sim

Em qual articulação, e como é essa dor? Qual(ais)?

9. Atualmente está sentindo dor em alguma articulação?

- Não
 Sim

Qual(ais)?

10. Possui algum impedimento para não praticar atividade física?

Não

Sim

Qual(ais)?

11. Possui algum impedimento para realização de algum exercício de musculação?

Não

Sim

Qual(ais)?

12. Está tomando algum medicamento?

Não

Sim

Qual(ais)?

13. Já se submeteu a algum procedimento cirúrgico?

Não

Sim

Qual(ais)?

14. Já fez uso ou está utilizando algum tipo de substância ergogênica?

Não

Sim

Qual(ais)?

APÊNDICE B – Questionário de prontidão para atividade física

NOME: _____

1- Seu médico já disse que você possui problema cardíaco e recomendou atividades físicas apenas sob supervisão médica?

() Sim () Não

2- Você tem dor no peito provocada por atividades físicas?

() Sim () Não

3- Você sentiu dor no peito no último mês?

() Sim () Não

4- Você perdeu a consciência em alguma ocasião ou sofreu alguma queda em virtude de tontura?

() Sim () Não

5- Você tem algum problema ósseo ou articular que poderia agravar-se com a prática de atividades físicas?

() Sim () Não

6- Algum médico já prescreveu medicamento para pressão arterial ou para o coração?

() Sim () Não

7- Você tem conhecimento, por informação médica ou pela própria experiência, de algum motivo que poderia impedi-lo de participar de atividades físicas sem supervisão médica?

() Sim () Não

Três Corações, _____ de _____ de 2021

Assinatura

APÊNDICE C - Termo de consentimento livre e esclarecido

PESQUISA: Análise dos efeitos dos diferentes percentuais de carga de treinamento (40% e 80% de 1 repetição máxima) utilizados em exercícios resistidos até falha concêntrica: estudo clínico randomizado controlado.

RESPONSÁVEIS: Anderson Ranieri Massahud e Prof. Dr. Leonardo César Carvalho

O senhor está sendo convidado a participar de uma pesquisa que será realizada no laboratório de marcha da Universidade Federal de Alfenas e na Clínica do Exercício da Universidade Vale do Rio Verde- Três Corações.

O sucesso na obtenção das modificações desejadas com a realização de um treinamento com pesos (musculação) depende da manipulação de suas variáveis. Entre essas variáveis está o percentual de carga utilizado durante os exercícios. Apesar da importância desta variável, não existem estudos que comparem a influência dos diferentes percentuais de carga de treino em treinamentos com metodologia até a falha concêntrica. Neste contexto, o objetivo deste estudo será avaliar os efeitos de diferentes percentuais de carga em exercícios resistidos até a falha concêntrica nos exercícios agachamento, avanço, *Leg Press*, cadeira extensora. Como voluntário você será submetido a uma entrevista e uma avaliação, na qual será verificada a condição de saúde em geral. Após essa avaliação, caso seja considerado apto a participar, será instruído verbalmente sobre todos os procedimentos do estudo e convidado a participar. Nos primeiros encontros será realizado o teste de determinação da carga de treinamento para os exercícios (teste de 1RM). Esses testes serão realizados na Clínica do Exercício na Universidade Vale do Rio Verde em Três Corações. Fazem parte do processo de avaliação também o exame de hemograma. Tal procedimento será realizado por um profissional habilitado em material adequado e descartável seguindo as recomendações da ANVISA – Agência Nacional de Saúde. Haverá também um teste de ultrassonografia, eletromiografia, pressão arterial, frequência cardíaca, desempenho funcional, termografia, através de uma câmera de captação específica, testes de saltos funcionais, testes de força dinâmica e isométrica e também uma avaliação sobre uma Plataforma estável, pré e pós-sessão de exercícios com o objetivo de analisar o torque (força) e senso de posição articular. O resultado do teste é dado pela diferença dos registros,

antes e após a execução do salto. Os exercícios serem utilizados não têm contraindicações à população considerada no estudo. Contudo, exercícios físicos podem gerar dor muscular tardia que desaparece em poucos dias. De uma forma ampla, os dados obtidos no estudo podem trazer benefícios aos praticantes de treinamento resistido, por possibilitar a prescrição de treinos mais eficientes que possam otimizar na obtenção dos resultados desejados. O estudo não envolve gastos aos participantes. Todos os materiais e equipamentos necessários para os testes serão providenciados pelos pesquisadores. É importante destacar que você poderá abandonar o teste a qualquer momento que desejar, sem qualquer constrangimento ou implicação, bastando para isso informar ao avaliador sobre sua decisão. **Em caso de dúvida ou reclamação, o senhor poderá entrar em contato com os pesquisadores responsáveis.**

Os resultados deste trabalho serão possivelmente publicados em uma revista científica. No entanto, ressaltamos que sua identidade será mantida em sigilo, e os dados serão guardados apenas pelo pesquisador responsável pelo projeto.

Eu, _____,
abaixo assinado, tendo lido o “*Esclarecimento ao Participante da Pesquisa*” e sido devidamente esclarecido sobre os objetivos, riscos e demais condições que envolverão minha participação no Projeto de Pesquisa intitulado ‘*efeito dos diferentes percentuais de carga de treinamento (40% e 80% de 1 Repetição Máxima) utilizados em exercícios resistidos até falha concêntrica..*’, realizado pelo pesquisador Anderson Ranieri Massahud e orientado pelo Prof. Dr. Leonardo César Carvalho, declaro que tenho total conhecimento dos direitos e das condições que me foram apresentadas e asseguradas, as quais passo a descrever:

1. A garantia de ser informado e de ter qualquer pergunta respondida ou esclarecimento a dúvidas sobre os procedimentos, objetivos, decorrências e riscos referentes às situações da pesquisa a que serei submetido, ainda que isso possa influenciar a minha decisão de nele permanecer;
2. A liberdade de deixar de participar do estudo, a qualquer momento, sem qualquer ônus ou constrangimento;
3. A garantia de que não serei pessoalmente identificado e que terei a minha privacidade resguardada, considerando o fato de que os dados genéricos deste trabalho serão publicados

e divulgados em artigos científicos e eventos da área;

4. Neste fica estabelecido o contato com os pesquisadores responsáveis através do telefone: (35) 98876 0123 (INCLUSIVE LIGAÇÕES A COBRAR).

5. O recebimento de uma via deste Termo de Consentimento, assinada pelo pesquisador.

Declaro, ainda, que estou ciente e concordante com todas as condições que me foram apresentadas e que, livremente, manifesto a minha vontade em participar do projeto supracitado.

Três Corações, ____ de _____ de 20__.

Assinatura
Nome do Participante:
RG:



Anderson Ranieri Massahud
Pesquisador Responsável
(35) 98876 0123

APÊNDICE D – Recordatório 24 horas

Nome: _____

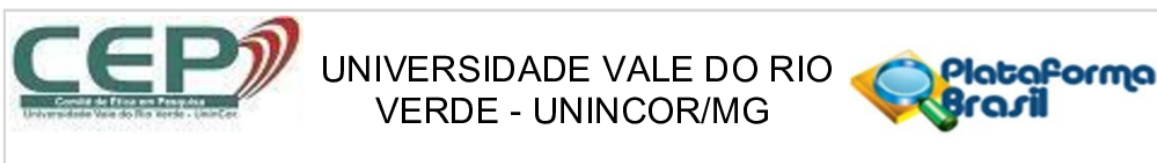
Data de nascimento: ____/____/____

Realizou algum exercício físico nas últimas 24 horas? () Sim () Não

Qual(is): _____

REFEIÇÃO	ALIMENTO	QUANTIDADE <i>(Medida Caseira)</i>	QUANTIDADE <i>(Gramas)</i>
Horário: _____			
Horário: _____			
Horário: _____			
Horário: _____			
Horário: _____			
Horário: _____			
Ingestão de água ao longo do dia:			

ANEXO 1 – Parecer do Comitê de Ética e Pesquisa: estudo 1 e 3



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Análise dos Efeitos dos diferentes percentuais de carga de treinamento (40% e 80% de 1 repetição máxima) utilizados em exercícios resistidos até falha concêntrica: estudo clínico controlado randomizado.

Pesquisador: Anderson Ranieri Massahud

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 53782020.5.0000.5158

Instituição Proponente: Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.134.861

Apresentação do Projeto:

Atualmente os exercícios resistidos fazem parte de programas de condicionamento físico, prevenção e reabilitação do sistema musculoesquelético (CÂMARA, 2007). A comunidade científica reconhece a força muscular como um importante componente da aptidão física relacionada a manutenção da saúde, da habilidade funcional e da qualidade de vida, além de exercer um papel relevante para o desempenho físico em inúmeras modalidades desportivas (ACMS, 2009). Segundo Martin (2007) essa capacidade de exercer esforço ou força contra uma resistência, envolvendo fatores mecânicos e fisiológicos, é denominada força muscular. A perda da capacidade de gerar força e sua consequente eficiência no sistema musculoesquelético pode criar uma variedade de problemas, desde a prática esportiva até a inabilidade para atividades de vida diária (HAMILL, 1999). Neste contexto, o treinamento proposto para ganho de força muscular, é de grande interesse para profissionais da saúde e para pesquisadores, sendo essencial para a prevenção e reabilitação do indivíduo acometido por disfunções musculoesqueléticas (LEHMKUHL; SMITH, 1998; VOIGHT; PRENTICE, 2003). Existem várias formas e métodos para se trabalhar a componente força muscular, destacando-se a prática de exercícios com sobrecarga como a mais utilizada, por sua característica de fácil controle e especificidade muscular por meio de exercícios localizados

Endereço: Avenida Castelo Branco, 82 - Bloco B 4º andar
Bairro: Chácara das Rosas **CEP:** 37.417-150
UF: MG **Município:** TRES CORACOES
Telefone: (35)3239-1246 **Fax:** (35)3239-1246 **E-mail:** cepunincor@unincor.edu.br



UNIVERSIDADE VALE DO RIO
VERDE - UNINCOR/MG



Continuação do Parecer: 5.134.861

(GRAVES; FRANKLIN, B.A, 2001). Houve grande avanço nos conhecimentos dentro da área de treinamento de força, resultando em melhorias significativas no desempenho físico e na rapidez de recuperação de lesões musculares (AQUINO et al., 2007). Nos últimos anos a metodologia de treino resistido até a falha concêntrica vem se popularizando (WILLARDSON, 2007). Neste tipo de treinamento, um número determinado de repetições é realizado até a fadiga muscular momentânea. As possíveis vantagens do treino até a falha concêntrica são um maior recrutamento de unidades motoras e conseqüentemente um maior estímulo para o ganho de força e hipertrofia (IZQUIERDO et al., 2006). Outro fator importante a destacar neste tipo de treinamento é a intensidade do treinamento em um curto período de duração. Estudos demonstraram que, devido a estas características, há uma relação direta entre a concentração de hormônios catabólicos (cortisol) e anabólicos (testosterona), indicando que o quadro metabólico induzido pelo método é favorável ao anabolismo proteico, potencializando o ganho de força e de resistência muscular localizada (BACARAU; UCHIDA, et al., 2004). A falha concêntrica é um fenômeno multifatorial, porém, ainda não totalmente elucidado pelo método científico. Segundo Rodrigues e Garcia (1998) a temperatura corporal, equilíbrio acidobásico e hidroeletrólítico, fluxo sanguíneo, atividade neural e disponibilidade de substratos podem se relacionar com a incapacidade do músculo de gerar força. Lapin et al. (2007), ressalta que há o estresse orgânico gerado e fortemente influenciado por metabólitos como creatinina, íons de hidrogênio e amônia causando alteração do pH muscular. Sustentando a informação anterior, Ascensão (2003) ressalta que tais metabólitos diminuem a amplitude do potencial de ação e a excitabilidade muscular, fazendo com que processo contrátil se tome prejudicado. Inúmeros são os benefícios sobre este método descritos na ciência, porém, independente dos benefícios obtidos, é importante ressaltar que as pesquisas comumente relacionam-se com aspectos de esforço prolongado (FERREIRA, 2010). Neste contexto, esta pesquisa busca estudar o metabolismo mineral, estresse oxidativos, temperatura superficial corporal e lactemia em indivíduos fisicamente ativos submetidos a exercícios resistidos até a falha muscular concêntrica com diferentes cargas/intensidades de treinamento.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar os efeitos do treinamento resistido até a falha concêntrica em diferentes percentuais de carga máxima.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Endereço: Avenida Castelo Branco, 82 - Bloco B 4º andar

Bairro: Chácara das Rosas

CEP: 37.417-150

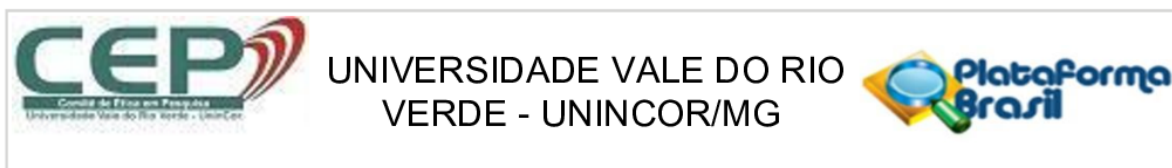
UF: MG

Município: TRES CORACOES

Telefone: (35)3239-1246

Fax: (35)3239-1246

E-mail: cepunincor@unincor.edu.br



Continuação do Parecer: 5.134.861

Os riscos associados à participação neste estudo são os existentes durante a execução de esforço físico realizados nos protocolos de aquecimento, dos exercícios resistidos na avaliação da força muscular e dos testes funcionais. No entanto, tendo em vista que esses protocolos serão realizados por profissional capacitado e utilizando-se ambiente e materiais adequados, esse risco será bastante minimizado. Os voluntários serão informados antes da realização dos procedimentos que poderão sentir cansaço ou alguma dor muscular durante e/ou após os exercícios, mas que tende a desaparecer em um curto espaço de tempo. Os exercícios serão interrompidos a qualquer sinal de sobrecarga, tais como dispnéia, sudorese exacerbada, queixa de cansaço ou qualquer outra manifestação contrária à continuação da realização do exame. Haverá também neste estudo a coleta de sangue. Esta coleta será realizada por profissional farmacêutico de laboratório de análises clínicas credenciado pelo Ministério da Saúde. O profissional que coletará o sangue é habilitado a utilizar os procedimentos. Entretanto, observamos que há a possibilidade de ocorrer riscos e desconfortos relacionados à coleta venosa, ainda que raros e passageiros, como dor localizada, hematoma, desmaio e infecção. Faz parte do processo de avaliação também o teste de eletromiografia de superfície. Esse método é não invasivo, indolor, sem contraindicação e tem a finalidade de mensuração da amplitude do sinal elétrico gerado no músculo durante sua contração nos exercícios. Nos locais onde serão fixados os eletrodos, a pele deverá ser limpa com álcool e será feita uma raspagem dos pelos. Para cada voluntário serão entregues lâminas descartáveis e lacradas para realização do processo, excluindo completamente os riscos de contaminação. A aplicação dos testes será realizada por pesquisadores previamente treinados, em ambiente adequado e seguro.

Benefícios:

Os benefícios com tal procedimento incluem uma avaliação detalhada da força e potência muscular; do comportamento mineral; da temperatura corporal superficial, e da atividade neuroelétrica muscular local. Além disso, uma vez finalizado o projeto, poderá trazer benefícios sobre a estratégia na prescrição de treinamento físico. Além disso, os resultados serão enviados para apresentação em eventos científicos e publicação em revistas científicas indexadas. Entretanto, os voluntários do presente estudo serão mencionados apenas por números em qualquer publicação ou material que possa resultar desta pesquisa. Dados específicos dos voluntários desta pesquisa serão confidenciais e só poderão ser tornados públicos com a permissão dos mesmos. As informações do estudo não serão analisadas em termos do desempenho individual de cada voluntário e sim da média de todos os voluntários participantes, reforçando o caráter confidencial dos dados da pesquisa.

Endereço: Avenida Castelo Branco, 82 - Bloco B 4º andar
Bairro: Chácara das Rosas **CEP:** 37.417-150
UF: MG **Município:** TRES CORACOES
Telefone: (35)3239-1246 **Fax:** (35)3239-1246 **E-mail:** cepunincor@unincor.edu.br



Continuação do Parecer: 5.134.861

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Elementos corretos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Elementos corretos.

Recomendações:

Após a aprovação do comitê de ética em pesquisa o projeto não poderá ser alterado ou modificado.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Nada pendente.

Considerações Finais a critério do CEP:

Após a aprovação do comitê de ética em pesquisa o projeto não poderá ser alterado ou modificado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1865645.pdf	26/11/2020 09:36:31		Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	26/11/2020 09:36:17	Anderson Ranieri Massahud	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_Consentimento.pdf	25/11/2020 08:27:50	Anderson Ranieri Massahud	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_Anuencia_Lab_Chavasco.pdf	25/11/2020 08:16:48	Anderson Ranieri Massahud	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_Anuencia_Unifal.pdf	25/11/2020 08:12:40	Anderson Ranieri Massahud	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_Parceria_Unincor.pdf	25/11/2020 08:10:30	Anderson Ranieri Massahud	Aceito
Cronograma	Cronograma.docx	25/11/2020 08:07:29	Anderson Ranieri Massahud	Aceito
Projeto Detalhado	Projeto_detalhado.docx	25/11/2020	Anderson Ranieri	Aceito

Endereço: Avenida Castelo Branco, 82 - Bloco B 4º andar

Bairro: Chácara das Rosas **CEP:** 37.417-150

UF: MG **Município:** TRES CORACOES

Telefone: (35)3239-1246 **Fax:** (35)3239-1246 **E-mail:** cepunincor@unincor.edu.br



Continuação do Parecer: 5.134.861

/ Brochura Investigador	Projeto_detalhado.docx	08:06:26	Massahud	Aceito
-------------------------	------------------------	----------	----------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

TRES CORACOES, 29 de Novembro de 2020

Assinado por:

Fabiano Guimarães Nogueira(Coordenador(a))

Endereço: Avenida Castelo Branco, 82 - Bloco B 4º andar
Bairro: Chácara das Rosas **CEP:** 37.417-150
UF: MG **Município:** TRES CORACOES
Telefone: (35)3239-1246 **Fax:** (35)3239-1246 **E-mail:** cepunincor@unincor.edu.br

ANEXO 2 – Parecer do Comitê de Ética e Pesquisa: estudo 2



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CINÉTICA DA CREATINA QUINASE, METABOLISMO MINERAL, MARCADORES DE DANOS MUSCULARES E TERMOGRAFIA SOBRE OS DIFERENTES PERCENTUAIS DE INTENSIDADE DE CARGA NO TREINAMENTO RESISTIDO ATÉ A FALHA CONCÊNTRICA.

Pesquisador: ANDERSON RANIERI MASSAHUD

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 21275519.7.0000.5158

Instituição Proponente: Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.654.377

Apresentação do Projeto:

O treinamento resistido (TR), destaca no cenário atual devido os resultados positivos que impactam diretamente na qualidade de vida. Atletas visam como resultados do TR, força, potência, e as alterações da composição corporal para a melhora da performance esportiva. Admiradores de aptidão física, visa os benefícios a saúde e mudanças da composição corporal aparente. Os praticantes do exercício resistido, variam seus treinos para promover melhores adaptações e resultados satisfatório com seus objetivos. As variáveis de um treinamento resistido, são as ferramentas que norteiam os profissionais e praticantes de exercícios resistidos sobre a intensidade de carga, intervalo de recuperação, desgaste muscular e o estresse oxidativo. A falha concêntrica e desencadeada pela fadiga, seja ela de origem central ou periférica. A fadiga é um fator limitante para o TR, entretanto seus resultados para hipertrofia e força são satisfatórios aos praticantes. Atentar para as alterações de desordem fisiológicas, são instrumentos de medidas da intensidade de carga do treinamento, monitoramento de riscos de lesões, resultados propostos atingidos e a fadiga. O presente estudo tem a finalidade de comparar os efeitos de diferentes intensidades de carga sobre o treinamento resistido até a falha concêntrica.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Endereço: Avenida Castelo Branco, 82

Bairro: Chácara das Rosas

CEP: 37.410-000

UF: MG

Município: TRES CORACOES

Telefone: (35)3239-1246

Fax: (35)3239-1246

E-mail: cepunincor@unincor.edu.br



Continuação do Parecer: 3.654.377

Comparar os efeitos de diferentes intensidades de carga sobre o treinamento resistido até a falha concêntrica.

Objetivo Secundário:

Verificar o comportamento da cinética Creatina Quinase-CK em diferentes intensidades de cargas até a falha concêntrica.

Comparar a temperatura corpórea dos membros inferiores através da termografia em treinamento resistido até a falha concêntrica, pré e pós teste.

Verificar o comportamento do sistema cardiovascular pré e pós treinamento resistido até a falha concêntrica via isoenzima CK-MB.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Acidente com material perfurocortante, e/ou sangue.

Lesão osteomuscular.

Lesão osteoarticular.

Benefícios:

Verificar em qual intervalo de intensidade de carga em treinamento resistido é mais eficiente em alcançar a fadiga.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Elementos corretos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Elementos corretos.

Recomendações:

O projeto de pesquisa não poderá ser alterado ou modificado após a aprovação do comitê de ética e pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

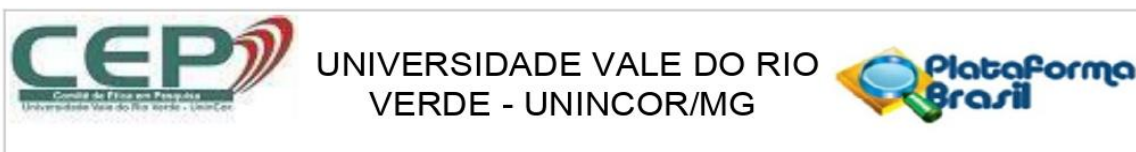
Nada pendente.

Considerações Finais a critério do CEP:

O projeto de pesquisa não poderá ser alterado ou modificado após a aprovação do comitê de ética e pesquisa.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: Avenida Castelo Branco, 82
Bairro: Chácara das Rosas **CEP:** 37.410-000
UF: MG **Município:** TRES CORACOES
Telefone: (35)3239-1246 **Fax:** (35)3239-1246 **E-mail:** cepunincor@unincor.edu.br



Continuação do Parecer: 3.654.377

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1418070.pdf	04/10/2019 01:19:06		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	04/10/2019 01:13:15	ANDERSON RANIERI MASSAHUD	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Detalhamento.pdf	13/09/2019 13:12:09	ANDERSON RANIERI MASSAHUD	Aceito
Folha de Rosto	4.pdf	13/09/2019 13:09:38	ANDERSON RANIERI MASSAHUD	Aceito
Cronograma	5.pdf	13/09/2019 13:05:37	ANDERSON RANIERI MASSAHUD	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	2.pdf	12/09/2019 21:13:57	ANDERSON RANIERI MASSAHUD	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	1.pdf	12/09/2019 21:11:31	ANDERSON RANIERI MASSAHUD	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

TRES CORACOES, 22 de Outubro de 2019

Assinado por:
Tarise Carvalho Borges de Moraes
(Coordenador(a))

Endereço: Avenida Castelo Branco, 82
Bairro: Chácara das Rosas **CEP:** 37.410-000
UF: MG **Município:** TRES CORACOES
Telefone: (35)3239-1246 **Fax:** (35)3239-1246 **E-mail:** cepunincor@unincor.edu.br