



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Jurandir Baptista da Silva

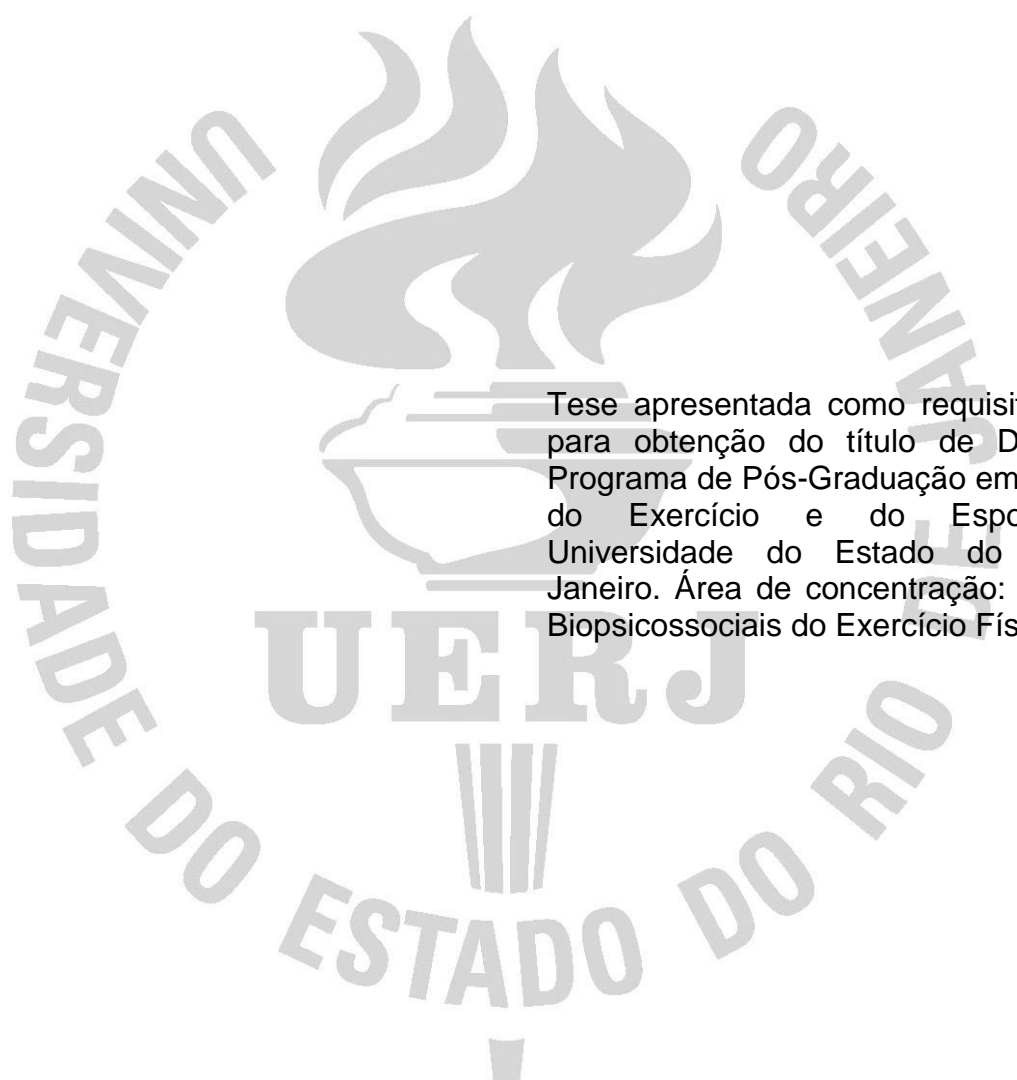
**Influência de diferentes intervalos de recuperação sobre o tempo
sob tensão, parâmetros neuromusculares e hemodinâmicos em
séries múltiplas no exercício supino reto**

Rio de Janeiro

2022

Jurandir Baptista da Silva

**Influência de diferentes intervalos de recuperação sobre o tempo sob tensão,
parâmetros neuromusculares e hemodinâmicos em séries múltiplas no
exercício supino reto**



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

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale

Rio de Janeiro

2022

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

S586

Silva, Jurandir Baptista da.

Influência de diferentes intervalos de recuperação sobre o tempo sob tensão, parâmetros neuromusculares e hemodinâmicos em séries múltiplas no exercício supino reto / Jurandir Baptista da Silva. – 2022.

74 f.: il.

Orientador: Rodrigo Gomes de Souza Vale.

Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Treinamento de força - Teses. 2. Exercícios físicos – Aspectos fisiológicos - Teses. 3. Sistema musculoesquelético – Teses. I. Vale, Rodrigo Gomes de Souza. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 796.015

Bibliotecária: Eliane de Almeida Prata. CRB7 4578

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

Assinatura

Data

Jurandir Baptista da Silva

**Influência de diferentes intervalos de recuperação sobre o tempo sob tensão,
parâmetros neuromusculares e hemodinâmicos em séries múltiplas no
exercício supino reto**

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

Aprovada em 08 de fevereiro de 2022.

Banca Examinadora:

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

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

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

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

Prof^a. Dra. Danielli Braga de Mello
Escola de Educação Física do Exército

Rio de Janeiro

2022

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho e a minha vida às duas pessoas fundamentais:

Minha mãe e meu filho. Razão e motivo da minha vida!

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale, pela paciência, por todo o conhecimento transmitido e pela forma criteriosa com a qual fez esta orientação. Aprendi muito! Obrigado por ter me dado a oportunidade de realizar este sonho.

Ao Professor Dr. Rodolfo Alkmim Nunes, membro da banca examinadora, que no decorrer do curso esteve sempre disposto a ajudar não só com conhecimento científico, mas muitas vezes com palavras amigas em momentos complicados.

Ao Professor Dr. Gustavo Casimiro, que com suas sugestões e disponibilidade em ajudar engrandeceu este trabalho.

Aos professores Dr. Guilherme Rosa, Dra. Danielli Braga de Mello, Dr. Rogério Santos de Aguiar e Dr. Dirceu Ribeiro Nogueira da Gama por gentilmente terem concordado em participar da comissão de avaliação deste trabalho.

Ao amigo e Professor Dr. Vicente Pinheiro Lima que me apresentou ao universo das pesquisas científicas e me orientou nesses últimos 18 anos. Faltam palavras para descrever sua influência na minha vida profissional e pessoal. Serei eternamente grato. Suas palavras “estudar para prosperar e ajudar sempre uma pessoa” ecoam na minha cabeça. Você é um exemplo!

Aos amigos do grupo de pesquisas em Biodinâmica do Exercício, Desempenho e Saúde (BIODESA) pela ajuda na coleta dos dados. Sem vocês este trabalho não teria acontecido.

Ao Sargento e Professor Dario que viabilizou as coletas na Comissão de Desportos da Aeronáutica (CDA). Seu empenho fez com que tudo fosse possível.

À toda direção da CDA e aos soldados que participaram deste estudo.

Os últimos são os primeiros, portanto, quero agradecer à minha família: minha irmã Luciane Baptista, meus afilhados Felipe e Maria Luiza e meu cunhado Fabio Nascimento. Vocês foram e serão sempre o meu suporte.

À minha esposa, Roberta Roza que me acompanha e se sacrifica desde o processo seletivo para este Doutorado que me deu forças para que eu seguisse. Você acreditou em mim até quando eu mesmo tinha dúvidas!

Ao amor da minha vida, meu filho Renan! Cada sacrifício por você vale a pena! Você é do jeitinho que eu queria mesmo!

No entanto, o agradecimento especial vai para minha mãe, D. Silvia Baptista da Silva. Seu esforço para me dar educação me trouxe até aqui. Seus ensinamentos sobre a importância da educação serão partilhados! Tenha certeza disso! Você é a responsável por tudo! Mil vezes obrigado! **NÓS CONSEGUIMOS!**

RESUMO

SILVA, Jurandir Baptista da. **Influência de diferentes intervalos de recuperação sobre o tempo sob tensão, parâmetros neuromusculares e hemodinâmicos em séries múltiplas no exercício supino reto.** 2022. 74 f. Tese (Doutorado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

INTRODUÇÃO: A variável intervalo de recuperação (IR) se mostra importante na prescrição do treinamento de força. No entanto, diferentes objetivos e instrumentações são utilizadas para a avaliação das respostas a manipulação desta variável sendo escassas informações na literatura sobre o comportamento de diferentes IR no tempo sob tensão (TST) e sua influência na resposta ao exercício. Dessa forma o objetivo do presente estudo foi avaliar a influência de dois diferentes IR sobre os parâmetros neuromusculares e hemodinâmicos no exercício supino reto. **MÉTODOS:** Para elucidar as questões norteadoras, foi realizada uma revisão sistemática e um protocolo experimental que utilizou o exercício supino reto para a determinação do TST e a posterior avaliação na execução de 3 séries com intervalos de recuperação de 90s (IR90) e 180 segundos (IR180) entre elas. Foram avaliados o número de repetições completadas (NR), o TST, os níveis de lactato (LAC), a força muscular (FM), o volume total de carga (VTC), a carga total (CT), o Índice de Fadiga (IF), a Eficiência (EF), as variáveis hemodinâmicas pressão arterial e frequência cardíaca (FC) e da percepção subjetiva de esforço (PSE). **RESULTADOS:** Através da Revisão Sistemática foi possível observar que os estudos apresentados verificaram a influência de diversos intervalos de recuperação nas respostas musculares e hemodinâmicas, no entanto de forma separadas e sem inclusão do TST. Com o protocolo experimental foi possível determinar o TST para 8, 10 e 12RM no supino reto (14,22 segundos, 17,18 segundos e 20,66 segundos, respectivamente). Nenhum dos intervalos foi capaz de manter o NR nas séries subsequentes ($p < 0,001$). Apenas o IR180 foi capaz de manter o TST. Os níveis de LAC foram maiores após a série 3 (S3) comparado ao pré-exercício ($p = 0,019$; $d = 6,61$; $\Delta\% = 201,66\%$) no IR90 e após a segunda (S2) ($p = 0,003$) e S3 ($p < 0,001$; $d = 7,84$, $\Delta\% = 249,68\%$) no IR180. Em ambos os protocolos houve um decréscimo da FM após a S3 (IR90 = $p < 0,001$; $d = -1,25$; $\Delta\% = -45,82\%$ / IR180 = $p < 0,001$; $d = -1,22$; $\Delta\% = -44,15\%$). O IR180 apresentou maior VTC ($p = 0,004$) e maior CT ($p = 0,009$). Não foram encontradas diferenças no LAC, na FM, no IF e na EF entre IR90 e IR180 ($p > 0,005$). Para as variáveis hemodinâmicas não foi verificada diferença entre séries e nem entre protocolos na Pressão Arterial Sistólica (PAS), na FC e na PSE. A Pressão arterial Diastólica (PAD) da S2 foi menor que a verificada no momento pré-exercício ($p < 0,001$) e imediatamente após a S1 ($p = 0,014$). Observou-se também uma PAD menor no IR90 ($p = 0,009$). **CONCLUSÃO:** A variável TST parece ser importante para avaliar as respostas ao exercício físico. O IR180 se mostrou mais eficiente para promover a recuperação do desempenho, quando comparado ao IR90, devendo ser priorizado para treinos com o objetivo de manutenção do volume de treinamento. O IR90 apresentou valores menores para a PAD ao longo das séries e quando comparado ao IR180.

Palavras-chave: Treinamento de força. Tempo sob tensão. Intervalo de recuperação.

ABSTRACT

SILVA, Jurandir Baptista da. **Influence of different rest intervals on time under tension, neuromuscular and hemodynamic parameters in multiple sets of bench press exercise.** 2022. 74 f. Tese (Doutorado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

INTRODUCTION: The rest interval (RI) variable is important in the prescription of strength training. However, different objectives and instrumentation are used to assess the responses to manipulation of this variable, and there is no information in the literature about the behavior of different RIs in time under tension (TUT) and their influence on the response to exercise. Thus, the aim of the present study was to evaluate the influence of two different rest intervals on neuromuscular and hemodynamic parameters in bench press exercise. **METHODS:** To elucidate the guiding questions, a systematic review and an experimental protocol was carried out using the bench press exercise to determine the TUT and subsequent evaluation in the execution of 3 sets with rest intervals of 90s (RI90) and 180s (RI180) among them. The number of completed repetitions (NR), TUT, lactate levels (LAC), muscle strength (MS), total load volume (TLV), total load (TL), Fatigue Index (FI) and Efficiency (EF). The hemodynamic variables: blood pressure, heart rate (HR) and perceived exertion (PE). **RESULTS:** Through the Systematic Review, it was possible to observe that the studies presented verified the influence of different rest intervals on muscle and hemodynamic responses, however separately and without including the TUT. With the experimental protocol it was possible to determine the TUT for 8, 10 and 12RM in the bench press (14.22 seconds, 17.18 seconds and 20.66 seconds, respectively). None of the intervals were able to maintain the NR in the subsequent series ($p < 0.001$). Only the RI180 was able to maintain the TUT. LAC levels were higher after series 3 (S3) compared to pre-exercise ($p = 0.019$; $d = 6.61$; $\Delta\% = 201.66\%$) in RI90 and after the second (S2) ($p = 0.003$) and S3 ($p < 0.001$; $d = 7.84$, $\Delta\% = 249.68\%$) in the RI180. In both protocols there was a decrease in MS after S3 (RI90 = $p < 0.001$; $d = -1.25$; $\Delta\% = -45.82\%$ / RI180 = $p < 0.001$; $d = -1.22$; $\Delta\% = -44.15\%$). The RI180 had higher TLV ($p = 0.004$) and higher TL ($p = 0.009$). No differences were found in LAC, MS, FI and EF between RI90 and RI180 ($p > 0.005$). For hemodynamic variables, there was no difference between series or between protocols in Systolic Blood Pressure (SBP), HR and PE. Diastolic blood pressure (DBP) at S2 was lower than that verified before exercise ($p < 0.001$) and immediately after S1 ($p = 0.014$). There was also a lower DBP in the RI90 ($p = 0.009$). **CONCLUSION:** The TUT variable seems to be important to assess responses to physical exercise. The RI180 proved to be more efficient to promote performance recovery, when compared to the RI90, and should be prioritized for training with the objective of maintaining the training volume. However, the RI90 presented lower values for the DBP throughout the series and when compared to the RI180.

Keywords: Resistance training. Time under tension. Recovery interval.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 ARTIGO: EVALUATION METHODS AND OBJECTIVES FOR NEUROMUSCULAR AND HEMODYNAMIC RESPONSES SUBSEQUENT TO DIFFERENT REST INTERVALS IN RESISTANCE TRAINING: A SYSTEMATIC REVIEW.....	13
2 ARTIGO: TIME UNDER TENSION, MUSCULAR ACTIVATION, AND BLOOD LACTATE RESPONSES TO PERFORM 8, 10, AND 12RM IN THE BENCH PRESS EXERCISE.....	18
3 ARTIGO: INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INTERVALOS DE RECUPERAÇÃO NA MANUTENÇÃO DO TEMPO SOB TENSÃO, NO NÚMERO DE REPETIÇÕES, FORÇA ISOMÉTRICA, LACTATO SANGUÍNEO E INDICADORES DE DESEMPENHO.....	32
4 ARTIGO: COMPORTAMENTO DO TEMPO SOB TENSÃO E DAS VARIÁVEIS HEMODINÂMICAS SOB A REALIZAÇÃO DO EXERCÍCIO SUPINO RETO COM DOIS DIFERENTES INTERVALOS DE RECUPERAÇÃO.....	51
CONCLUSÃO DA TESE.....	65
REFERÊNCIAS.....	68
ANEXO A – PAR-Q	70
ANEXO B – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	71

INTRODUÇÃO

O treinamento de força é usualmente aplicado para estimular o sistema musculoesquelético (GRGIC *et al.*, 2021). Esse tipo de treinamento é estabelecido como um método eficaz para o desenvolvimento da aptidão musculoesquelética e é recomendado para melhorar a saúde e o desempenho (HOLLINGS *et al.*, 2017). A rotina de treinamento planejada e executada adequadamente resulta em exercícios que, organizados sistematicamente, influenciam os níveis de força e hipertrofia muscular (SILVA *et al.*, 2017). Contudo, as magnitudes desses ganhos variam consideravelmente conforme o tipo de treinamento (HENWOOD, 2016).

Para aperfeiçoar esses ganhos, é importante compreender a interação entre as variáveis de treinamento como a carga externa, o volume, número de exercícios, número de repetições, duração das repetições, ordem dos exercícios, número de séries, intervalo de recuperação entre as séries e os exercícios, assim como o tempo sob tensão (TST) (LACERDA *et al.*, 2016). O TST é definido como o tempo acumulado em que os músculos estão sob tensão, sendo determinante para os resultados obtidos (ROGATZKI *et al.*, 2014). Dessa forma, o entendimento de definições, princípios e métodos para a prescrição de uma rotina de treinamento de força é necessário para uma prescrição segura e eficiente (SIMÃO *et al.*, 2012).

Outra variável importante a ser observada durante o treinamento é o tempo de intervalo de recuperação (IR) entre as séries. O IR pode ser definido como o período de recuperação entre séries dos exercícios durante a mesma sessão de treinamento. Os intervalos podem ser definidos em curtos (até 1 minuto), médios (1 a 3 minutos) e longos (mais de 3 minutos) (FINK *et al.*, 2017). Através do IR pode-se manipular o estresse exercido na musculatura pela adequação ou manutenção da intensidade e do volume do treinamento. Desta forma, diferentes períodos de recuperação entre séries e exercícios promovem distintas adaptações nos sistemas endócrino, muscular e cardiovascular (MCKENDRY *et al.*, 2016).

Grgic *et al.* (2017; 2018), em duas recentes revisões sistemáticas de literatura sobre os efeitos desses diferentes intervalos de recuperação, relacionaram o intervalo de recuperação com diversos objetivos de treino. Intervalos de recuperação longos permitem a manutenção da intensidade do treinamento,

elevando os ganhos de força. Contudo, para a hipertrofia muscular, séries consecutivas devem ser realizadas antes de uma recuperação total através de intervalos de recuperação mais curtos para promover aumento do estresse metabólico.

No entanto, durante a realização dos exercícios, o músculo estimulado desenvolve níveis de estresse oriundos da tensão mecânica das contrações musculares. Esse estresse muscular do treinamento de força reflete em dano muscular (desorganização de fibras musculares e liberação de metabolitos) (FERNÁNDEZ-VERDEJO *et al.*, 2017). Este processo também envolve mudanças de volume nas fibras musculares, liberação de marcadores bioquímicos, como a concentração de lactato (SCHOENFELD, 2013).

Sendo assim, diferentes intervalos de recuperação também podem incitar distintos trabalhos fisiológicos, podendo, desta forma, ser verificados através da análise sanguínea. Dentro deste cenário, a concentração de lactato sanguíneo vem sendo utilizada no intuito de avaliar a sobrecarga muscular imposta pelo TF (AZIZBEIGI *et al.*, 2015; MARTINS-COSTA *et al.*, 2016).

A fadiga é um outro indicador neuromuscular associado com a força muscular. Como a fadiga é proveniente de muitos fatores, uma série de definições foram propostas. Dentro do contexto do presente estudo, a fadiga será considerada como a interrupção na geração de força, ou seja, quando a resposta contrátil para um dado estímulo for menor do que o esperado (MACINTOSH e RASSIER, 2002). No treinamento de força, quando a fadiga se dá em contrações concêntricas, esta situação é comumente conhecida como falha concêntrica (PAZ *et al.*, 2017).

A falha concêntrica tem como pressuposto a relação força x velocidade. Essa condição reflete uma interdependência dessas duas variáveis, sendo que a medida que uma se modifica positivamente a outra por consequência se altera negativamente (NICKERSON *et al.*, 2020). Assim, diferentes intervalos de recuperação podem influenciar a capacidade da restauração da força durante as séries e por consequente manutenção da velocidade. Esse fato, pode acarretar alteração no número de repetições completadas em cada série, no entanto, não está claro se também há modificação do TST, o que podem gerar magnitudes diferentes dessas respostas musculares (ROGATZKI *et al.*, 2014). Dessa forma, é possível verificar a influência do exercício em alguns parâmetros de desempenho, analisando o volume e a intensidade através do índice de fadiga, volume total de treinamento e

a percepção subjetiva de esforço (ROBBINS *et al.*, 2010).

O exercício físico tem se mostrado também uma estratégia terapêutica eficiente para a melhoria da função cardiovascular nas diferentes populações clínicas (CHOVANEC; GRÖPEL, 2020). Contudo, além das influências associadas ao exercício nos parâmetros fisiológicos que envolvem a musculatura estriada esquelética, diferentes intervalos de recuperação também podem influenciar diretamente as variáveis hemodinâmicas. Figueiredo *et al.* (2011) verificaram uma maior demanda cardiovascular em intervalos de recuperação mais curtos (60 segundos) comparado ao a intervalos mais longo (180 segundos).

Pelo exposto, é importante verificar a resposta muscular em razão da manipulação de diferentes intervalos de recuperação. A manipulação destes intervalos pode promover alterações na manutenção do número de repetições, no tempo sob tensão (TST), na fadiga muscular e no comportamento hemodinâmico, o que pode, por consequência, influenciar o alcance dos objetivos e estratégias previamente estabelecidas, além da segurança da execução dos exercícios.

No entanto, não se verificou na literatura pesquisas que investigaram diferentes métodos de avaliação para mensurar a influência de diferentes intervalos de recuperação em variáveis neuromusculares e hemodinâmicas. Desta forma, analisar a influência dos exercícios nessas variáveis pode ajudar a treinadores e profissionais de musculação a prescrever, de forma cuidadosa e eficiente, os programas de treinamento. Assim, se mostra importante elucidar qual é a influência no corpo humano causado por diferentes intervalos de recuperação.

Pelo exposto, o presente estudo teve por finalidade identificar o tempo sob tensão para execuções múltiplas no exercício supino reto e as respostas musculares, realizar uma revisão sistemática sobre a métodos de avaliação para intervalos de recuperação, além de verificar a influência de diferentes intervalos de recuperação nos parâmetros neuromusculares e hemodinâmicos. Para tal, o estudo se dividiu em quatro artigos intitulados: 1 – Evaluation methods and objectives for neuromuscular and hemodynamic responses subsequent to different rest intervals in resistance training: a systematic review; 2 - Time Under Tension, Muscular Activation, and Blood Lactate Responses to Perform 8, 10, and 12RM in the Bench Press Exercise; 3 – Influência de diferentes intervalos de recuperação na manutenção do tempo sob tensão, no número de repetições, força isométrica, lactato sanguíneo e indicadores de desempenho; 4 – Comportamento do tempo sob

tensão e das variáveis hemodinâmicas sob a realização do exercício supino reto com dois diferentes intervalos de recuperação.

1 ARTIGO: EVALUATION METHODS AND OBJECTIVES FOR NEUROMUSCULAR AND HEMODYNAMIC RESPONSES SUBSEQUENT TO DIFFERENT REST INTERVALS IN RESISTANCE TRAINING: A SYSTEMATIC REVIEW

Artículo original

Evaluation methods and objectives for neuromuscular and hemodynamic responses subsequent to different rest intervals in resistance training: a systematic review

Jurandir Baptista da Silva^{1,2}, Leandro de Lima e Silva^{1,2}, Rodolfo Alkmim Moreira Nunes^{1,2}, Gustavo Casimiro Lopes^{1,2}, Danielli Braga de Mello⁴, Vicente Pinheiro Lima^{1,2}, Rodrigo Gomes de Souza Vale^{1,2,3}

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro (PPGCEE/UERJ), Rio de Janeiro, Brasil. ²Laboratório do Exercício e Esporte (LABEES/UERJ), Rio de Janeiro, Brasil. ³Laboratório de Fisiologia do Exercício, Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, Brasil. ⁴Escola de Educação Física do Exército (EEFEEx), Rio de Janeiro, Brasil.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00041

Recibido: 21/03/2020

Aceptado: 17/02/2021

Summary

Introduction: The training routine planned, and performed correctly results in exercises that, systematically organized, influence the levels of strength, and muscle hypertrophy. However, the magnitudes of these gains vary considerably. To optimize these gains, it is important to understand the interaction between training variables such as external load, volume, number of exercises, number of repetitions, duration of repetitions, the order of exercises, number of series, recovery interval between series, and the exercises, as well as the time under tension. The influence of the recovery interval on the response following exercise on neuromuscular components is very important. However, different objectives, and instruments are used to evaluate these responses.

Objective: The purpose of this study is to conduct a systematic review of the assessment methods, and objectives for responses after different recovery intervals in strength training. **METHODS:** The present study is characterized by a systematic review study. Articles found in the following databases were considered for the systematic review: Scopus, PubMed / MEDLINE, Web of Science, Cochrane Library. The following descriptors, and their respective synonyms according to the terms MeSH were used in the databases, both singular, and plural: "Resistance Training", "Rest Interval", and "Bench Press". As filters were used: a) species (humans), and type of study (original).

Results: Seven studies were analyzed that met the established criteria.

Conclusion: The studies presented have verified the influence of different recovery intervals on muscle, and hemodynamic responses. Evaluating image measurements such as ultrasound, and resonance, blood measurements such as GH, Testosterone, IGF-1, and Lactate, number of repetitions for performance, and fatigue, as well as heart rate, and blood pressure.

Key words:

Resistance training. Muscle stress. Rest. Recovery.

Métodos de evaluación y objetivos para las respuestas neuromusculares y hemodinámicas posteriores a diferentes intervalos de descanso en el entrenamiento de resistencia: una revisión sistemática

Resumen

Introducción: La rutina de entrenamiento planificada y realizada correctamente da como resultado ejercicios que, organizados sistemáticamente, influyen en los niveles de fuerza e hipertrofia muscular. Sin embargo, las magnitudes de estas ganancias varían considerablemente. Para optimizar estas ganancias, es importante comprender la interacción entre las variables de entrenamiento como la carga externa, el volumen, el número de ejercicios, el número de repeticiones, la duración de las repeticiones, el orden de los ejercicios, el número de series, el intervalo de recuperación entre series y los ejercicios, así como el tiempo bajo tensión. La influencia del intervalo de recuperación en la respuesta después del ejercicio en los componentes neuromusculares es muy importante. Sin embargo, se utilizan diferentes objetivos e instrumentos para evaluar estas respuestas.

Objetivo: El propósito de este estudio es realizar una revisión sistemática de los métodos y objetivos de evaluación para las respuestas posteriores a los diferentes intervalos de recuperación en el entrenamiento de fuerza. **MÉTODOS:** El presente estudio se caracteriza por un estudio de revisión sistemática. Los artículos encontrados en las siguientes bases de datos se consideraron para la revisión sistemática: Scopus, PubMed / MEDLINE, Web of Science, Cochrane Library. Los siguientes descriptores y sus respectivos sinónimos según los términos MeSH se utilizaron en las bases de datos, tanto en singular como en plural: "Entrenamiento de resistencia", "Intervalo de descanso" y "Bench Press". Como filtros se utilizaron: a) especies (humanos) y tipo de estudio (original).

Resultados: Se analizaron siete estudios que cumplieron con los criterios establecidos.

Conclusión: Los estudios presentados han verificado la influencia de diferentes intervalos de recuperación en las respuestas musculares y hemodinámicas. Evaluación de mediciones de imagen como ultrasonido y resonancia, mediciones de sangre como GH, testosterona, IGF-1 y lactato, número de repeticiones para el rendimiento y la fatiga, así como la frecuencia cardíaca y la presión arterial.

Palabras clave:

Entrenamiento de resistencia. Estrés muscular. Descanso. Recuperación.

Correspondencia: Leandro de Lima e Silva
E-mail: l.limaesilva@gmail.com

Introduction

Resistance training has usually applied to overload the musculoskeletal system¹. This type of training is established as an effective method for the development of musculoskeletal fitness, and is recommended to improve health, and performance². The planned, and properly executed training routine results in exercises that, systematically organized, influence muscle strength, and hypertrophy levels³. However, the magnitudes of these gains vary considerably⁴.

To improve these gains, it is important to understand, and the interaction between training variables such as external load, volume, number of exercises, number of repetitions, repetition duration, exercise order, number of series, the interval of recovery between series, and exercises, as well as tense time⁵. Thus, the understanding of definitions, principles, and methods for the prescription of a force training routine is necessary for a safe, and efficient prescription⁶.

An important variable explored during training is the rest interval time (RI) between the series. The RI can be defined as the recovery period between exercise series during a training session. Intervals can be set in short (up to 1 minute), medium (1 to 3 minutes), and long (more than 3 minutes)⁷. Through it, one can manipulate the stress exerted in the musculature by the adequacy or maintenance of the intensity, and volume of training.

According to the data included in a recent systematic review⁸, when the goal of training is strength gains, long RI should be prioritized thus allowing the maintenance of the number of repetitions. However, to optimize muscle hypertrophy gains, short RI is suggested to promote increased metabolic stress, and possible anabolism⁹.

In addition to the muscle system, the prescription of strength training exercises also influences the responses of other systems of the human body¹⁰. Different RI between series promotes different influences on cardiovascular, endocrine, and neural systems¹¹. The variation in heart rate, blood pressure, the varying curves of specific hormone, and enzyme levels, and the behavior of the spread of action potential are some examples.

Some instruments, and methods are used to evaluate these parameters. Blood collections, imaging tests such as thermography, and ultrasound, electromyography, dual energy radiological absorptiometry (DXA) are examples of specific evaluations on biological response. Moreover, the maintenance of the number of repetitions performed also represents an important response to the exercises¹².

The influence of these RI on the response following the exercise of neuromuscular, hemodynamic, and biochemical components is very important. However, as exposed, different objectives, and instrumentations are used to evaluate these responses. Thus, the present study aims to conduct a literature review aimed at identifying, and analyzing the objectives, and evaluation methods for the responses after different recovery intervals in resistance training.

Material and method

This study is in line with the American College of Sports Medicine policies regarding animal, and human experimentation.

The present study is characterized by a systematic review study, being carried out according to the instructions of the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews, and Meta-Analysis (PRISMA) statement¹³. Thus, this systematic review adopted the following inclusion criteria: a) studies that investigated the influence of rest intervals in muscle performance; b) studies that presented detailed methodology, sufficient for full understanding of the experimental design; c) studies that used some instrumentation for muscle performance analysis; (d) articles using the bench press exercise; f) Articles published in English. Articles dated before 2014 were deleted.

Articles found in the following databases were considered for the systematic review: Scopus, PubMed/MEDLINE, Web of Science, Cochrane Library. The following descriptors, and their respective synonyms under the terms MeSH: "Resistance Training", "Rest Interval", and "Bench Press" were used in the databases. As filters were used: a) species (humans), and type of study (original).

These terms have been adjusted for search in each database. The complete search strategy was carried out in four phases. In phase 1 (identification), publications potentially eligible for review were verified. This phase was from 03 to 7 of September in 2019. In the 2nd phase (Screening) two researchers Doctors experienced in the area performed the reading of the titles to verify the adequacy to the purpose of this review, and the duplicity of the articles derived from the databases. When a decision could not be made from the readings of the titles, the abstract was used, and, remaining doubt, the reading of the article in full was made. In the 3rd phase of the selection of articles (eligibility) the inclusion, and exclusion criteria established according to the objective proposed in the systematic review, and the verification of the risk of bias were applied to attest to the methodological quality of each study also by experienced researchers in the area of the study. After this phase, the publications that filled out these assumptions moved to the 4th phase (inclusion), thus being included in this review. If necessary, in the items where there was no consensus, the third researcher did the final analysis. All data were entered, and quantified in a data sheet.

Results

Of the 79 studies found through the search strategy, 72 were excluded, and 7 studies met the inclusion criteria proposed, and were included in the present study. The following flowchart presents the process of selecting articles (Figure 1).

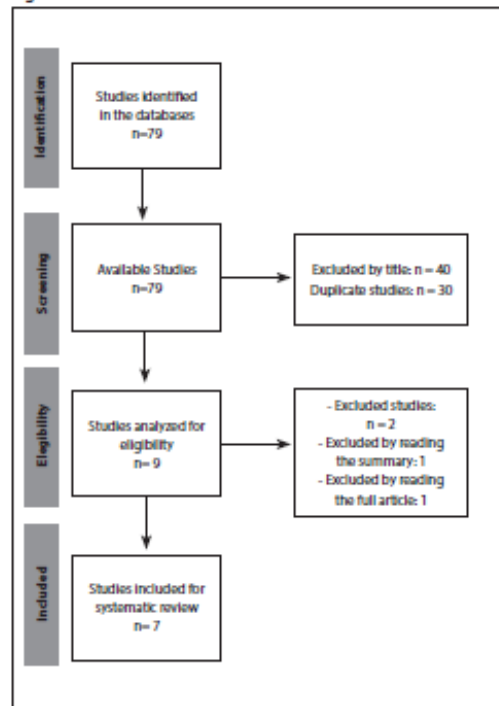
The Table 1 describes the sample participants, and the protocols used in each reviewed study.

The Table 2 presents the objective results, measured variables, and methods used to contemplate the objectives.

Discussion

After the selection process of articles, seven studies were included, and analyzed in full by this systematic review. These showed comparisons between different times of recovery intervals, and used the straight supine exercise. Of these, four studies included only men, two included men, and women, and one of them did not present this

Figure 1. Flowchart of selection of articles.



Information. Thus, no studies were observed, and there were no women exclusively in their samples. Considering that this population has specific characteristics, such as hormonal ones, for example²¹, the information on the influence of the recovery interval on bodybuilding exercises on biological responses is an important gap in the literature.

In addition, only one investigation observed the influence of different recovery intervals on strength in the elderly. In his study, Villanueva *et al.*¹⁴ verified the effect of 1, and 4 minutes of recovery intervals on body composition, and muscle, and functional performance in 22 elderly men. A 12-week intervention was performed with a program that contained seven strength training exercises, including exercises for upper, and lower limbs. X-ray absorptiometry (DXA) was used to assess body composition. The Star excursion balance, and Margaria power tests checked the performance of the functional control variables of the movement in addition to the 1RM Test to assess muscle strength. The results for this population differ from those performed in young people, when they found that 8 weeks of high-intensity strength TR periodized with short IR induces significantly greater improvements in body composition, muscle performance, and functional performance, compared to the same prescription of RT with higher IR.

From the above, it is understood that for the elderly, a short IR may be sufficient for muscle strength gains. However, for trained young people, most studies have concluded that individuals need a longer-term IR to maximize gains in muscle strength⁶. However, these results are still controversial, as considerable gains in muscle strength can be achieved with a short-term interval. A great example is the study by Bottaro *et al.*²² that verified similar muscle strength gains when comparing short intervals with longer intervals.

To make up the protocols of the studies evaluated in this review, the researchers chose to use percentages of the maximum load, thus making the execution of the exercises at submaximal intensities. Of the

Table 1. Authors, sample, and protocols used.

Author	Sample	Protocol
Villanueva <i>et al.</i> ¹⁴	22 men	2/4 sets/exercise, 8-15 repetitions of 7 exercises for 3 days/week for 12 weeks 2 RI protocols: 1, and 4 minutes
Fink <i>et al.</i> ¹⁵	14 men	4 sets of bench press followed by 4 sets of 40% 1RM squats with 1 sec in concentric phases, and 2 sec in eccentric phases for 8 weeks 2 RI protocols: 30s (n=7), and 150s (n=7)
Davó <i>et al.</i> ¹⁶	31 students (18 men, and 13 women)	5 sets of 8 repetitions on bench press straight with 40% of 1RM 3 RI protocols: 1, 2, and 3 minutes
De Salles <i>et al.</i> ¹⁷	27 people divided into 2 groups: G1 - exercises for lower limbs, and G2 - exercises for upper limbs.	3 sets with 75% of 1RM 2 RI protocols: 2 min, and self-suggested
Schoenfeld <i>et al.</i> ¹⁸	21 men	3 sets of 8 to 12 RM of 7 different exercises per session, 3 times/week for 8 weeks 2 RI protocols: 1, and 3 minutes.
Figueiredo <i>et al.</i> ¹⁹	11 prehypertensive men	3 sets of 8 to 10 repetitions with 70% of 1RM 2 RI protocols: 1, and 2 minutes
Monteiro <i>et al.</i> ²⁰	28 participants: 12 women, and 16 men	4 sets with 100% 10RM 4 RI protocols: 1) Bench press followed by Leg Press with 3 minutes of RI; 2) Leg Press followed by a bench press with 3 minutes of RI; 3) Straight bench press followed by leg press without RI; 4) Leg Press followed by Straight Bench Press without RI

Table 2. Objectives, variables, and methods used.

Author	Objective	Measured variables	Methods
Villanueva et al. ¹⁴	Check the effects of RI on body composition, and muscle performance	1. Body composition 2. Functional Performance 3. Muscle Performance	1. X-ray absorptiometry (DEXA) 2. Star excursion balance test, Margaria power test, 400-m walk
Fink et al. ¹⁵	Check different RI in acute, and chronic hormonal responses in hypertrophy, and strength gains.	1. GH, T, IGF-1 were verified before (B), immediately after (P0), 15 min after (P15), 30 min after (P30), and 60 min after (P60) TF sessions. 2. Total volume of training performed in the 4 sets 3. Muscle cross-sectional area before the start of the TF program, and in the last week after the last training session (week 9) 4. Muscle strength tests were performed during the week, before, and after the training period.	1. Precubital Blood Samples 2. Total number of repetitions 3. Magnetic resonance 4. 1RM Test
Davó et al. ¹⁶	To verify the influence of different RI between the series on the output power performance, and the physiological, and perceptual variables.	1. Average power, and peak power 2. Lactate concentration was collected 1 minute before, and after each protocol. 3. Perceived effort after training session 4. Late muscle pain was reported 24, and 48 hours after the training session.	1. T-Force System 2. Ear lobe blood samples 3. Borg Scale (CR-10) 4. The subjects were asked: "How painful are the muscles?". Subjective feeling on a scale of 0 to 10 (0 = no pain; 10 = much pain)
De Salles et al. ¹⁷	Check the effects of fixed RI compared to self-suggested	Exercise Performance	Number of repetitions
Schoenfeld et al. ¹⁸	Check the effects of different RI	1. Muscle strength 2. Muscle endurance 3. Muscle thickness	1. 1RM test 2. 50% from 1RM to failure 3. Ultrasonography
Figueiredo et al. ¹⁹	To compare the effects of different RI between sets, and exercises on hemodynamic variables.	1. Systolic Blood Pressure 2. Heart Rate	1. Automatic oscillometric device 2. Heart Rate Monitor
Monteiro et al. ²⁰	Check the influence of exercise order, and RI for an alternating TF sequence of bench press (BP), and leg press (LP) exercises.	Neuromuscular Fatigue Resistance - Fatigue Index (FI)	Number of repetitions completed using the equation proposed by Diplá et al. (2009)

seven studies analyzed, two used in their protocols the maximum value of overload verified in the preliminary tests also in their experimental protocols. Just like Villanueva et al.¹⁴, Fink et al.¹⁵ also used the 1RM test to assess strength gains. However, Fink et al.¹⁵ also used blood measurements collected in the antecubital fossa to analyze GH, Testosterone, and IGF-1 levels. Magnetic resonance imaging to evaluate the cross-section area completed the measurements applied by Fink et al.¹⁵ to compare the effects of 30, and 150s of recovery interval between 4 sets to 40% of 1RM in 14 men. Load intensity is an important variable for strength training because it influences muscle responses²¹. However, in conclusion, the results of Fink et al.¹⁵ suggest that acute hormonal responses, as well as chronic changes in hypertrophy, and muscle strength in low load training to failure, are independent of the duration of the rest interval.

Fink et al.¹⁵, blood measurements also served as a parameter for Davó et al.¹⁶ evaluate the influence of different recovery intervals in the performance of 5 sets of the supine exercise straight to 40% of 1RM in 31 participants. However, unlike Fink et al.¹⁵, the authors verified lactate

levels, coming from blood collections in the earlobe. The T-Force dynamic strength measurement system was used to evaluate muscle strength. The perception of subjective exertion, and late muscle pain were also verified, respectively, through the Borg scale (CR-10), and the specific question "How sore are your muscles". The results suggest that an IR of 2 or 3 minutes is required for mechanical, and physiological recovery, however, there may be little difference between the rest intervals of 2, and 3 minutes.

Schoenfeld et al.¹⁸ then used 1, and 3 minutes of recovery interval for 3 sets of 8-12RM to verify muscle parameters in 21 men. However, the authors differed when using ultrasonography as an instrument. Muscle resistance was also verified through the number of repetitions performed with 50% of 1RM up to concentric failure. Schoenfeld et al.¹⁸ applied the 1RM test to verify muscle strength approaching this time to the study by Fink et al.¹⁵, and that conducted by Villanueva et al.¹⁴. Thus, the 1RM test is widely used in the studies, although in practice it is ineffective because it does not represent the reality of the prescription of ST exercises²².

An alternative to check the accumulated volume of the training is the count of the number of repetitions. This method was used by De Salles *et al.*¹⁷ who observed the influence of the recovery interval in 27 men. The study by De Salles *et al.*¹⁷ unlike demias, used a different strategy for the recovery interval. It compared the set interval of 2 minutes with the self-suggested by the participants. The results showed no significant differences in the number of repetitions between 2 min, and with the self-suggested interval, and that the self-suggested IR group spent on average less time recovering than the group with IR fixed in 2 min. The authors suggest that for trained individuals, the self-suggested method may be an effective option. In addition, the suggested auto IR can reduce the total duration of the training session, which can be an interesting strategy.

Monteiro *et al.*²⁰ also used the number of repetitions to calculate the muscle fatigue index in 28 participants divided into 4 recovery protocols. However, this was the only study verified in this review that aimed to evaluate the influence of different recovery intervals that included both sexes. Twelve women, and 16 men, both trained, performed four sets with 100% load of 10RM until the concentric failure in order to complete the maximum number of repetitions with different recovery intervals between the straight supine, and squat exercises.

Figueiredo *et al.*¹⁸ were the only researchers found in the present review, who verified the influence of different recovery intervals on hemodynamic variables. 1, and 2 minutes of interval were applied to 3 sets of 8-10 repetitions with 70% of 1RM. Through an automatic oscillometric device, and a monitor of its own, and specific measurements of heart rate, and blood pressure were obtained. The authors found that 1 or 2 minutes of rest between sets, and exercises can reduce blood pressure after training sessions. However, resting 1 minute between sets, and exercises were associated with increased cardiac stress, and, therefore, this may require the prescription of longer rest intervals between sets, and exercises when working with individuals who have been diagnosed with cardiovascular dysfunction.

Conclusion

The studies presented verified the effect of different rest intervals on muscle, and hemodynamic responses. Imaging measurements such as ultrasound, and resonance, blood measurements such as GH, Testosterone, IGF-1, and Lactate, repetition numbers for performance, and fatigue, as well as heart rate, and blood pressure were observed.

However, according to this systematic review, articles in the literature need to analyze the association of these measures, demonstrating how the behavior of these variables is together. Moreover, neuromuscular behavior is a variable that includes muscle, and neural parameters, reflecting both muscle activation, and the fatigue process, and electromyography is an appropriate instrumentation for this purpose. In addition, time under tension (TUT) is an important variable for the evaluation of the volume, and intensity of the training, which is not verified in any study of the present systematic review.

Given the above, studies that associate muscle, blood, and hemodynamic measurements, as well as those using electromyography as instrumentation, and TUT as a variable, are suggested.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

1. Medicine ACoS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
2. Branco BHM, Carvalho IZ, de Oliveira HG, Farihar AP, dos Santos MCM, de Oliveira LP, *et al.* Effects of 2 Types of Resistance Training Models on Obese Adolescents' Body Composition, Cardiometabolic Risk, and Physical Fitness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2019.
3. Fleck SJ, Kraemer WJ. Fundamentos do treinamento de força muscular. Artmed Editora; 2017.
4. Harwood T. Using evidence in practice: the role of resistance training in avoiding aged care. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2016;24:596-5.
5. Lacena LT, Martins-Costa HC, Diniz RC, Lima FV, Andrade AG, Tourinho FD, *et al.* Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2016;30(1):251-8.
6. Simão R, De Salles BF, Figueiredo T, Dias J, Willardson JM. Exercise order in resistance training. *Sports Medicine*. 2012;42(3):251-65.
7. de Salles BF, Simão R, Miranda F, de Silva Novaes J, Lemos A, Willardson JM. Rest interval between sets in strength training. *Sports Medicine*. 2009;39(9):765-77.
8. Grigic J, Lazinica B, Mikulic P, Krieger JW, Schoenfeld BJ. The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. *European journal of sport science*. 2017;17(8):983-93.
9. Grigic J, Schoenfeld BJ, Skrapnik M, Davies TB, Mikulic P. Effects of rest interval duration in resistance training on measures of muscular strength: a systematic review. *Sports Medicine*. 2018;48(1):137-51.
10. Schoenfeld BJ, Ogborn DJ, Krieger JW. Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 2015;45(4):577-85.
11. Nogueira DV, Silva SB, de Abreu LC, Valenti VE, Fujimori M, de Mello Monteiro CB, *et al.* Effect of the rest interval duration between contractions on muscle fatigue. *BioMedical engineering online*. 2012;11(1):89.
12. Schoenfeld BJ, Ogborn DJ, Krieger JW. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sports sciences*. 2017;35(11):1073-82.
13. Liberati A, Altman D, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche P, Ioannidis J, *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions. *BMJ*. 2009;339.
14. Vilanueva MG, Lane CJ, Schroeder ET. Short rest interval lengths between sets optimally enhance body composition and performance with 8 weeks of strength resistance training in older men. *European journal of applied physiology*. 2015;115(2):295-308.
15. Fink JE, Schoenfeld BJ, Kikuchi N, Nakazato K. Acute and long-term responses to different rest intervals in low-load resistance training. *International journal of sports medicine*. 2017;38(02):118-24.
16. Davó JH, Solana RS, Math JMS, Fernández JF, Ramón MM. Rest interval required for power training with power load in the bench press throw exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2016;30(5):1265-74.
17. De Salles BF, Polito MD, Goessler KF, Mannarino P, Matta TT, Simão R. Effects of fixed vs. self-suggested rest between sets in upper and lower body exercises performance. *European journal of sport science*. 2016;16(8):927-31.
18. Schoenfeld BJ, Pope ZK, Benik FM, Hester GM, Sellers J, Noonan JL, *et al.* Longer inter-set rest periods enhance muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men. *Journal of strength and conditioning research*. 2016;30(7):1805-12.
19. Figueiredo T, Willardson JM, Miranda H, Bantes CM, Machado Reis V, Freitas de Salles B, *et al.* Influence of rest interval length between sets on blood pressure and heart rate variability after a strength training session performed by prehypertensive men. *Journal of strength and conditioning research*. 2016;30(7):1813-24.
20. Monteiro ER, Steele J, Novaes JS, Brown AF, Cavanaugh MT, Vington JL, *et al.* Men exhibit greater fatigue resistance than women in alternating bench press and leg press exercises. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2019;59(2):238-45.
21. Ribeiro AS, Aguiar AF, Schoenfeld BJ, Nunes JP, Cavalcante EF, Cadore EL, *et al.* Effects of different resistance training systems on muscular strength and hypertrophy in resistance-trained older women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2018;32(2):545-53.
22. Bottaro M, Ernesto C, Coles R, Farinatti P, Brown L, Oliveira R. Effects of age and rest interval on strength recovery. *International journal of sports medicine*. 2010;31(01):22-5.
23. Da Silva B, Lima VP, De Castro JB, Par GA, Novaes JS, Nunes RDAM, *et al.* Analysis of myoelectric activity, blood lactate concentration and time under tension in repetitions maximum in the squat exercise. *Journal of Physical Education and Sport*. 2018;18(4):2478-85.

2 ARTIGO: TIME UNDER TENSION, MUSCULAR ACTIVATION, AND BLOOD LACTATE RESPONSES TO PERFORM 8, 10, AND 12RM IN THE BENCH PRESS EXERCISE

41



Journal of Exercise Physiologyonline

December 2017
Volume 20 Number 6

Official Research Journal of
the American Society of
Exercise Physiologists

ISSN 1097-9751

JEPonline

Time Under Tension, Muscular Activation, and Blood Lactate Responses to Perform 8, 10, and 12RM in the Bench Press Exercise

Jurandir Baptista da Silva^{1,2}, Vicente Pinheiro Lima^{1,2}, Jefferson da Silva Novaes³, Juliana Brandão Pinto de Castro¹, Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes¹, Rodrigo Gomes de Souza Vale^{1,4}

¹Postgraduate Program in Exercise and Sport Sciences/Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, Brazil, ²BIODESA Institute, Research Group of Performance, Biodynamics, Exercise and Health, Castelo Branco University, Rio de Janeiro, Brazil, ³School of Physical Education and Sports, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, ⁴Laboratory of Exercise Physiology/Estácio de Sá University, Cabo Frio, RJ, Brazil

ABSTRACT

Silva JB, Lima VP, Novaes JS, Castro JBP, Nunes RAM, Vale RGS. Time Under Tension, Muscular Activation, and Blood Lactate Responses to Perform 8, 10, and 12RM in the Bench Press Exercise. *JEPonline* 2017;20(6):41-54. The aim of this study was to compare the time under tension (TUT), the electromyographic activity (EMG), and the lactate levels (LAC) between 8, 10, and 12RM in the bench press exercise. Eleven physically active men participated in this study. The TUT was verified through kinematics. After 48 hrs, the subjects performed the exercise with the TUT and the load obtained in the tests with the evaluation of EMG and LAC. ANOVA revealed significant differences in all protocols in the TUT and LAC variables ($P < 0.05$) in ascending order to the number of repetitions ($8 < 10 < 12RM$). The pectoralis major muscle (sternocostal part) presented higher EMG signal for the 12RM compared to the 8 and 10RM protocol. The pectoralis major (clavicular part) presented a lower EMG signal for the 12RM protocol. However, the deltoid and triceps brachii did not show any difference in the EMG response. The findings indicate that the control of the volume/intensity ratio and the prescription in the repetition ranges of the exercise proposed can be performed based on the TUT.

Key Words: Electromyography, Resistance Training, Strength

INTRODUCTION

Resistance training is practiced by individuals interested in an increase in sports performance or improvement in activities of daily living (29). Resistance training (RT) is applied to overload the musculoskeletal system and stimulate the progressive increase of muscle strength (10). It is also used to develop the foundation of musculoskeletal skills, such as hypertrophy and localized muscular resistance (23). The results are associated with significant changes in mechanical, hormonal, and metabolic responses (7).

The magnitude of the training load and the number of repetitions can be prescribed inversely. In the practical intervention, the adjustment of the load occurs in an absolute way through the number of repetition maximum (RM) (31). During the training of one or more RM, there is a certain interval covered by the production of muscular strength, which is known as time under tension (TUT). The TUT is related to the number of repetitions because the muscular tension is associated with the product of force by the displacement (18).

The volume and intensity ratio can also be calculated using the TUT (5). However, the relation between training volume and neuromuscular adaptations may not present linearity (13). Training protocols adjusted by TUT with different numbers and durations of repetitions induce distinct acute neuromuscular responses (18,33). Even if the number of repetitions and the TUT are similar, it is possible to realize a different neuromuscular response according to the levels of physical fitness and the type of exercise (21).

The TUT can generate different concentrations of blood markers of muscle stress due to the execution time of the exercise (11). Among these markers the lactate stands out because it has a strong relationship caused by the RT protocols and the increase in the hormonal responses related to muscular hypertrophy (32). The absolute value of the lactate concentration depends on the number of sets and repetitions, the relative intensity of the exercise, and the amount and size of the muscles involved (12). The increase in lactate concentration is also commonly associated with a decrease in neuromuscular performance during training until maximal repetition (20). In this context, the analysis of these responses allows for characterizing different domains of exercise intensity (1).

Changes in the mechanical stimulus generated by different TUT and number of muscle contractions may influence the production of force (26). Muscle strength depends on the central nervous system and the modulation of the combination between recruitment and the frequency of motor unit activation (30). The surface electromyographic activity (EMG) can evaluate the analysis of muscle activity pattern between certain protocols and exercises (4). The amplitude of the electromyographic signal is qualitatively related to the amount of torque (or force) measured at a joint, although it does not necessarily reflect the value of the force generated by a contracting muscle. This is the reason why the electromyographic data can provide information regarding muscular strength (22).

The control of the neuromuscular and metabolic variables descendant from the manipulation of the volume and intensity ratio in the RT is important for the efficient prescription of exercises (31). However, the mean TUT in the maximal velocity in the bench press exercise and its muscular responses in multiple repetitions are not yet clarified in the scientific literature. Therefore, the purpose of this study was to compare the TUT, the EMG, and the

blood lactate concentration (LAC) between 8, 10, and 12RM in the maximal velocity in the bench press exercise.

METHODS

Subjects

This is a comparative study with a transversal design. Eleven active males participated in this study. Table 1 presents the descriptive characteristics of the subjects. To be included in the study, the subject had to practice physical exercise regularly for at least 6 months and have a training frequency of at least 2 d·wk⁻¹. Individuals with injury or pain that could interfere with the correct execution of the proposed exercise, those with a positive PAR-Q (28), and those who missed any data collection were excluded from this study.

Table 1. Descriptive Data of the Subjects (N = 11).

Variables	Mean ± SD	Maximum	Minimum	P-value (SW)
Age (yrs)	19.09 ± 0.30	20.00	19.00	0.981
Body weight (kg)	67.89 ± 6.60	79.75	58.50	0.132
Height (m)	1.71 ± 0.05	1.75	1.63	0.301
BMI (kg·m ⁻²)	23.38 ± 2.46	27.36	19.10	0.143
%BF	7.99 ± 1.61	10.30	4.40	0.162
LD8RM (kg)	68.86 ± 5.05	80.00	62.50	0.337
LD10RM (kg)	61.18 ± 6.88	70.00	45.00	0.691
LD12RM (kg)	53.86 ± 7.45	67.50	40.00	0.285

SD = Standard Deviation; BMI = Body Mass Index; %BF = Percentage of Body Fat; LD = Load Determination; SW = Shapiro Wilk

The research protocol was approved by the Research Ethics Committee of the Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE/UERJ), under the number 1.823.683. The subjects who agreed to participate in this study signed an informed consent form in accordance with the guidelines regarding human research delineated in the Resolution 466/2012 of the National Health Council and the Declaration of Helsinki.

Procedures

The measurement of body weight and height were assessed through a mechanical balance (Filizola®, Brazil) and a portable stadiometer (Seca®, Baystate Scale & Systems, USA), respectively. In addition, the BMI was computed. The protocol of three skinfolds was used to estimate the body fat percentage (17).

The subjects received information about the correct technique of execution of the proposed exercise. The position of the individual in bench press in the apparatus Smith Machine (Righetto, High On, Brazil) was in supine position with both feet on the floor, column with physiological curvatures preserved, shoulders in abduction of 90° and elbows flexed at 90°. In

this position, the back of the arm was touching a rope sustained by two trestles limiting the lower amplitude.

In the execution of the bench press exercise, horizontal adduction of shoulder, abduction of shoulder girdle, and full elbow extension to 0° were carried out, which determined the final point of the movement. The final point was marked by a label placed on the support bar of the Smith Machine, which served as a limit of the execution. The failure of the movement was observed, as well as the withdrawal of the seat back and/or legs off the ground. If the execution was not in accordance with the standards, the collection was canceled and rescheduled (29).

Eight, Ten, and Twelve-Repetition Maximum Load Determination

The purpose of the 8, 10, and 12RM tests was to measure the maximum load at the highest possible pace (31). The RM tests were performed on different days with at least a 48-hr interval between the tests. The test was stopped when the subject performed the movement with the incorrect technique and/or when voluntary concentric failures occurred.

In order to be aware of the whole routine that involved the data collection, the subjects received standardized instructions before the test. The examiner was aware of the position adopted by the subject during the test to avoid small variations in the positioning of the joints involved in the movement. Verbal stimulus was provided to the subjects to maintain a high level of motivation (23).

The interval between attempts during the tests was 5 min. The subjects were not to consume any stimulant drink (alcohol or caffeine) or perform any physical activity 48 hrs before the tests. The techniques of proposed exercise were standardized and followed in all tests (27). All the collection procedures were performed previously for the training of the examiners who presented an intraclass correlation coefficient (ICC) higher than 0.90.

Time Under Tension (TUT)

The timing of the TUT of each subject was verified in the satisfactory execution of the 8, 10 and 12RM tests using the technique of counting time through cinemetry with the Kinovea software 8.15 (3). To verify the time of beginning and ending of the movement, as well as the behavior of the angular and linear joint kinematics, reflective markers were attached to the wrists, elbows, and shoulders to ensure the movement pattern. The images were acquired by a camera (Sony, Japan) positioned on a tripod in the frontal plane in order to allow the full view of the movement.

Electromyographic Activity

Surface EMG signals were captured using an 8-channel electromyograph (EMGSystem do Brasil Ltda., São Paulo, Brazil) with total gain of 1000, 110 dB common mode rejection, and 8 to 500 Hz, scanned to a computer via a 16-bit resolution A/D conversion card, and at the sampling rate of 1000 Hz.

The EMG signal was captured through passive Ag/AgCl bipolar surface electrodes with 1 cm uptake area and 2 cm interelectrode distance. The electrodes were positioned on the pectoralis major, clavicular part (CP) and sternocostal part (SP), triceps brachii (TB), and clavicular (anterior) deltoid (CD) muscles. Before the placement of the electrodes, tricotomy,

abrasion, and posterior asepsis of the skin with cotton soaked in alcohol were performed. The reference electrode was attached to the clavicle. Both the recording electrodes and the reference electrode were fixed by adhesive tape according to the recommendations of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology (22).

The obtained signal was evaluated in the MyoResearch XPTM Software (Noraxon Inc., USA) and presented as Root Mean Square (RMS). The technique of the Mean of the EMG Signal was used for the normalization of the signal (6).

Blood Lactate Concentration (LAC)

For the measurement of the concentration of blood lactate levels, disposable lancets were used (Roche, Accutrend, Switzerland) to perform a perforation on the distal phalanx of the subjects' right index finger after it was cleaned with alcohol. This procedure allowed the placement of a drop of blood on a reagent strip (Roche, BM-Lactate, Switzerland) that was then placed on a portable lactometer (2).

Experimental Protocol

The present study was developed in four stages: 1) collections for characterization of the sample; 2) description of movement patterns; 3) load test; and 4) experimental protocol. Steps 1 and 2 happened on the same day, while for each desired RM, visits were made on different days. Steps 3 and 4 happened with an interval of not less than 48 hrs between them. Seven visits were made in total (Figure 1).

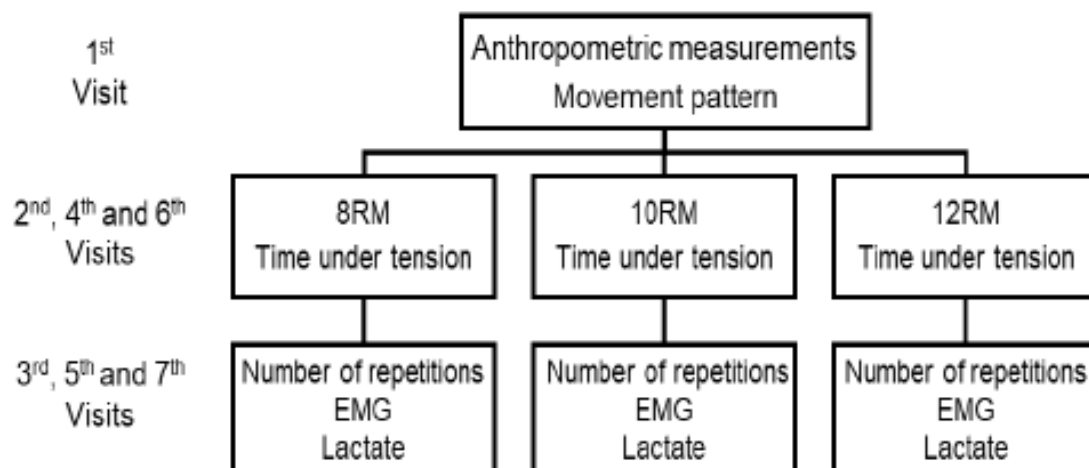


Figure 1. Flow Chart of the Data Collection Procedure.

Four experienced evaluators carried out the collection of data. The execution evaluator was responsible for checking the pattern of the movement, encouraging the subject, and validating the collection. The EMG evaluator was responsible for electrode fixation and the instrumentation manipulation. The camera evaluator was responsible for the filming and the later analysis of the filming. The blood assessor was responsible for the collection and the analysis of the subjects' blood.

Prior to the application of the protocol, the subjects performed a warm-up that consisted of 15 reps at 50% of the load obtained in the RM test, while adopting a 3-min interval before initiating the protocol. The subjects were instructed to perform the exercise at the highest possible speed.

The Shapiro-Wilk test determined the normality in the TUT verified by the group, which allowed the use of the mean for the experimental protocol. The subjects performed the exercise later with the load obtained in the test. They performed as many repetitions as possible with the mean TUT reached by the group on the day of the preliminary protocol.

The exercise was performed following the same movement pattern used in the RM test to verify if it reflected the same number of repetitions previously performed. The EMG signal corresponding to the TUT of 8, 10, and 12RM was checked. The blood samples for lactate analysis were collected before and 30 sec after the bench press exercise (18).

Statistical Analyses

The data were analyzed by IBM SPSS Statistics 20 for Windows and presented as mean \pm standard deviation, maximum and minimum values. Normality and variance homogeneity of the data were determined using the Shapiro-Wilk and Levene tests, respectively. One-way ANOVA with repeated measures was applied for comparisons between RM, TUT, EMG and LAC, followed by the Bonferroni *post hoc* test to identify possible differences. The significance level was set at an alpha of $P < 0.05$ for all tests.

RESULTS

The ANOVA with repeated measures showed an interaction between the study variables (Wilk's Lambda = 0.141; $F = 24.094$; $P\text{-value} = P < 0.001$). Table 2 presents the data of the load determination (LD), TUT, and the number of repetitions performed in the bench press. The LD found in the 12RM protocol was significantly higher than that found in the 10RM protocol ($P = 0.041$) and the 8RM protocol ($P < 0.001$). The 10RM protocol presented the load greater than that found in the 8RM protocol ($P = 0.030$). The TUT_{12RM} was higher than the TUT_{8RM} ($P < 0.001$) and the TUT_{10RM} ($P < 0.001$). The TUT_{10RM} also presented a higher value when compared to the TUT_{8RM} ($P < 0.001$).

In the experimental protocol, it was possible to observe that the number of repetitions performed with the mean TUT of the sample represented the same values of repetitions with the individual load of the RM test.

Table 3 presents the results of the behavior of the lactate variable in the bench press exercise. All means of blood lactate levels after the experimental protocol were higher than the pre-test for 8, 10, and 12RM ($P < 0.001$). Mean blood concentration of the LAC-Post_{12RM} was higher when compared to the LAC-Post_{10RM} ($P = 0.041$) and LAC-Pos_{8RM} ($P < 0.001$). The LAC-Post_{10RM} levels were higher than the LAC-Post_{8RM} levels ($P = 0.042$).

Table 2. Results of the Load Determination (LD) in kg, Time Under Tension (TUT) in Seconds, and Number of Repetitions (REP) performed in the Experimental Protocol for 8, 10, and 12RM.

Variables	Mean	± SD
LD8RM	68.86* [#]	5.05
LD10RM	61.18 [#]	6.88
LD12RM	53.86	7.45
TUT8RM	14.22* [#]	0.74
TUT10RM	17.18 [#]	0.77
TUT12RM	20.66	1.64
REP8RM	8.09* [#]	0.94
REP10RM	10.00 [#]	0.63
REP12RM	12.09	0.83

SD = Standard Deviation; *Significant Difference for LD10RM; [#]Significant Difference for LD12RM; *Significant Difference for TUT10RM; [#]Significant Difference for TUT12RM; *Significant Difference for REP10RM; [#]Significant Difference for REP12RM

Table 3. Values of Blood Lactate Levels Pre- and Post-Experimental Protocol in mmol·L⁻¹ during the Bench Press Exercise.

Variables	Mean	± SD
LAC-Pre	3.75 [§]	0.24
LAC-Post8RM	7.89* [#]	1.88
LAC-Post10RM	10.01 [#]	2.07
LAC-Post12RM	12.14	2.08

SD = Standard Deviation; [§]Significant Difference for LAC-Pre; *Significant Difference for LAC-Post8, 10, and 12RM; [#]Significant Difference for LAC-Post10RM; [#]Significant Difference for LAC-Post12RM

Figure 2 shows the results of the EMG activity of the CP, SP, CD, and TB muscles. The SP of the pectoralis major presented higher EMG activity in the 12RM protocol compared to the 8RM ($P < 0.001$) and the 10RM ($P = 0.002$). However, there was no difference between the 8RM and 10RM protocols. This difference was also verified for CP of the pectoralis major in the 12RM protocol compared to that of 8RM ($P = 0.010$) and 10RM ($P < 0.001$). No significant differences were found for the CD and TB muscles between the protocols.

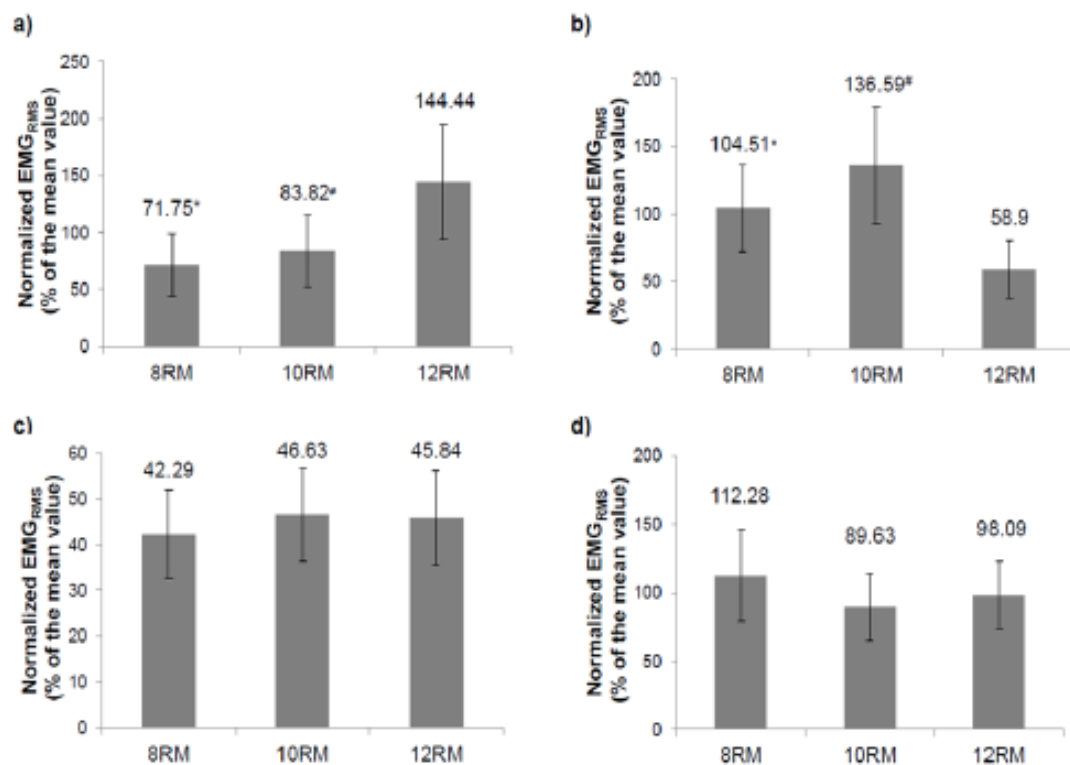


Figure 2. Analysis of the Normalized Values of the EMG Activity of the Muscles.

a) Pectoralis Major, Stemocostal Part (SP); b) Pectoralis Major, Clavicular Part (CP); c) Clavicular Deltoid (CD); and d) Triceps Brachii (TB). *Significant Difference for 12RM

DISCUSSION

The results of the present study demonstrated that the TUT of the 12RM was higher than that of the 10RM and the 8RM. The TUT of the 10RM was also higher than the TUT of the 8RM. The lactate responses followed this phenomenon with the same relation between the protocols (12>10>8RM). These results indicate that the volume of training is an important agent that causes metabolic stress (9,16,25).

The EMG activity of the pectoralis major, clavicular part (CP), decreased for the 12RM protocol and the activity of the pectoralis major, stemocostal part (SP) increased. The deltoid and triceps muscles showed no difference in the EMG response. These results contradict the findings of Lacerda et al. (18), who indicated greater activation for all muscles cited in higher TUT.

The size of the body segment can influence the displacement, the velocity, and the TUT in the execution of an exercise (29). Santiago et al. (24) reported that the lower limb exercise (leg press) for the 10RM resulted in the TUT of 25.7 ± 6 sec in trained women, which is

higher when compared to the TUT found in the present study for the bench press exercise. This difference in TUT is justified by the difference in the size of the body segments involved in the exercises.

On the other hand, Haua et al. (14) found the TUT of 18.67 ± 2.05 sec in the 10RM in the wide grip seated row exercise in 18 men who were experienced in RT. This finding is a value that is very close to that found in the present study. This similarity can be explained by the fact that horizontal adduction and abduction joint movements are present in both exercises. This suggests that the TUT can vary according to the type of exercise, the number of repetitions, and the rate of execution.

The influence of metabolic, hormonal, and neuromuscular responses during RT (5) results in strength gains and muscular hypertrophy. In particular, the magnitude of the metabolic response associated with lactate levels (32) is due to the intensity and/or volume of the training program (8). Based on this concept, the results of the present study differ with the findings by Lamas et al. (19). The authors did not observe a significant difference in the increase of maximal strength and hypertrophy between the RT protocol (RT: 60 and 95% of 1RM) when compared to the power training protocol (PT: 30 and 60% of 1RM), that is, both performed at the highest possible speed. When considering that the intensity of the load used in the PT allows reaching higher speeds, the PT obtained a lower TUT when compared to the RT. However, the higher RT load intensity appears as a determining factor for hypertrophy. Thus, the metabolic stimulus was not enough to appear as an indicator for the process of hypertrophy.

Headley et al. (15) evaluated 17 trained men who performed 4 reps at 55% of 1RM, 5 reps at 60% of 1RM, 6 reps at 65%, and 7 reps at 75% of 1RM with the load of the 1RM test performed at 2/2 sec and then at 2/4 sec. The authors did not find significant differences in the blood lactate responses between the protocols, diverging from the results found in the present study that verified higher levels of blood lactate in the protocols of higher volume and lower intensity. This disagreement can be explained by the fact that loads from 1RM to 2/2 sec are significantly larger than 2/4 sec. The intensity may have equated the blood results with the highest volume in the highest TUT. These results reinforce the findings of Lamas et al. (19) and reaffirm the importance of the interdependence between volume and intensity.

Martins-Costa et al. (21) analyzed the effect of different TUT in 15 recreationally trained men who completed 3 sets of 6 reps at 60% of 1RM in the 2/2 sec cadence and 2/4 sec cadence. The results showed higher lactate levels in the protocol with higher TUT, which is in agreement with the findings in the present study (i.e., higher blood lactate concentrations in the highest TUT). This indicates that increasing TUT training volume promotes greater metabolic stress at similar load intensities.

Martins-Costa et al. (21) also observed increased muscle activation (normalized RMS) for the pectoralis major ($P < 0.001$) and triceps brachii ($P < 0.004$) in the protocol with repetitions with 6 sec when compared to 4 sec. Interestingly, their findings are different from findings in the present study that did not verify the same situation for the triceps brachii. The different results can be explained by the fact that the present study used maximum loads. Another justification may be that the studies used men with different physical fitness levels. This difference suggests that the level of training may also influence muscle responses.

Lacerda et al. (18) evaluated the subjects' lactate levels and their EMG by following 3 sets of 2 training protocols that manipulated the cadence and the number of repetitions with the TUT equalized in 36 sec in each set. The authors verified higher concentrations of blood lactate in the protocol of 12 reps at a duration of 3 sec·rep⁻¹ compared to 6 reps at a duration of 6 sec·rep⁻¹. Their results indicate that the mechanical work of the contractions is also important for the muscular adaptations (15), thus the findings are similar to the findings of the present study that also verified high levels of lactate in higher number of repetitions.

Although Lacerda et al. (18) found that the protocol with the greatest number and the shorter duration of repetition produced a greater amplitude of the EMG signal in all the muscles evaluated in the bench press exercise, the present study disagrees with the results. The activation of pectoralis major (CP) decreased as the number of repetitions increased. The lower activation along with the higher LAC in the higher TUT suggests that this portion of the pectoralis major may have suffered fatigue due to the smaller volume. This hypothesis can be sustained by the fact that the pectoralis major SP increased its activation, which was most likely to meet the greater demand. The triceps brachii and deltoid muscles did not present difference. This finding differs from the study by Lacerda and colleagues (18).

The hypothesis of fatigue in the clavicular fibers of the pectoralis major can be observed in the results reported by Tran et al. (33). The authors evaluated three RT protocols with 90% of 10RM altering the TUT, load volume, and cadence in the exercise of elbow flexion in 18 university men who practiced RT for ~1 yr. Protocol A was performed with 5/2 sec cadence. Protocol B presented the same load volume as Protocol A, but with a 2/2 sec cadence. Protocol C was assimilated to Protocol A for the TUT, but with a 10/4 sec cadence and a lower load volume. A significant decrease was detected for the development of the isometric strength of pre- and post-protocol values ($P < 0.05$). All protocols resulted in a decrease in the output peak of isometric force of pre- and post-protocol values ($P < 0.05$). The production of force in Protocol A that involved a large load volume and a high TUT decreased by 19.2%, which was significantly higher ($P < 0.05$) than the reduction in strength levels observed in Protocol B (reduced TUT).

In the study by Gehlert et al. (11), 22 male subjects performed unilaterally on the isokinetic apparatus 3 sets of 10 reps in the extensor chair exercise. Three protocols with equalized TUT were performed. Protocol 1 consisted of the exercise with 75% of maximum eccentric and concentric force with movement speed of 65°·sec⁻¹. In Protocol 2, the exercise was performed in a single set of 20 reps with 100% of eccentric and concentric force with movement speed of 40°·sec⁻¹. In Protocol 3, 3 sets of 8 reps were also performed with maximum force, however with a movement speed of 25°·sec⁻¹. Twenty-four hours post-exercise, higher levels of Creatine Kinase (CK) were verified in the Protocol 3. The results indicate that the lower speed used in Protocol 3 resulted in higher mechanical stress, even in a smaller number of repetitions in equated TUT.

The present study did not use other blood markers of muscle stress, such as CK, which could have provided additional information on muscle work for the different TUT in the bench press exercise. This can be considered as a limitation of this study.

CONCLUSIONS

The TUT and muscle response (EMG and LAC) for the 8, 10, and 12RM executions presented higher scores among the TUT, LD, and LAC variables for all protocols in ascending order to the number of repetitions. In the bench press exercise, in high intensities and low TUT, the sternocostal part of the pectoralis major was more active. At low intensities and high TUT, the clavicular part of the pectoralis major indicated more muscular work. The control of the volume/intensity ratio and the prescription in the repetition ranges of the exercise proposed can be performed based on the TUT. Further studies are recommended to analyze the relationships involving TUT in other exercises with multiple series and in different populations.

Address for correspondence: Juliana Brandão Pinto de Castro - Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, Pavilhão João Lira Filho, Bloco F, 9º andar, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP: 20550-900, Email: julianabrandaoflp@hotmail.com

REFERENCES

1. Azizbeigi K, Azarbayjani MA, Atashak S, Stannard SR. Effect of moderate and high resistance training intensity on indices of inflammatory and oxidative stress. *Res Sports Med.* 2015;23:73-87.
2. Baldari C, Bonavolontà V, Emerenziani GP, Gallotta MC, Silva AJ, Guidetti L. Accuracy, reliability, linearity of accutrend and lactate pro versus EBIO plus analyzer. *Eur J Appl Physiol.* 2009;107:105-111.
3. Balsalobre-Fernández C, Tejero-González CM, Campo-Vecino J, Bavaresco N. The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *J Strength Cond Res.* 2014;28:528-533.
4. Becker S, Fröhlich M, Kelm J, Ludwig O. Change of muscle activity as well as kinematic and kinetic parameters during headers after core muscle fatigue. *Sports.* 2017;5:10-17.
5. Burd NA, Andrews RJ, West DW, Little JP, Cochran AJ, Hector AJ, et al. Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *J Physiol.* 2012;590:351-362.
6. Burden A, Bartlett R. Normalization of EMG amplitude: An evaluation and comparison of old and new methods. *Med Eng Phys.* 1999;21:247-257.
7. Earp JE, Newton RU, Cormie P, Blazevich AJ. In homogeneous quadriceps femoris hypertrophy in response to strength and power training. *Med Sci Sports Exerc.* 2015; 47:2389-2397.

8. Eklund D, Schumann M, Kraemer WJ, Izquierdo M, Taipale RS, Häkkinen K. Acute endocrine and force responses and long-term adaptations to same-session combined strength and endurance training in women. *J Strength Cond Res.* 2016;30:164-175.
9. Fink J, Kikuchi N, Nakazato K. Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016;1-8.
10. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43:1334-1359.
11. Gehlert S, Suhr F, Gutsche K, Willkomm L, Kern J, Jacko D, et al. High force development augments skeletal muscle signalling in resistance exercise modes equalized for time under tension. *Pflugers Arch.* 2015;467:1343-1356.
12. Gentil P, Oliveira E, Bottaro M. Time under tension and blood lactate response during four different resistance training methods. *J Physiol Anthropol.* 2006;25:339-344.
13. Hass CJ, Garzarella L, Hoyos D, Pollock ML. Single versus multiple sets in long-term recreational weightlifters. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:235-242.
14. Haula R, Paz GA, Maia MF, Lima VP, Cader SA, Dantas EHM. The effect of antagonist proprioceptive-3S neuromuscular facilitation on determining the loads of 10RM test. *Rev Bras Ciênc Saúde.* 2014;11:1-7.
15. Headley SA, Henry K, Nindl BC, Thompson BA, Kraemer WJ, Jones MT. Effects of lifting tempo on one repetition maximum and hormonal responses to a bench press protocol. *J Strength Cond Res.* 2011;25:406-413.
16. Henselmans M, Schoenfeld BJ. The effect of inter-set rest intervals on resistance exercise-induced muscle hypertrophy. *Sports Med.* 2014;44:1635-1643.
17. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978;40:497-504.
18. Lacerda LT, Martins-Costa HC, Diniz RC, Lima FV, Andrade AG, Tourino FD, et al. Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. *J Strength Cond Res.* 2016;30:251-258.
19. Lamas L, Ugrinowitsch C, Campos GER, Aoki MS, Fonseca R, et al. Strength training x power training: Performance changes and morphological adaptations. *Rev Bras Educ Fis Esp.* 2007;21:331-340.

20. Martin JS, Friedenreich ZD, Borges AR, Roberts MD. Acute effects of peristaltic pneumatic compression on repeated anaerobic exercise performance and blood lactate clearance. *J Strength Cond Res.* 2015;29:2900-2906.
21. Martins-Costa HC, Diniz RCR, Lima FV, Machado SC, Almeida, RSV, et al. Longer repetition duration increases muscle activation and blood lactate response in matched resistance training protocols. *Motriz Rev Educ Fís.* 2016;22:35-41.
22. Merletti R. Standards for reporting EMG data. *J Electromyogr Kinesiol.* 1999.
23. Paz G, Robbins DW, Oliveira CG, Bottaro M, Miranda H. Volume load and neuromuscular fatigue during an acute bout of agonist-antagonist paired-set versus traditional-set training. *J Strength Cond Res.* 2017;31(10):2777-2784.
24. Santiago FLS, Paz GA, Maia MF, Santos PS, Santos ATL, Lima VP. Strength of maximum repetitions and tension time on leg press after static elongation in extensor and flexor knee. *Rev Bras Prescr Fisiol Exercício.* 2012;6:3-9.
25. Schoenfeld BJ, Ogborn DI, Krieger JW. Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2015;45:577-585.
26. Schoenfeld BJ. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Med.* 2013;43:179-194.
27. Scudese E, Willardson JM, Simão R, Senna G, Salles BF, Miranda H. The effect of rest interval length on repetition consistency and perceived exertion during near maximal loaded bench press sets. *J Strength Cond Res.* 2015;29:3079-3083.
28. Shephard, R.J. PAR-Q: Canadian home fitness test and exercise screening alternatives. *Sports Med.* 1988;5:185-195.
29. Silva JB, Lima VP, Paz GA, Oliveira CR, D'Urso F, Nunes RAM, et al. Determination and comparison of time under tension required to perform 8, 10 and 12-RM loads in the bench press exercise. *Biomed Hum Kinet.* 2016;8:153-158.
30. Silva MF, Dias JM, Pereira LM, Mazuquin BF, Lindley S, Richards J, Cardoso JR. Determination of the motor unit behavior of lumbar erector spinae muscles through surface EMG decomposition technology in healthy female subjects. *Muscle & Nerve.* 2017;55:28-34.
31. Simão R, Salles BF, Figueiredo T, Dias I, Willardson JM. Exercise order in resistance training. *Sports Med.* 2012;42:251-265.

32. Tanimoto M, Ishii N. Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. *J Appl Physiol.* 2006; 100:1150-1157.
33. Tran QT, Docherty D, Behm D. The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. *Eur J Appl Physiol.* 2006;98:402-410.

Disclaimer

The opinions expressed in JEPonline are those of the authors and are not attributable to JEPonline, the editorial staff or the ASEP organization.

3 ARTIGO: INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INTERVALOS DE RECUPERAÇÃO NA MANUTENÇÃO DO TEMPO SOB TENSÃO, NO NÚMERO DE REPETIÇÕES, FORÇA ISOMÉTRICA, LACTATO SANGUÍNEO E INDICADORES DE DESEMPENHO NO EXERCÍCIO SUPINO RETO

Jurandir Baptista da Silva ¹, Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes ¹, Gustavo Casimiro Lopes ¹, Danielli Braga de Mello ², Guilherme Rosa ⁴, Vicente Pinheiro Lima ³, Rodrigo Gomes de Souza Vale¹

1 – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte e do Exercício – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

2 – Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx)

3 – Universidade Castelo Branco (UCB)

4 – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

RESUMO

INTRODUÇÃO: Diferentes períodos de recuperação entre séries e exercícios promovem distintas adaptações no sistema neuromuscular. O objetivo do presente estudo foi verificar a influência de diferentes intervalos de recuperação (IR) sobre a manutenção do tempo sob tensão, número de repetições, força isométrica, lactato sanguíneo e indicadores de desempenho no exercício supino reto. **MÉTODOS:** Dez homens fisicamente ativos realizaram 3 séries do exercício supino reto com intervalos de recuperação de 90s (IR90) e 180 segundos (IR180). **RESULTADOS:** Houve redução do número de repetições nas séries subsequentes no IR90 ($p < 0,001$) e no IR180 ($p < 0,001$). O protocolo IR180 foi capaz de manter o TST. No IR90, os níveis de Lactato (LAC) foram maiores após a série 3 comparada ao pré-exercício ($p = 0,019$; $d = 6,61$; $\Delta\% = 201,66\%$) e no IR180 após a segunda ($p = 0,003$) e terceira série ($p < 0,001$; $d = 7,84$, $\Delta\% = 249,68\%$). Não foram encontradas diferenças no LAC entre IR90 e IR180. Em ambos os protocolos houve um decréscimo da força muscular após a 3 série quando comparado aos valores iniciais (IR90 = $p < 0,001$; $d = -1,25$; $\Delta\% = -45,82\%$ / IR180 = $p < 0,001$; $d = -1,22$; $\Delta\% = -44,15\%$). No entanto, não houve diferença na força entre os protocolos. O IR180 foi capaz de promover maior volume total de carga ($p = 0,004$) e maior carga total ($p = 0,009$). As variáveis Índice de Fadiga e Eficiência não apresentaram diferenças entre IR90 e IR180. **CONCLUSÃO:** Os intervalos IR90 e IR180 influenciam o decréscimo do número de repetições na execução do exercício supino reto. IR180 se mostrou mais eficiente para promover a recuperação do desempenho, principalmente no início das séries quando comparado ao IR90. Sendo assim, 180s de intervalo entre as séries devem ser priorizados para treinos com o objetivo de manutenção do volume de treinamento.

Palavras-chave: Intervalo de recuperação; tempo sob tensão; treinamento de força.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Different rest intervals between sets and exercises promote different adaptations in the neuromuscular system. Thus, the aim of the present study was to verify the influence of different rest intervals on the maintenance of time under tension (TUT), number of repetitions, isometric strength, blood lactate and performance indicators in bench press exercise. **METHODS:** Ten physically active male military volunteers performed 3 sets of bench press exercise with a rest interval of 90s (RI90) and 180 seconds (RI180) between them. **RESULTS:** The sample participants were not able to maintain the number of repetitions in the subsequent sets in the RI90 ($p < 0.001$) and in the RI180 ($p < 0.001$). The RI180 protocol was able to maintain the TUT. The lactate levels (LAC) in RI90 were higher after series 3 compared to pre-exercise ($p = 0.019$; $d = 6.61$; $\Delta\% = 201.66\%$) and in RI180 after the second ($p = 0.003$) and third series ($p < 0.001$; $d = 7.84$, $\Delta\% = 249.68\%$). There was no difference for LAC between the protocols. In both protocols there was a decrease in muscle strength after the 3rd set when compared to the initial values (RI90 = $p < 0.001$; $d = -1.25$; $\Delta\% = -45.82\%$ / RI180 = $p < 0.001$; $d = -1.22$; $\Delta\% = -44.15\%$). However, there was no difference between the protocols. The RI180 was able to promote a greater total volume of load ($p = 0.004$) and a greater total load ($p = 0.009$). The Fatigue Index and Efficiency variables do not differ for the two study protocols. **CONCLUSION:** The intervals of 90s and 180s negatively influence the maintenance of the number of repetitions in the execution of the bench press exercise. When compared, the 180s protocol proved to be more efficient to promote performance recovery, especially at the beginning of the sets. Therefore, 180s of interval between sets should be prioritized for training with the objective of maintaining the training volume.

Key words: Rest Interval; time under tension; resistance training

INTRODUÇÃO

A prescrição adequada do treinamento de força (TF) é importante para uma rotina de exercícios de forma segura e eficiente (SIMÃO *et al.*, 2012). Nesse sentido é importante compreender a interação entre as variáveis de treinamento como a carga externa, o volume, número de exercícios, número de repetições, duração das repetições, ordem dos exercícios, número de séries, tempo sob tensão (TST) e intervalo de recuperação entre as séries e os exercícios (SILVA *et al.*, 2018).

O tempo de intervalo de recuperação (IR) entre as séries pode ser considerado como o período de recuperação entre séries dos exercícios durante uma sessão de treinamento. Através dele pode-se manipular o estresse exercido na musculatura pela adequação ou manutenção da intensidade e do volume do treinamento. Contudo, diferentes períodos de recuperação entre séries e exercícios promovem distintas adaptações no sistema neuromuscular (MORTON *et al.*, 2016).

Durante a realização dos exercícios, o músculo estimulado desenvolve níveis de estresse oriundos da tensão mecânica das contrações musculares. Esse estresse muscular do treinamento reflete em dano muscular, desorganização de fibras musculares, perda subsequente de força e liberação de marcadores bioquímicos. Esses fatores podem gerar a fadiga (FERNÁNDEZ-VERDEJO *et al.*, 2017).

A fadiga está relacionada a incapacidade do músculo em prover aceleração, reduzindo a velocidade das ações concêntricas até a falha concêntrica (ORSSATTO *et al.*, 2020). Dessa forma, a falha concêntrica tem como pressuposto a relação entre força e velocidade, refletindo uma interdependência dessas duas variáveis, sendo que à medida que uma se modifica positivamente, a outra por consequência se altera negativamente. Assim, diferentes intervalos de recuperação podem influenciar a capacidade da restauração da força durante as séries e a manutenção da velocidade (NICKERSON *et al.*, 2020). Esse fato pode alterar o número de repetições completadas em cada série e o TST

Como o TST é uma variável utilizada para a avaliação do volume e intensidade do treino (LACERDA *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2018), sua verificação pode gerar interpretações diferentes dessas respostas musculares (ROGATZKI *et al.*, 2014). Dessa forma, é possível verificar a influência de diferentes intervalos de recuperação nos parâmetros de desempenho,

observando o volume e a intensidade através do TST, da fadiga, do volume total de treinamento, além da própria força muscular (ROBBINS *et al.*, 2010).

As respostas biológicas à manipulação de diferentes intervalos de recuperação foram verificadas através do número de repetições (De SALLES *et al.*, 2016; FINK *et al.*, 2017; MONTEIRO *et al.*, 2017), na força muscular através do teste de 1RM (VILLANUEVA *et al.*, 2015; SCHOENFELD *et al.*, 2016; FINK *et al.*, 2017) e do T-FORCE (DAVÓ *et al.*, 2016) nos parâmetros de fadiga muscular (SCHOENFELD *et al.*, 2016; MONTEIRO *et al.*, 2017) e nos parâmetros sanguíneos (DAVÓ *et al.*, 2016; FINK *et al.*, 2017). No entanto, esses estudos não verificaram como diferentes intervalos de recuperação podem influenciar a força muscular, a manutenção do tempo sob tensão e os parâmetros fisiológicos de forma concomitante.

Pelo exposto, é importante verificar a resposta muscular em razão da manipulação de diferentes intervalos de recuperação. Tais resultados podem ajudar treinadores e profissionais de musculação a prescrever os programas de treinamento de forma cuidadosa e eficiente. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a influência de diferentes intervalos de recuperação sobre o tempo sob tensão, número de repetições, força isométrica, lactato sanguíneo e indicadores de desempenho no exercício supino reto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

O presente estudo se caracteriza como uma pesquisa descritiva com desenho analítico observacional de caráter transversal (THOMAS, NELSON e SILVERMAN, 2012). O tamanho da amostra (n) foi calculado a partir da utilização do Software G*Power® 3.1 (Faul *et al.*, 2007). As informações a seguir foram introduzidas no software: ANOVA com interação intra e intergrupo para três momentos de medidas, erro alfa de 0,05, poder de 0,8, *effect size* de 0,35, correlação entre as medidas de 0,7 e correção de não esfericidade de 1 (BECK, 2013). O tamanho da amostra foi estimado em 10 participantes.

A coleta de dados foi realizada na Comissão de Desportos da Aeronáutica (CDA), Rio de Janeiro, Brasil. Foram incluídos no estudo 10 militares homens, fisicamente ativos, sem experiência prévia no exercício proposto aos quais se teve

acesso (tabela 1). Foram utilizados como critérios de exclusão indivíduos que apresentassem lesão no aparelho osteomioarticular no período da coleta, indivíduos com algum tipo de algia que pudesse interferir na execução do exercício ou PAR-Q positivo (SHEPHARD, 1988).

O presente trabalho atendeu as normas para a realização de pesquisa em seres humanos, da resolução nº 466/12, do Conselho Nacional de Saúde, (SAÚDE, 2012). O estudo foi aprovado sob o parecer número 1.823.683 do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) envolvendo seres humanos do Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE/UERJ).

Procedimentos de coleta de dados

Para a caracterização da amostra, utilizou-se uma balança de Bioimpedância (OMRON HBF 514C; OMRON HEALTHCARE CO., KYOTO, JAPÃO) para verificar a massa corporal e estimar o percentual de gordura. A estatura foi verificada através de um estadiômetro portátil (SECA®, BAYSTATE SCALE & SYSTEMS, USA) para que conjuntamente com a medida de massa corporal fosse calculado o índice de massa corporal (IMC). Os dados são apresentados na tabela 1.

TABELA 1 – Caracterização da Amostra

	Idade	Massa Corporal (kg)	Estatura (m)	IMC	% Gordura
Média (DP)	21,60 (1,43)	68,07 (9,78)	1,71 (0,07)	23,35 (3,48)	19,50 (5,86)
Máximo	24,00	83,10	1,84	29,69	25,90
Mínimo	20,00	49,60	1,60	17,80	8,40

DP: Desvio Padrão; IMC: índice de massa corporal.

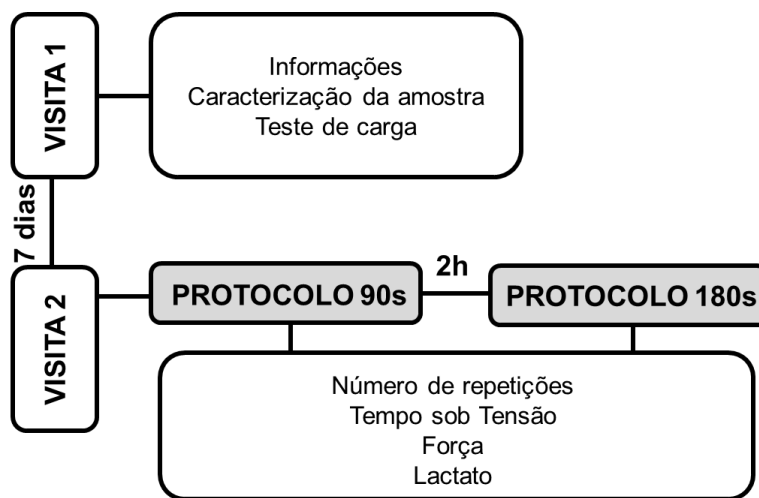
Protocolo experimental

O presente estudo foi realizado em duas visitas, com um intervalo de 1 semana entre elas (Figura 1). Na primeira visita, preliminarmente foram apresentados aos indivíduos o objetivo do estudo e esclarecimentos dos procedimentos relativos à coleta de dados sendo entregue aos participantes o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Em seguida foram coletados os dados da amostra e as informações sobre os padrões das técnicas de execuções dos exercícios propostos foram passadas, assim como educativos acerca da correta

execução. Para finalizar a primeira visita, foi realizado o teste de carga para 10 repetições máximas.

Na segunda visita foram realizadas 3 séries com a carga individual verificada na visita anterior com um intervalo de recuperação de 90s (IR90) e 3 séries com 180 segundos de intervalo (IR180). A entrada nos protocolos foi realizada de forma randomizada, utilizando-se a função aleatória no Excel na proporção de 1:1, com um intervalo entre eles de 2h.

FIGURA 1 – Desenho do estudo



Determinação da sobrecarga de 10RM com o tempo sob tensão (TST)

Com a finalidade de verificar o máximo de sobrecarga utilizada para realizar as repetições consecutivas na maior velocidade possível, o teste de carga para 10RM foi realizado utilizando a reciprocidade do tempo sob tensão (TST) de 17,18 segundos para o exercício supino reto conforme proposto por Silva *et al.* (2017) para a população com as mesmas características do presente estudo. Dessa forma, com o valor médio da sobrecarga verificada por Silva *et al.* (2017), os participantes foram orientados a realizar o exercício com a maior velocidade possível sem orientação para o número de repetições. A contagem do tempo foi feita por meio de cinemetria, utilizando-se o software KINOVEA 8.15 (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ *et al.*, 2014).

As imagens foram adquiridas por uma câmera (SONY, JAPÃO) posicionada em um tripé no plano frontal para o supino reto de forma que permitisse a visualização total do movimento. Os avaliadores acompanharam o TST proposto

finalizando o teste quando os participantes realizavam 10 repetições dentro desse tempo. Em caso de falha no teste, 5kg eram acrescentados ou retirados. O teste era considerado válido, quando o participante realizasse 10 repetições com o TST proposto.

Informações padronizadas foram passadas aos participantes para tentar minimizar erros de execução e foram seguidas em todos os testes (SCUDESE *et al.*, 2015). O exercício supino reto foi realizado no aparelho Smith (RIGHETTO, HIGH ON, BRASIL). O indivíduo se posicionou em decúbito dorsal, com as curvaturas fisiológicas da coluna preservadas e os pés no chão. Os ombros estavam em abdução de 90° e cotovelos em flexão de 90°. Na execução do exercício, foram realizados os movimentos adução horizontal dos ombros, abdução da cintura escapular e completa extensão do cotovelo até 0°. A retirada do dorso do banco e/ou perda de contato dos pés com o solo também foram critérios para a interrupção e finalização do exercício. Para a determinação do ângulo proposto no exercício foi utilizado um goniômetro manual (CARCI, BRASIL). Para manter o nível de motivação dos participantes alto, estímulos verbais foram fornecidos. O avaliador ficou atento para quaisquer variações do padrão de movimento, que determinariam também o término do teste (SILVA *et al.*, 2016).

Tempo sob tensão e número de repetições

O tempo sob tensão (TST) e o número de repetições (REP) completadas em cada uma das 3 séries foram verificadas através da cinemetria. Para verificação do momento de início e término do movimento, assim como o comportamento da cinemática angular e linear articular, foram afixados marcadores reflexivos nas linhas médias dos punhos, cotovelos e ombros, garantindo assim o padrão de movimento. As coletas foram realizadas durante a primeira (TST1 e REP1), a segunda (TST2 e REP2) e a terceira série (TST3 e REP3). Os valores de TST foram apresentados em segundos (MARTINS-COSTA *et al.*, 2021).

Análise do lactato sanguíneo

Para a mensuração da concentração sanguínea dos níveis de lactato, foi utilizado um lancetador (ROCHE, ACCUTREND, SUIÇA) com lancetas descartáveis para realizar uma perfuração na falange distal do dedo indicador direito, após este ser limpo com álcool. Este procedimento permitiu a colocação de uma gota de

sangue em uma tira reagente (ROCHE, BM-LACTATE, SUIÇA) colocada em um lactímetro portátil (ROCHE, ACCUTREND PLUS, SUIÇA) (BALDARI *et al.*, 2009).

Os valores obtidos foram anotados e organizados para análises posteriores. As coletas foram realizadas antes do protocolo de exercício (LAC0), após a primeira série (LAC1), após a segunda série (LAC2) e a após a terceira série (LAC3) de cada uma das condições propostas pelo estudo (IR90 e IR180). Os valores são apresentados em mmol/l.

Força

A influência dos intervalos de recuperação na força muscular isométrica foi avaliada. Foi utilizada uma célula de carga (Elastic, E-Sporte Soluções Esportivas, Brasília, BRASIL) fixada na barra e na base do aparelho Smith, ajustada ao ângulo de início da fase concêntrica (RIBEIRO-ALVARES *et al.*, 2020). Os dados de força na célula de carga foram simultaneamente transferidos via Bluetooth para um celular (taxa de amostra = 10 Hz). As coletas foram realizadas antes do protocolo de exercício (FOR0) e após a terceira série (FOR3). Os valores do pico máximo de força isométrica são apresentados por N.

Variáveis de desempenho

Para verificar algumas variáveis de desempenho foram calculadas as variáveis carga total (Carga total = tempo sob tensão x carga) (GENTIL *et al.*, 2006), o Índice de fadiga ($IF = \frac{N^{\circ} \text{ rep série } 1 - N^{\circ} \text{ rep série } 3}{N^{\circ} \text{ rep série } 1} \times 100$) (SFORZO; TOUEY, 1996), o volume total de carga (VTC = carga x número de repetições) (ROBBINS *et al.*, 2010). O conceito de eficiência definido por Rouquaryol e Gurgel (2021) cita a relação entre o custo e o impacto nas questões sobre a saúde. No entanto, no contexto do presente estudo, o termo “Eficiência” foi utilizado seguindo os pressupostos de ROBBINS *et al.* (2010) ao verificar a relação entre a carga total e o tempo de execução do exercício ($EF = \frac{\text{carga} \times n^{\circ} \text{ de repetições}}{\text{tempo}}$).

Tratamento estatístico

Os dados foram tratados pelo programa estatístico IBM *SPSS Statistics 23* for Windows para atender os objetivos do estudo. A normalidade e a homogeneidade de variância dos dados da amostra foram analisadas pelos testes de Shapiro-Wilk e

Levene, respectivamente. A análise de variância (ANOVA) *Two-way*, seguida do *post hoc* de Bonferroni ajustado, foi usada para identificar as possíveis diferenças entre as variáveis TST, REP e LAC. Para as variáveis carga total, índice de fadiga, volume total de carga e eficiência foi aplicado um Teste t para amostras independentes. O tamanho do efeito de Cohen (*d*) foi calculado e analisado pela classificação adaptada proposta por Rhea (2004). A variação percentual e o poder do experimento também foram calculados. O nível de $p < 0,05$ foi considerado para a significância estatística.

RESULTADOS

A ANOVA apresentou interação ($F = 13,608$; $p < 0,001$) entre os momentos de avaliação e os diferentes intervalos de recuperação. O poder observado para as variáveis número de repetições, tempo sob tensão e lactato foi de 99%, 94% e 56% respectivamente.

A figura 2 apresenta os resultados dos dois diferentes intervalos de recuperação (IR) sobre o número de repetições (NR) e o tempo sob tensão (TST) de cada série. Com a utilização do IR de 90 segundos (IR90) houve uma diminuição do NR completadas entre a primeira série (S1) e segunda série (S2) ($p < 0,001$), entre S2 e a terceira série (S3) ($p < 0,001$) e entre S3 e S1 ($p < 0,001$; $d = - 8,70$; $\Delta\% = - 53,92\%$). Quando o IR utilizado foi o de 180 segundos (IR180), foi verificada redução entre o NR realizadas na S2 comparada com a S3 ($p < 0,001$) e da S3 comparada com S1 ($p < 0,001$; $d = - 4,76$; $\Delta\% = - 26,73\%$). O TST verificado após o IR90 na S3 foi menor quando comparado ao verificado na S2 ($P < 0,001$) e na S1 ($p < 0,001$; $d = - 9,62$; $\Delta\% = - 32,34\%$). Não foram verificadas diferenças no TST para o IR180 para nenhuma das séries e entre S1 e S2 no protocolo IR90.

FIGURA 2 – Influência do intervalo de recuperação de 90s (IR90) e 180s (IR180) entre séries no número de repetições completadas e no tempo sob tensão (segundos)

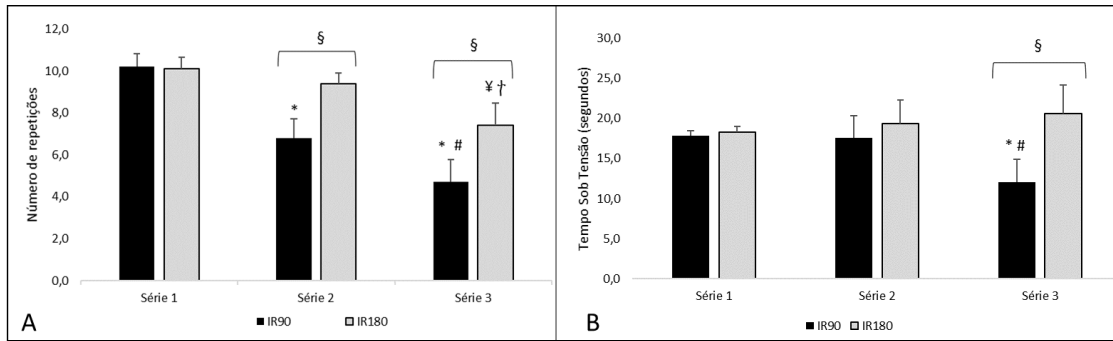
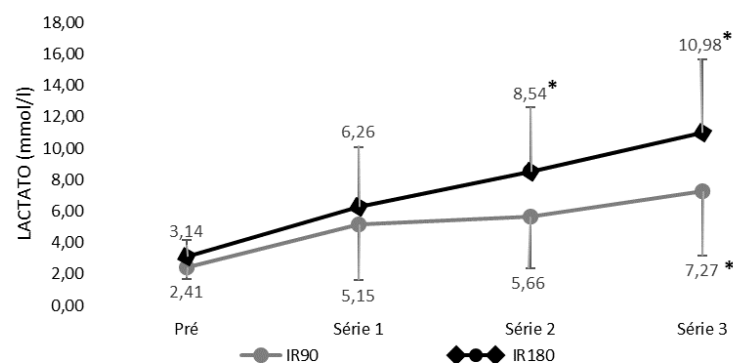


Figura 2A: 90s de intervalo = * diferença com série 1; # diferença com série 2 / 180s de intervalo = ¥ diferença com série 1; † diferença com série 2; § diferença entre protocolos. Figura 2B: 90s de intervalo = * diferença com Série 1; # diferença com série 2; § diferença entre protocolos.

A figura 3 demonstra os valores da concentração de lactato nos momentos pré-exercício e após a série 1, série 2 e série 3. Não foram encontradas diferenças significativas entre os protocolos (IR90 vs. IR180) em nenhum dos 4 momentos. No entanto, no protocolo de intervalo de recuperação de 90 segundos (IR90), os níveis de lactato após a série 3 foram maiores que os verificados no momento pré exercício ($p = 0,019$; $d = 6,61$; $\Delta\% = 201,66\%$). Níveis maiores de lactato também foram verificados após a segunda ($p = 0,003$) e terceira série ($p < 0,001$; $d = 7,84$, $\Delta\% = 249,68\%$) no protocolo de IR de 180 segundos (IR180).

FIGURA 3 – Valores de lactato (mmol/l) imediatamente após as séries com intervalo de 90 segundos (IR90) e 180 segundos (IR180)

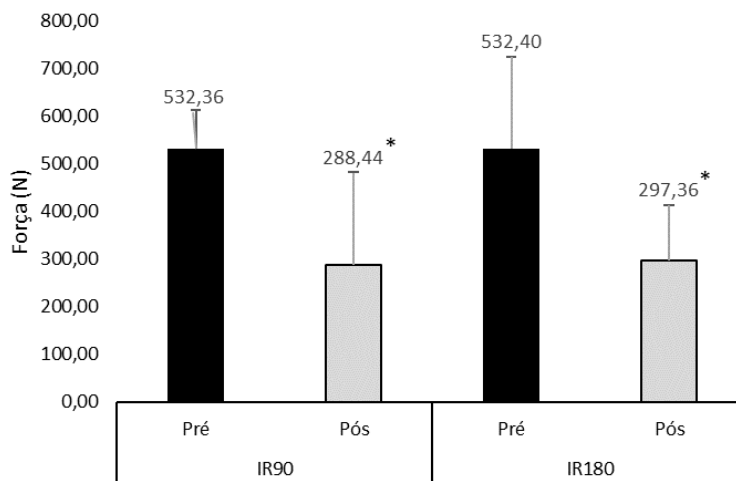


* $p < 0,05$ para o momento pré.

A figura 4 apresenta os valores da força muscular pré e pós a execução das 3 séries com diferentes intervalos de recuperação. Em ambos os protocolos houve um

decréscimo da força muscular após a 3ª série quando comparado aos valores iniciais no IR90 ($p < 0,001$; $d = -1,25$; $\Delta\% = -45,82\%$) e no IR180 ($p < 0,001$; $d = -1,22$; $\Delta\% = -44,15\%$). No entanto, não houve diferença entre os protocolos nos momentos pré e pós exercício.

FIGURA 4 – Influência dos intervalos entre séries de recuperação de 90 segundos (IR90) e 180 segundos (IR180) na força muscular (N)



* $p < 0,05$ pré vs. pós.

Os valores referentes a variáveis relacionadas ao desempenho são apresentados na tabela 3. Os resultados demonstram maiores valores de volume total de carga ($p = 0,004$) e na carga total ($p = 0,009$) no IR180 em comparação com IR90. As variáveis índice de fadiga e eficiência não apresentam diferença significativa para os dois protocolos do estudo.

TABELA 3 – Comparação de variáveis de desempenho nos protocolos IR90 e IR180

	IR90	IR180	valor-p
Volume Total de Carga	1412,50 (174,03)	1766,50 (295,88)	0,004*
Carga Total	3090,91 (437,70)	3698,35 (495,90)	0,009*
Índice de Fadiga	973,80 (66,11)	936,41 (64,09)	0,215
Eficiência	30,00 (4,32)	31,51 (6,62)	0,554

*p<0,05. Volume total de carga = carga x número de repetições; Carga total = tempo sob tensão x carga; Índice de fadiga = (Nº rep série 1 - Nº rep série 3 / Nº rep série 1) x 100; Eficiência = carga x nº de repetições / tempo)

DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que os participantes da amostra não conseguiram manter o número de repetições nas séries subsequentes com a utilização dos intervalos de recuperação (IR) de 90 segundos (IR90) e de 180 segundos (IR180). Apenas com o IR180, não houve diferença da primeira para a segunda série.

Esses resultados corroboram os achados de Schoenfeld *et al.* (2016) e salientam que, para se manter o volume de treinamento, intervalos maiores devem ser preconizados. Dessa forma, o IR180 mostrou-se mais efetivo para a recuperação, pois, houve menor decréscimo do número de repetições nas séries subsequentes quando comparado ao IR90. Esse fato reforça a ideia de que intervalos maiores são melhores para a manutenção do número de repetições em função da recuperação mecânica e restauração energética (HARGREAVES; SPRIET, 2020).

O número de repetições realizadas no presente estudo representou comportamentos distintos para o tempo sob tensão (TST). Na utilização do IR90 houve uma redução do TST na série 3 (S3) quando comparada a S2 e S1. Esses resultados corroboram com o pressuposto que intervalos curtos de recuperação dificultam a capacidade de manutenção do número de repetições, acarretando um

menor TST (TRYBULSKI *et al.*, 2021). No entanto, no IR180 houve uma manutenção do TST nas três séries. A redução do número de repetições e manutenção do tempo no IR podem sinalizar uma redução na velocidade de execução.

A condição de utilizar mais repetições em menor velocidade, acarretando um TST maior, pode ser explicada pela interdependência da força em relação a velocidade (relação força x velocidade). A diminuição gradual na velocidade ao longo das repetições realizadas entre as séries também pode ser interpretada como evidência de função neuromuscular prejudicada e o surgimento de fadiga (SANCHEZ-MEDINA; GONZALEZ-BADILLO, 2011).

Os níveis de lactato sanguíneo podem indicar o processo de fadiga neuromuscular e influenciar a manutenção do número de repetições (RAHIMI *et al.*, 2010, SENNA *et al.*, 2017, LOPES *et al.*, 2018, VARGAS-MOLINA *et al.*, 2020 e MILLENDER *et al.*, 2021). No presente estudo, os valores de lactato foram maiores apenas após a S3 nos dois protocolos, mesmo com a redução do número de repetições verificada em todas as séries no IR90. Tais resultados se opõe aos achados de Silva *et al.* (2018) que verificaram um aumento do lactato em maiores números de repetições.

No presente estudo não houve diferença nos níveis de lactato na comparação entre os protocolos mesmo com um maior número de repetição e um maior TST para o IR180 quando comparado ao IR90. Esses resultados corroboram os achados por Lopes *et al.* (2018), Millender *et al.* (2021) e Rahimi *et al.* (2010) e se afastam dos achados por Vargas-Molina *et al.* (2020) e Senna *et al.* (2017). Essa divergência entre os estudos pode ser explicada, visto que o número de repetições também está associado ao metabolismo energético e aos intervalos de recuperação utilizados. (GARCÍA-RAMOS *et al.*, 2018).

Para que seja possível uma reposição dos níveis ideais de fosfocreatina (PCr) são necessários IR maiores que 3 minutos (WALLIMANN *et al.*, 2011). Esse intervalo pode recuperar o pH intracelular normal e evitar que a força isométrica e a velocidade máxima de encurtamento sejam prejudicadas. Esse pressuposto foi observado no presente estudo que evidenciou que após as 3 séries o IR90 e o IR180 não foram capazes de promover a recuperação total da força isométrica muscular, acarretando uma perda de quase 50% da força pré-exercício.

Entretanto, quando o IR90 e o IR180 foram comparados, não houve diferença entre eles. Esses resultados indicam que, embora o número de repetições e o lactato sanguíneo também tenham sido afetados pelo intervalo de recuperação, a acidose pode não ter sido a causa direta da fadiga. Os efeitos concomitantes do acúmulo de lactato e tempo insuficiente para uma ressíntese completa podem ter resultado em uma diminuição dos estoques de PCr, levando a decréscimos de energia (FERNANDES; LAMB; TWIST (2019).

Abdessemed *et al.* (1999) avaliaram a influência de 1, 3 e 5 minutos de recuperação entre séries também no exercício supino reto e observaram uma influência negativa do intervalo de 1 minuto vs 3 ou 5 minutos somente ao final das séries. Esses achados se contrapõem aos resultados do presente estudo que verificou uma redução no número de repetições para o IR90 vs IR180 já na S2. A diferença no nível de treinamento e na experiência dos participantes das duas pesquisas pode explicar essa divergência nos resultados. Enquanto o presente estudo utilizou apenas indivíduos fisicamente ativos, o estudo de Abdessemed *et al.* (1999) tinha em sua amostra indivíduos treinados.

A fadigabilidade observadas durante exercícios de alta intensidade pode ser em função das diferenças de força e potência dos indivíduos (BILLAUT; BISHOP, 2009). Sendo assim, o presente estudo verificou medidas relacionadas ao desempenho de execução dos exercícios como a carga total, o volume total, o Índice de fadiga e a eficiência. Elas avaliam a relação entre o desempenho e as medidas de intensidade (carga) e volume (número de repetições e TST). Os resultados se assemelham aos encontrados por Lopes *et al.* (2018) ao demonstrarem que o IR180 foi capaz de promover volumes de treinamento mais altos, pois apresentou volume total de carga e carga total maiores. Os resultados de Millender *et al.* (2021) estão em consonância com o presente estudo que também verificou um menor índice de fadiga e maior eficiência para o protocolo IR180.

Diferenças foram observadas durante comparações de respostas agudas ao exercício de alta intensidade entre homens e mulheres (SAYERS; CLARKSON, 2001; WILLARDSON *et al.*, 2010). Estudos anteriores mostraram que as mulheres têm decréscimos menores na produção de força e capacidade de recuperação mais rápida durante exercícios de força do que os homens LAURENT *et al.*, 2010, JUDGE; BURKE, 2010). Celes *et al.* (2010) mostraram que as mulheres se recuperam mais rápido do que os homens usando IR de 60 e 120 segundos. Sendo

assim, avaliar a resposta de diferentes IR em homens e mulheres se torna algo relevante.

O presente estudo não observou a velocidade de forma direta nas execuções, o que poderia ratificar alguns resultados sendo esta uma limitação do estudo.

CONCLUSÃO

Ao final do estudo, é possível concluir que tanto o intervalo de recuperação de 90 segundos (IR90) quanto o de 180 segundos (IR180) não são capazes de manter o número de repetições ao longo das séries, reduzem a força muscular e aumentam os níveis de lactato ao final das séries em indivíduos ativos. O TST diminui apenas com o intervalo de 90s. O IR180 se mostrou mais eficiente para promover a recuperação do desempenho, principalmente no início das séries. Sendo assim, o intervalo de recuperação de 180 segundos pode ser indicado para treinos com o objetivo de manutenção do volume de treinamento.

Recomendam-se futuras investigações que avaliem a influência de diferentes intervalos de recuperação na força e indicadores de fadiga em mulheres, pois as mulheres parecem ter taxas mais baixas de fadiga e recuperação mais rápida durante IR curtos em comparação com os homens.

REFERENCIAS

ABDESSEMED, D. *et al.* Effect of recovery duration on muscular power and blood lactate during the bench press exercise. **International journal of sports medicine**, v. 20, n. 06, p. 368-373, 1999.

BALDARI, C.; BONAVOLONTÀ, V.; EMERENZIANI, G. P.; GALLOTTA, M. C. *et al.* Accuracy, reliability, linearity of Accutrend and Lactate Pro versus EBIO plus analyzer. **European journal of applied physiology**, v.107, n. 1, p. 105-111, 2009.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; TEJERO-GONZÁLEZ, C. M.; DEL CAMPO-VECINO, J.; BAVARESCO, N. The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. **Journal of strength and conditioning research**, v. 28, n. 2, p. 528-533, 2014.

BECK, T. W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **Journal of strength and conditioning research**, v. 27, n. 8, p. 2323-2337, 2013.

BILLAUT, F.; BISHOP, D. Muscle fatigue in males and females during multiple-sprint exercise. **Sports medicine**, v. 39, n. 4, p. 257-278, 2009.

CELES, R.; BROWN, L.; PEREIRA, M.; SCHWARTZ, F. *et al.* Gender muscle recovery during isokinetic exercise. **International journal of sports medicine**, v.31, n. 12, p. 866-869, 2010.

DAVÓ, J. L. H.; SOLANA, R. S.; MARÍN, J. M. S.; FERNÁNDEZ, J. F. *et al.* Rest interval required for power training with power load in the bench press throw exercise. **Journal of strength and conditioning research**, v. 30, n. 5, p. 1265-1274, 2016.

DE SALLES, B. F.; POLITO, M. D.; GOESSLER, K. F.; MANNARINO, P. *et al.* Effects of fixed vs. self-suggested rest between sets in upper and lower body exercises performance. **European journal of sport science**, v. 16, n. 8, p. 927-931, 2016.

FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A.; BUCHNER, A. A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**.

FERNANDES, J. F.; LAMB, K. L.; TWIST, C. Exercise-induced muscle damage and recovery in young and middle-aged males with different resistance training experience. **Sports**, v. 7, n. 6, p. 132, 2019.

FERNÁNDEZ-VERDEJO, R.; VANWYNSBERGHE, A.; HAI, T.; DELDICQUE, L. *et al.* Activating transcription factor 3 regulates chemokine expression in contracting C2C12 myotubes and in mouse skeletal muscle after eccentric exercise. **Biochemical and biophysical research communications**, v.492, n. 2, p. 249-254, 2017.

FINK, J. E.; SCHOENFELD, B. J.; KIKUCHI, N.; NAKAZATO, K. Acute and long-term responses to different rest intervals in low-load resistance training. **International journal of sports medicine**, v. 38, n. 02, p. 118-124, 2017.

GARCÍA-RAMOS, A.; TORREJÓN, A.; FERICHE, B.; MORALES-ARTACHO, A. J. *et al.* Selective effects of different fatigue protocols on the function of upper body muscles assessed through the force–velocity relationship. **European journal of applied physiology**, v. 118, n. 2, p. 439-447, 2018.

GENTIL, P.; OLIVEIRA, E.; BOTTARO, M. Time under tension and blood lactate response during four different resistance training methods. **Journal of physiological anthropology**, v. 25, n. 5, p. 339-344, 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**, 2021.

HARGREAVES, M.; SPRIET, L. L. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nature Metabolism*, v. 2, n. 9, p. 817-828, 2020.

JUDGE, L. W.; BURKE, J. R. The effect of recovery time on strength performance following a high-intensity bench press workout in males and females. **International journal of sports physiology and performance**, v. 5, n. 2, p. 184-196, 2010.

LACERDA, L. T.; MARTINS-COSTA, H. C.; DINIZ, R. C.; LIMA, F. V. *et al.* Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood

lactate response in protocols equalized by time under tension. **Journal of strength and conditioning research**, v. 30, n. 1, p. 251-258, 2016.

LAURENT, C.; GREEN, J.; BISHOP, P.; SJÖKVIST, J. *et al.* Effect of gender on fatigue and recovery following maximal intensity repeated sprint performance. **Journal Sports Medicine Physical Fitness** v. 50, n. 3, p. 243-253, 2010.

LOPES, C. R.; HARLEY CRISP, A.; SCHOENFELD, B.; RAMOS, M. *et al.* Effect of Rest Interval Length Between Sets on Total Load Lifted and Blood Lactate Response During Total-Body Resistance Exercise Session. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 9, n. 2, 2018.

MARTINS-COSTA, H. C.; LACERDA, L. T.; DINIZ, R. C.; LIMA, F. V. *et al.* Equalization of Training Protocols by Time Under Tension Determines the Magnitude of Changes in Strength and Muscular Hypertrophy. **Journal of strength and conditioning research**, 2021.

MILLENDER, D. J.; MANG, Z. A.; BEAM, J. R.; REALZOLA, R. A. *et al.* The Effect of Rest Interval Length on Upper and Lower Body Exercises in Resistance-Trained Females. **International Journal of Exercise Science**, v. 14, n. 7, p. 1178-1191, 2021.

MONTEIRO, E. R.; STEELE, J.; NOVAES, J. S.; BROWN, A. F. *et al.* Men exhibit greater fatigue resistance than women in alternated bench press and leg press exercises. **Journal Sports Medicine Physical Fitness**, v. 59, n. 2, p. 238-245, 2019.

MORTON, R. W.; OIKAWA, S. Y.; WAVELL, C. G.; MAZARA, N. *et al.* Neither load nor systemic hormones determine resistance training-mediated hypertrophy or strength gains in resistance-trained young men. **Journal of applied physiology**, v.121, n. 1, p. 129-138, 2016.

NICKERSON, B. S.; WILLIAMS, T. D.; SNARR, R. L.; GARZA, J. M. *et al.* Evaluation of load-velocity relationships and repetitions-to-failure equations in the presence of male and female spotters. **Journal of strength and conditioning research**, v. 34, n. 9, p. 2427-2433, 2020.

ORSSATTO, L. B.; DIEFENTHAELER, F.; VARGAS, M.; ROSSATO, M. *et al.* Dissimilar perceptual response between trained women and men in resistance training to concentric failure: A quasi-experimental study. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 24, n. 4, p. 527-535, 2020.

RAHIMI, R.; QADERI, M.; FARAJI, H.; BOROUJERDI, S. S. Effects of very short rest periods on hormonal responses to resistance exercise in men. **Journal of strength and conditioning research**, v. 24, n. 7, p. 1851-1859, 2010.

RHEA, M. R. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. **Journal of strength and conditioning research**, v. 18, n. 4, p. 918-920, 2004.

RIBEIRO-ALVARES, J. B.; OLIVEIRA, G. D. S.; DE LIMA-E-SILVA, F. X.; BARONI, B. M. Eccentric knee flexor strength of professional football players with and without hamstring injury in the prior season. **European journal of sport science**, v. 21, n. 1, p. 131-139, 2021.

ROBBINS, D. W.; YOUNG, W. B.; BEHM, D. G.; PAYNE, W. R. *et al.* Physical performance and electromyographic responses to an acute bout of paired set strength training versus traditional strength training. **Journal of strength and conditioning research**, v. 24, n. 5, p. 1237-1245, 2010.

ROGATZKI, M. J.; WRIGHT, G. A.; MIKAT, R. P.; BRICE, A. G. Blood ammonium and lactate accumulation response to different training protocols using the parallel squat exercise. **Journal of strength and conditioning research**, v. 28, n. 4, p. 1113-1118, 2014.

ROUQUAYROL M.; GURGEL, M. Rouquaryol: epidemiologia e saúde. **Medbook**, 2021.

SANCHEZ-MEDINA, L.; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 43, n. 9, p. 1725-1734, 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Resolução 466/2012. Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos: **Ministério da Saúde, Conselho Nacional de Saúde Brasília** 2012.

SAYERS, S. P.; CLARKSON, P. M. Force recovery after eccentric exercise in males and females. **European journal of applied physiology**, v. 84, n. 1, p. 122-126, 2001.

SCHOENFELD, B. J.; POPE, Z. K.; BENIK, F. M.; HESTER, G. M. *et al.* Longer intersets rest periods enhance muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men. **Journal of strength and conditioning research**, v. 30, n. 7, p. 1805-1812, 2016.

SCUDESE, E.; WILLARDSON, J. M.; SIMÃO, R.; SENNA, G. *et al.* The effect of rest interval length on repetition consistency and perceived exertion during near maximal loaded bench press sets. **Journal of strength and conditioning research**, v. 29, n. 11, p. 3079-3083, 2015.

SENNA, G. W.; RODRIGUES, B. M.; SANDY, D.; SCUDESE, E. *et al.* Heavy vs light load single-joint exercise performance with different rest intervals. **Journal of human kinetics**, v. 58, p. 197, 2017.

SILVA, J. B.; LIMA, V. P.; DE CASTRO, J. B. P.; PAZ, G. A. *et al.* Analysis of myoelectric activity, blood lactate concentration and time under tension in repetitions maximum in the squat exercise. **Journal of Physical Education and Sport**, v. 18, n. 4, p. 2478-2485, 2018.

SILVA, J. B.; LIMA, V. P.; PAZ, G. A.; OLIVEIRA, C. *et al.* Determination and comparison of time under tension required to perform 8, 10 and 12-RM loads in the bench press exercise. **Biomedical Human Kinetics**, v. 8, n. 1, p. 153-158, 2016.

SILVA, J. B.; PINHEIRO LIMA, V.; DA SILVA NOVAES, J.; DE CASTRO, J. B. P. *et al.* Time Under Tension, Muscular Activation, and Blood Lactate Responses to Perform 8, 10, and 12RM in the Bench Press Exercise. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 20, n. 6, 2017.

- SFORZO, G. A.; TOUEY, P. R. Manipulating exercise order affects muscular performance during a resistance exercise training session. **Journal of strength and conditioning research**, v. 10, n. 1, p. 20-24, 1996.
- SHEPHARD, R. J. PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. **Sports medicine**, v.5, n. 3, p. 185-195, 1988.
- SIMAO, R.; DE SALLES, B. F.; FIGUEIREDO, T.; DIAS, I. *et al.* Exercise order in resistance training. **Sports medicine**, v. 42, n. 3, p. 251-265, 2012.
- THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. Métodos de pesquisa em atividade física. **Artmed Editora**, 2012. 8536327146.
- TRYBULSKI, R.; GEPFERT, M.; GAWEL, D.; BICHOWSKA, M. *et al.* Impact of movement tempo on bar velocity and time under tension in resistance exercises with different external loads. **Biology Sport**, v. 39, p. 547-554, 2021.
- VARGAS-MOLINA, S.; MARTÍN-RIVERA, F.; BONILLA, D. A.; PETRO, J. L. *et al.* Comparison of blood lactate and perceived exertion responses in two matched time-under-tension protocols. **Plos one**, v. 15, n. 1, p. e0227640, 2020.
- VILLANUEVA, M. G.; LANE, C. J.; SCHROEDER, E. T. Short rest interval lengths between sets optimally enhance body composition and performance with 8 weeks of strength resistance training in older men. **European journal of applied physiology**, v.115, n. 2, p. 295-308, 2015.
- WALLIMANN, T.; TOKARSKA-SCHLATTNER, M.; SCHLATTNER, U. The creatine kinase system and pleiotropic effects of creatine. **Amino acids**, v. 40, n. 5, p. 1271-1296, 2011.
- WILLARDSON, J. M.; KATTENBRAKER, M. S.; KHAIRALLAH, M.; FONTANA, F. E. Research note: effect of load reductions over consecutive sets on repetition performance. **Journal of strength and conditioning research**, v.24, n. 3, p. 879-884, 2010.

4 ARTIGO: COMPORTAMENTO DO TEMPO SOB TENSÃO E DAS VARIÁVEIS HEMODINÂMICAS SOB A REALIZAÇÃO DO EXERCÍCIO SUPINO RETO COM DOIS DIFERENTES INTERVALOS DE RECUPERAÇÃO

Jurandir Baptista da Silva ¹, Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes ¹, Gustavo Casimiro Lopes ¹, Danielli Braga de Mello ², Guilherme Rosa ⁴, Vicente Pinheiro Lima ³, Rodrigo Gomes de Souza Vale ¹

1 – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte e do Exercício – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

2 – Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx)

3 – Universidade Castelo Branco (UCB)

4 – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

RESUMO

INTRODUÇÃO: Diferentes intervalos de recuperação podem influenciar o número de repetições e o tempo sob tensão e estes podem se associar a respostas cardiovasculares agudas diversas. Sendo assim o objetivo do presente estudo foi verificar o comportamento do tempo sob tensão (TST) e das variáveis hemodinâmicas sob a realização do exercício supino reto com dois diferentes intervalos de recuperação. **MÉTODOS:** Dez sujeitos fisicamente ativos e normotensos realizaram 3 séries do exercício supino reto com intervalo de recuperação entre elas de 90 segundos (IR90) e de 180 segundos (IR180). Foram verificados o número de repetições completadas (NR), o TST, a frequência cardíaca (FC), a pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) e a percepção subjetiva de esforço (PSE). **RESULTADOS:** O NR da série 2 (S2) e da série 3 (S3) foi menor que a série 1 (S1) para o IR90 ($p < 0,001$). A S3 apresentou NR menor quando comparada com a S2 ($p < 0,001$). Nesse mesmo protocolo, o TST da S3 também foi menor que o verificado na S1 e na S2 ($p < 0,001$). No IR180, a S3 apresentou um menor número de repetições comparado a S1 e a S2 ($p < 0,001$). Não foi verificada diferença para o tempo sob tensão neste protocolo. Não foi verificada diferença entre séries e nem entre protocolos na PAS, na FC, na SO e na PSE. A PAD da S2 foi menor que a verificada no momento pré-exercício ($p < 0,001$) e imediatamente após a S1 ($p = 0,014$). Observou-se também uma PAD menor no protocolo de 90 segundos ($p = 0,009$). **CONCLUSÃO:** O presente estudo verificou que os dois intervalos de recuperação não são capazes de manter o número de repetições. No entanto, o IR180 não apresentou diferença para o TST. No IR90, a PAD apresentou valores menores ao longo das séries e quando comparado ao IR180.

Palavras-chave: Treinamento de força, hemodinâmica, tempo sob tensão

ABSTRACT

INTRODUCTION: Different rest intervals can follow with no number of repetitions and time under tension, and these can be associated with different acute cardiovascular responses. Thus, the objective of the present study was to verify the behavior of time under tension (TUT) and the hemodynamic variables under the performance of the bench press exercise with two different rest intervals. **METHODS:** Ten physically active and normotensive subjects performed 3 sets of bench press exercise with rest intervals between them of 90 seconds (RI90) and 180 seconds (RI180). The number of completed repetitions (NR), TUT, Heart Rate (HR), Systolic (SBP) and Diastolic (DBP) Blood Pressure, oxygen saturation (OS) and Perception of Effort (PE) were verified. **RESULTS:** The NR of series 2 (S2) and series 3 (S3) was lower than series 1 (S1) for the RI90 ($p < 0.001$). S3 also had a lower NR when compared to S2 ($p < 0.001$). In this same protocol, the TUT of S3 was also lower than that verified in S1 and S2 ($p < 0.001$). In RI180, S3 has a lower number of repetitions compared to S1 and S2 ($p < 0.001$). There was no difference for TUT in this protocol. There was no difference between series or between protocols in SBP, HR, OS and PE. The DBP of S2 was lower than that verified in the pre-exercise moment ($p < 0.001$) and immediately after S1 ($p = 0.014$). A lower DBP was also observed in the RI90 ($p = 0.009$). **CONCLUSION:** The present study verified that the two rest intervals are not able to maintain the number of repetitions. However, the RI180 does not differ from the TUT. Regarding DBP, RI90 presented lower values along the series and when compared to RI180.

Keywords: Resistance training, hemodynamics, time under tension

INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF) é comumente utilizado com distintos objetivos, desde o aumento da força e da hipertrofia muscular, passando pela melhora nas realizações das atividades de vida diária, até a redução dos riscos de doenças cardiovasculares e a otimização de parâmetros hemodinâmicos (VIEIRA *et al.*, 2021). Para que os objetivos do treinamento sejam atingidos, a prescrição desse tipo de exercício é proveniente da manipulação das variáveis agudas (BRIGATTO *et al.*, 2022).

Alguns estudos verificaram a influência nos parâmetros hemodinâmicos dessa manipulação em diversas variáveis, como intensidade (SIMÃO *et al.*, 2005; REZK *et al.*, 2006; FIGUEIREDO *et al.*, 2015a), volume (SIMÃO *et al.*, 2005; POLITO; FARINATTI, 2009; FIGUEIREDO *et al.*, 2015b), ordem dos exercícios (FIGUEIREDO *et al.*, 2013), tipo de treinamento (CONCEIÇÃO *et al.* 2021; SCHROEDER *et al.*, 2019) e nível de condicionamento (POLITO *et al.*, 2009).

Para a prescrição do treinamento de força, o intervalo de recuperação (IR) é considerado como uma das principais variáveis (RATAMES, 2015). Nesse contexto, alguns estudos analisaram o comportamento das variáveis hemodinâmicas após diferentes IR (De SALLES *et al.*, 2010; VELOSO *et al.*, 2010; FIGUEIREDO *et al.*, 2016). Esses estudos citados mostraram uma alteração da atividade do sistema nervoso simpático após a sessão de treinamento de força e relataram respostas de pressão arterial e frequência cardíaca variáveis.

Intervalos de recuperação menores podem proporcionar menor tempo para recuperação metabólica. Como consequência, pode haver uma modificação no número de repetições e no tempo sob tensão (TST). Isso pode provocar respostas neuromusculares e hemodinâmicas agudas distintas como frequência cardíaca (FC) e pressão arterial (PA) (FIGUEIREDO *et al.*, 2016). Entretanto, não foi encontrado estudo que avaliou a influência de diferentes intervalos de recuperação nas respostas hemodinâmicas entre as séries observando o TST.

A percepção subjetiva de esforço (PSE) é uma ferramenta utilizada no controle da intensidade para avaliar a influência de diferentes intervalos de recuperação no TF. Ela é capaz de trazer informações acerca do esforço muscular e cardiovascular na realização de determinado exercício, sendo esse esforço diretamente ligado a intensidade do treinamento (ALVES *et al.*, 2017).

Como exposto, intervalos diferentes podem influenciar o número de repetições e o TST e se associar a respostas cardiovasculares agudas diversas, devendo ser mais bem explorados em relação às possibilidades de prescrição. Sendo assim, o presente estudo teve por objetivo verificar a influência de dois intervalos de recuperação sobre o tempo sob tensão e as variáveis hemodinâmicas frequência cardíaca, pressão arterial e na percepção subjetiva de esforço.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho atendeu as normas para a realização de pesquisa em seres humanos, da resolução nº 466/12, do Conselho Nacional de Saúde (SAÚDE, 2012), sendo aprovado pelo parecer número 1.823.683 do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) envolvendo seres humanos do Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE/UERJ).

O tamanho da amostra (n) foi calculado a partir da utilização do *Software G*Power® 3.1* (FAUL *et al.*, 2007). Para o respectivo cálculo, algumas informações foram inseridas no *software*. Foram elas: a) ANOVA com interação intra e intergrupo para três momentos de medidas; b) erro alfa de 0,05; c) poder de 0,8; d) *effect size* de 0,35; e) correlação entre as medidas de 0,7; f) correção de não esfericidade de 1 (BECK, 2013). Após a inserção dessas informações, o programa estimou que a amostra deveria conter 10 indivíduos para o experimento.

Participaram do estudo 10 militares do sexo masculino e fisicamente ativos, com média de idade de $21,60 \pm 1,43$ anos, índice de massa corporal de $23,35 \pm 3,48$ kg/m² e percentual de gordura de $19,50 \pm 5,86$ %. Como critério de exclusão foi utilizado apresentar qualquer tipo de lesão ou PAR-Q positivo (SHEPHARD, 1988) que impedisse a realização do experimento do estudo.

Protocolo Experimental

Foram realizadas duas visitas, com um intervalo de 1 semana entre elas. Na primeira visita, foram apresentados aos participantes o objetivo do estudo e esclarecimentos dos procedimentos relativos à coleta de dados sendo entregue aos participantes o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Para a caracterização da amostra utilizou-se uma balança de Bioimpedância (OMRON HBF 514C; OMRON HEALTHCARE CO., KYOTO, JAPÃO). A estatura foi verificada através de um estadiômetro portátil (SECA®, BAYSTATE SCALE & SYSTEMS, USA). Em sequência, as informações sobre os padrões das técnicas de execuções dos exercícios propostos foram passadas aos indivíduos participantes do estudo, assim como educativos acerca da correta execução. Ainda na primeira visita foram coletados a carga para 10 repetições máximas

Com a finalidade de verificar o máximo de sobrecarga utilizada para realizar as respectivas repetições consecutivas na maior velocidade possível, o teste de carga para 10RM foi realizado, utilizando-se a reciprocidade do tempo sob tensão observado para população semelhante no exercício supino reto (SILVA *et al.*, 2017). Dessa forma, com o valor médio da sobrecarga verificada, os participantes foram orientados a realizar o exercício com a maior velocidade possível sem orientação para o número de repetições. Através da técnica de contagem de tempo por meio de cinemetria com o software KINOVEA 8.15 (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ *et al.*, 2014) e com as imagens adquiridas por uma câmera (SONY, JAPÃO) posicionada em um tripé no plano frontal para o supino reto de forma que permitisse a visualização total do movimento, os avaliadores acompanharam o TST proposto de 17,18 segundos. O teste foi finalizado quando os participantes realizavam mais repetições dentro do tempo proposto ou não alcançavam as 10 repetições dentro do tempo proposto. Nesses casos, 5kg eram acrescentados ou retirados, respectivamente. Foram realizadas no máximo 3 tentativas e o teste era considerado válido quando o participante realizasse 10 repetições com o TST proposto.

O exercício supino reto foi realizado no aparelho Smith (RIGHETTO, HIGH ON, BRASIL) seguindo as recomendações propostas por Silva *et al.* (2016). Para a determinação do ângulo proposto nos dois exercícios foi utilizado um goniômetro manual (CARCI, BRASIL). Para manter o nível de motivação dos participantes alto, estímulos verbais foram fornecidos. O avaliador ficou atento para quaisquer variações do padrão de movimento, que determinariam também o término do teste. Informações padronizadas foram passadas aos participantes para tentar minimizar erros de execução e foram seguidas em todos os testes.

Na segunda visita foram realizados 3 séries com a carga individual verificada na visita anterior com um intervalo de recuperação de 90s entre elas (IR90) e 3

séries com 180 segundos de intervalo (IR180). A entrada nos protocolos foi realizada de forma randomizada com um intervalo entre eles de 2h.

Com o intuito de verificar a influência dos diferentes intervalos de recuperação no comportamento das variáveis hemodinâmicas durante o exercício, foram verificadas através de um esfigmomanômetro digital (OMROM, CONTROL HEM-7122, JAPÃO) as medidas da frequência cardíaca (FC) e da pressão arterial (PA) antes do exercício (FC0 e PA0) e imediatamente após cada uma das 3 séries realizadas. Em adição também foram avaliados os valores de percepção subjetiva de esforço através da escala de BORG -10 (BORG, 1998).

Tratamento estatístico

Para atender os objetivos do estudo, os dados foram tratados pelo programa estatístico IBM SPSS Statistics 23 for Windows. Os testes de Shapiro-Wilk e Levene foram usados para avaliar respectivamente a normalidade e a homogeneidade de variância dos dados da amostra. A análise de variância (ANOVA) Two-way, seguida do *post hoc* de Bonferroni ajustado, foi usada para identificar as possíveis diferenças entre as variáveis FC, PAS, PAD e PSE. O tamanho do efeito de Cohen (*d*) foi calculado e analisado pela classificação adaptada proposta por Rhea (2004). A variação percentual e o poder do experimento também foram calculados. Para a significância estatística foi considerado $p < 0,05$.

RESULTADOS

A ANOVA apresentou interação ($F=12,924$; $p<0,001$) entre os momentos de avaliação e os diferentes intervalos de recuperação. O poder observado foi de 99% para a frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) e 95% para a pressão arterial (PA).

A tabela 1 apresenta os valores do número de repetições (NR) completadas e do tempo sob tensão (TST) em cada série após IR90 e IR180. O NR da S2 e da S3 no IR90 foi menor quando comparado ao IR180 ($p < 0,001$). O NR da série 2 (S2) e da série 3 (S3) foi menor que a série 1 (S1) no IR90. A S3 também apresentou NR menor quando comparada com a S2 no IR90. Nesse mesmo protocolo, o TST da S3 também foi menor que o verificado na S1 e na S2. Com relação ao IR180, a S3

apresentou um menor número de repetições comparado a S1 e a S2. O TST da S3 no IR180 foi maior que o verificado no IR90. Não houve diferença para o tempo sob tensão entre as séries no IR180.

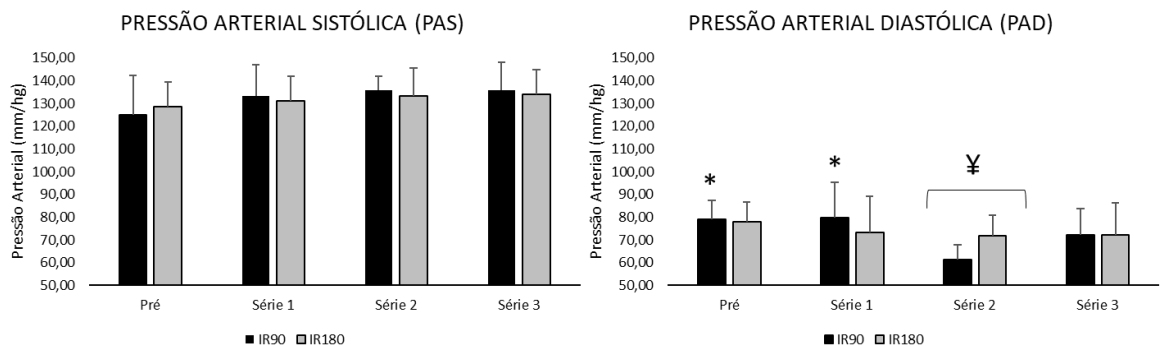
TABELA 1 – Número de repetições e tempo sob tensão para o intervalo entre séries de 90 segundos (IR90) e de 180 segundos (IR180).

	Número de Repetições			Tempo sob Tensão		
	Série 1	Série 2	Série 3	Série 1	Série 2	Série 3
IR90	10,20 (0,6)	6,80 (0,9)*	4,70 (1,1)*#	17,86 (0,6) ¥	17,54 (2,8) ¥	12,08 (2,9)
IR180	10,10 (0,5) ¥	9,40 (0,5) ¥§	7,40 (1,1) §	18,30 (0,6)	19,33 (2,9)	20,60 (3,5) §
Valor-p (IR90 vs. IR180)	0,714	<0,001	<0,001	0,131	0,181	<0,001

* p<0,05 para série 1; # p<0,05 para série 2; ¥ p<0,05 para série 3; § p<0,05, IR90 vs. IR180.

Na figura 1 são apresentados os valores da pressão arterial sistólica (PAS) e da pressão arterial diastólica (PAD) verificada imediatamente após a execução de cada série. Não foi verificada diferença entre séries e nem entre protocolos na PAS. Contudo, a PAD da S2 foi menor que a verificada no momento pré exercício (p < 0,001) e imediatamente após a S1 (p = 0,014). Observou-se também uma diferença para esta variável entre os protocolos na S2, sendo a verificada no protocolo de 90 segundos menor que no de 180 segundos (p = 0,009).

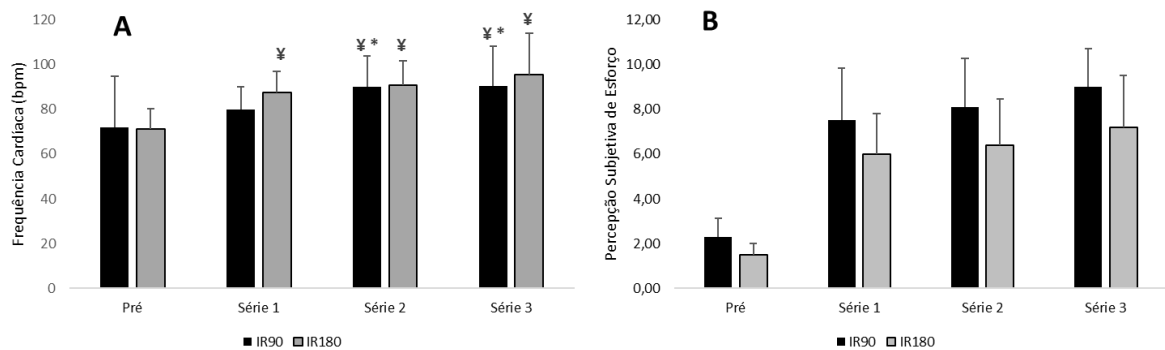
FIGURA 1 – Valores da Pressão Arterial em diferentes intervalos de recuperação.



* p<0,05 para série 2; ¥ p<0,05, IR90 vs. IR180.

Os valores encontrados para a frequência cardíaca (FC) e da percepção subjetiva de esforço (PSE) nos diferentes protocolos são apresentados na figura 2. A FC no momento pré-teste do IR90 foi menor quando comparada ao momento imediatamente após a S2 ($p = 0,014$) e a S3 ($p = 0,035$; $d = 0,82$ $\Delta\% = 26,04$). A FC pós S1 no IR90 também foi menor em comparação a verificada após a S2 ($p = 0,004$) e a S3 ($p = 0,039$). Quando o intervalo utilizado foi de 180 segundos (IR180), a FC no momento pré se apresentou menor quando comparada ao momento pós S1 ($p = 0,009$), S2 ($p = 0,008$) e S3 ($p = 0,005$, $d = 2,71$, $\Delta\% = 33,85$). Não foi verificada diferença entre os protocolos (IR90 vs. IR180) após as três séries. Não se verificou diferença para PSE entre séries e entre protocolos.

FIGURA 2 – Frequência Cardíaca e Percepção Subjetiva de Esforço após as séries em diferentes intervalos



¥ $p < 0,05$ para o Pré; * $p < 0,05$ para série 1.

DISCUSSÃO

De acordo com os resultados encontrados no presente estudo, o IR90 e o IR180 não foram suficientes para que o número de repetições nas séries subsequentes fosse mantido. Houve também uma redução do TST ao longo das séries no IR90, porém, não foi observada diferença para o IR180. Esses resultados não foram capazes de influenciar a pressão arterial sistólica (PAS) dos participantes da amostra após a realização do exercício nas três séries.

Esses resultados divergem dos achados por De Salles *et al.* (2010) que compararam 1 minuto vs. 2 minutos de intervalo de recuperação em 17 sujeitos. Os participantes realizaram 3 séries de 10 repetições em 7 exercícios e tiveram uma

redução significativa da PAS para os dois protocolos. Como o presente estudo utilizou apenas um exercício em seu protocolo, esses resultados distintos podem ser explicados pelo efeito hipotensivo acumulado da execução dos outros exercícios.

Veloso *et al.* (2010) avaliaram a pressão arterial (PA) ao comparar 3 intervalos de recuperação distintos (1, 2 e 3 minutos) em 6 exercícios com 3 séries de 8 repetições cada. Os autores verificaram valores menores para a PAS apenas no protocolo com 3 minutos de intervalo de recuperação. Esses resultados se contradizem aos verificados pelo presente estudo que não verificou diferença para a PAS entre os protocolos. Os resultados de Veloso *et al.* (2010) também se contrapõem aos achados por De Salles *et al.* (2010) que observaram redução no protocolo de 1 e 2 minutos de recuperação.

No entanto, os resultados da pressão arterial diastólica (PAD) do presente estudo demonstraram uma redução dos valores no IR90 para a segunda série quando comparados aos valores iniciais e a série 1. Tais resultados corroboram os achados de Veloso *et al.* (2010) que observaram a mesma condição e podem ser atribuídos a uma redução na atividade parassimpática. Uma outra hipótese poderia se sustentar no fato do intervalo menor deixar o indivíduo mais exposto a condição de hipóxia. Isso aumentaria a liberação de óxido nítrico (NO) e promoveria o relaxamento endotelial (ALVES *et al.*, 2019).

Entretanto, não houve diferença na série 3 para a PAD entre os protocolos do presente estudo. Contudo, os valores para TST nesse momento apresentaram diferença entre os protocolos, com os valores para o IR90 sendo menores que os verificados para IR180. Por outro lado, a série 2, apesar de apresentar número de repetições menor, apresentou um TST igual. Tal situação pode explicar o fato de não ter sido encontrada diferença para a série 3, pois, o tempo de execução do exercício foi menor (FIGUEIREDO *et al.*, 2016).

Alves *et al.* (2019) compararam o efeito do intervalo de recuperação de 45 segundos e 1 minuto entre séries sobre as repostas hemodinâmicas após uma sessão de TF. Vinte indivíduos normotensos do sexo masculino executaram 3 séries de 10 repetições a 70% de 1RM em 4 exercícios distintos. A pressão arterial (PA) e frequência cardíaca (FC) foram mensuradas. Os autores não encontraram influência na PAD e nem na FC. Esses resultados se afastam dos achados do presente estudo, no entanto, a menor intensidade utilizada por Alves *et al.* (2019) pode ajudar a explicar esta diferença.

O presente estudo verificou uma elevação na FC dos participantes para o IR90 e para o IR180, no entanto sem diferença significativa entre os protocolos. Tais resultados se contrapõem aos achados de Figueiredo *et al.* (2016) que identificaram maior FC para o intervalo de 1 minuto vs. 3 minutos. Esses autores utilizaram em sua amostra o mesmo protocolo de intensidade adotado por Alves *et al.* (2019), com uma carga relativa (70% de 1RM) em que os indivíduos equiparam o volume de treinamento pelo número de repetições. Isso pode justificar a diferença entre os resultados dos estudos.

O presente estudo utilizou valores absolutos de 10RM para o protocolo experimental. Dessa forma, foram verificadas diferenças no número de repetições entre os protocolos (IR90 < IR180) e nas séries subsequentes dentro do mesmo protocolo. Esses resultados se contrapõem aos achados de Figueiredo *et al.* (2016) e demonstram que em intensidades absolutas, diferentes intervalos de recuperação reduzem o número de repetições subsequentes. Contudo, apenas o IR90 demonstrou redução no TST. Esses resultados reforçam a necessidade da análise do TST, como uma variável de controle do volume de treinamento, e de suas implicações nas variáveis hemodinâmicas. Essa condição pode ser reforçada pela presente investigação não ter encontrado diferença para a PAD no IR180, mesmo com uma redução de mais de 50% no número de repetições ao final da série 3.

Redução semelhante no número de repetições nos protocolos com menor IR foi observada por Sosciarelli e Polito (2019). Os autores compararam o efeito de intervalos de 1 e 3 minutos vs. auto sugeridos, onde os indivíduos descansavam o período que achasse necessário, sem saber ao certo o tempo de intervalo utilizado. Foram realizadas 4 séries com 70% de 1RM no exercício supino reto em 12 homens treinados e saudáveis. Com esses resultados, é possível observar que indivíduos treinados respondem de forma diferente quando comparado aos indivíduos inexperientes em treinamento de força utilizados pelo presente estudo.

A relação entre número de repetições e percepção subjetiva de esforço (PSE) tem sido verificada para avaliar a influência de diferentes intervalos de recuperação entre séries (SENNA *et al.*, 2011; SENNA *et al.*, 2012). O presente estudo não verificou diferença para a PSE mesmo com uma redução do número de repetições ao longo das séries. Esses resultados vão ao encontro dos encontrados por Senna *et al.* (2011), Senna *et al.* (2012) e Sosciarelli e Polito, (2019). Isso pode ser explicado pelo fato de que independentemente do intervalo de recuperação ou da

quantidade de repetições realizadas, as repetições foram realizadas até a falha concêntrica. Nesse sentido, o esforço máximo realizado nos dois protocolos pode traduzir valores semelhantes na PSE.

Contudo, os estudos realizados por Scudese *et al.* (2015) e Pedretti *et al.* (2015) verificaram resultados que se afastam dos achados do presente estudo. Nos dois estudos citados os autores verificaram uma maior PSE nos intervalos de recuperação com duração e com número de repetições menores. No entanto, algumas diferenças nos protocolos podem justificar esta divergência. Scudese *et al.* (2015) utilizaram cargas absolutas para 3RM, ou seja, intensidade de carga bem maior que a utilizada pelo presente estudo. Além disso, o estudo comparou intervalos muito distintos (1 vs. 5 minutos). Por sua vez, Pedretti *et al.* (2015) utilizaram indivíduos treinados e experientes em treinamento de força, diferente do presente estudo que incluiu indivíduos apenas fisicamente ativos.

Os resultados do presente estudo para a PSE se aproximam dos achados de Woods *et al.* (2004) e Simão *et al.* (2006), no entanto, se afastam dos verificados por Alves *et al.* (2017) e Silva *et al.* (2011). Esses resultados bastante difusos para esta variável sugerem que a percepção subjetiva de esforço, apesar de ser uma ferramenta útil para avaliar a intensidade do treinamento, ainda necessita de mais investigação, sendo ainda dependente da familiarização com o instrumento e da intensidade de carga aplicada.

Os participantes do presente estudo não possuíam familiaridade com a escala de PSE o que pode ser considerado como um fator limitante deste estudo. Ademais, as medidas de pressão arterial foram observadas apenas uma vez imediatamente após as séries. A observação em outros momentos posteriores a finalização do exercício poderia representar melhor o resultado hipotensivo pós-exercício, sendo esta uma outra limitação do estudo.

CONCLUSÃO

O presente estudo verificou que os dois intervalos de recuperação não foram suficientes para manter o número de repetições ao longo das séries. No entanto, o IR180 não apresentou diferença para o TST. Esses resultados não influenciaram a PAS e a percepção subjetiva de esforço. Com relação a PAD, IR90 apresentou

valores menores para a série 2 e quando comparado ao IR180 nesse mesmo momento.

Novos estudos são sugeridos para um melhor controle da variável intervalo de recuperação em indivíduos hipertensos e/ou cardiopatas. Ademais, são sugeridas investigações com as mesmas variáveis em diferentes exercícios.

REFERÊNCIAS

ALVES, Ragami Chaves *et al.* Efeito do intervalo de recuperação no treinamento de força sobre respostas hemodinâmicas de homens treinados. **ConScientiae Saúde**, v. 18, n. 2, p. 273-283, 2019.

ALVES, Iara *et al.* Efeito dos diferentes intervalos de recuperação na percepção subjetiva de homens e mulheres. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 31, n. 4, p. 759-766, 2017.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; TEJERO-GONZÁLEZ, C. M.; DEL CAMPO-VECINO, J.; BAVARESCO, N. The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. **Journal of strength and conditioning research**, v. 28, n. 2, p. 528-533, 2014

BECK, T. W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **Journal of strength and conditioning research**, v. 27, n. 8, p. 2323-2337, 2013.

BORG, Gunnar. **Borg's perceived exertion and pain scales**. Human kinetics, 1998.

BRIGATTO, Felipe A. *et al.* High resistance-training volume enhances muscle thickness in resistance-trained men. **Journal of strength and conditioning research**, v. 36, n. 1, p. 22-30, 2022.

CONCEIÇÃO, Ariani França *et al.* Acute Blood Pressure Response to Different Resistance Programs in Trained Men. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, v. 34, p. 294-299, 2021.

FAUL, F. *et al.* A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**.

FIGUEIREDO, T. *et al.* Influence of exercise order on blood pressure and heart rate variability after a strength training session. **Journal of Sports Medicine Physical Fitness**, v. 53, n. 1, p. 12-17, 2013.

FIGUEIREDO, Tiago *et al.* Influence of load intensity on postexercise hypotension and heart rate variability after a strength training session. **Journal of strength and conditioning research**, v. 29, n. 10, p. 2941-2948, 2015.

FIGUEIREDO, Tiago *et al.* Influence of number of sets on blood pressure and heart rate variability after a strength training session. **Journal of strength and conditioning research**, v. 29, n. 6, p. 1556-1563, 2015b.

FIGUEIREDO, Tiago *et al.* Influence of rest interval length between sets on blood pressure and heart rate variability after a strength training session performed by prehypertensive men. **Journal of strength and conditioning research**, v. 30, n. 7, p. 1813-1824, 2016.

PEDRETTI, Augusto *et al.* Estudo comparativo do número de repetições máximas e da percepção subjetiva de esforço. **RBPFE-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 9, n. 52, p. 181-188, 2015.

POLITO, Marcos D.; FARINATTI, Paulo TV. The effects of muscle mass and number of sets during resistance exercise on postexercise hypotension. **Journal of strength and conditioning research**, v. 23, n. 8, p. 2351-2357, 2009.

RATAMESS, Nicholas A. *et al.* Effects of rest interval length on acute battling rope exercise metabolism. **Journal of strength and conditioning research**, v. 29, n. 9, p. 2375-2387, 2015.

REZK, C. C. *et al.* Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity. **European journal of applied physiology**, v. 98, n. 1, p. 105-112, 2006.

SCHROEDER, Elizabeth C. *et al.* Comparative effectiveness of aerobic, resistance, and combined training on cardiovascular disease risk factors: A randomized controlled trial. **PloS one**, v. 14, n. 1, p. e0210292, 2019.

SCUDESE, Estevão *et al.* The effect of rest interval length on repetition consistency and perceived exertion during near maximal loaded bench press sets. **Journal of strength and conditioning research**, v. 29, n. 11, p. 3079-3083, 2015.

SENNA, Gilmar *et al.* The effect of rest interval length on multi and single-joint exercise performance and perceived exertion. **Journal of strength and conditioning research**, v. 25, n. 11, p. 3157-3162, 2011.

SENNA, Gilmar Weber *et al.* Influence of Different Rest Interval Lengths in Multi-Joint and Single-Joint Exercises on Repetition Performance, Perceived Exertion, and Blood Lactate. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 15, n. 5, 2012.

SHEPHARD, R. J. PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. **Sports medicine**, 5, n. 3, p. 185-195, 1988.

SILVA, J. B.; LIMA, V. P.; PAZ, G. A.; OLIVEIRA, C. *et al.* Determination and comparison of time under tension required to perform 8, 10 and 12-RM loads in the bench press exercise. **Biomedical Human Kinetics**, 8, n. 1, p. 153-158, 2016.

SILVA, J. B.; PINHEIRO LIMA, V.; DA SILVA NOVAES, J.; DE CASTRO, J. B. P. *et al.* Time Under Tension, Muscular Activation, and Blood Lactate Responses to Perform 8, 10, and 12RM in the Bench Press Exercise. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 20, n. 6, 2017.

SILVA, J.B. *et al.* Analysis of myoelectric activity, blood lactate concentration and time under tension in repetitions maximum in the squat exercise. **Journal of Physical Education and Sport**, v. 18, n. 4, p. 2478-2485, 2018.

SILVA, M. *et al.* Análise do efeito de diferentes intensidades e intervalos de recuperação na percepção subjetiva de atletas. **Motricidade**, v. 7, n. 1, p. 3-12, 2011.

SIMÃO, Roberto *et al.* Effects of resistance training intensity, volume, and session format on the postexercise hypotensive response. **Journal of strength and conditioning research** v. 19, n. 4, p. 853-858, 2005.

SIMÃO, Roberto *et al.* A influência de três diferentes intervalos de recuperação entre séries com cargas para 10 repetições máximas. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, p. 37-44, 2006.

SOSCIARELLI, Vandrê; POLITO, Marcos. Intervalo de recuperação autossugerido: efeito agudo na quantidade de repetições e na densidade de treinamento em homens treinados. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, p. 122-129, 2019.

SÖKMEN, Bülent *et al.* Effects of sprint interval training with active recovery vs. endurance training on aerobic and anaerobic power, muscular strength, and sprint ability. **Journal of strength and conditioning research**, v. 32, n. 3, p. 624-631, 2018.

VIEIRA, Alexandra F. *et al.* Effects of resistance training performed to failure or not to failure on muscle strength, hypertrophy, and power output: A systematic review with meta-analysis. **Journal of strength and conditioning research**, v. 35, n. 4, p. 1165-1175, 2021.

WOODS S, Bridge T, Nelson D, Risse K, Pincivero DM. The effects of rest interval length on ratings of perceived exertion during dynamic knee extension exercise. **Journal of strength and conditioning research**, v. 18, n. 3, p. 540-545, 2004.

CONCLUSÃO DA TESE

Através da revisão sistemática realizada pelo presente estudo foi possível observar algumas informações acerca dos métodos e objetivos utilizados para a avaliação de diferentes intervalos de recuperação no exercício supino reto.

Os estudos apresentados tiveram como objetivo verificar o efeito de diferentes intervalos de recuperação em respostas musculares e hemodinâmicas. Foram observadas as medidas de imagens como ultrassom e ressonância, medidas sanguíneas como GH, Testosterona, IGF-1 e Lactato, números de repetições para o desempenho e fadiga, assim como a frequência cardíaca e pressão arterial.

Contudo, de acordo com esta revisão sistemática, há uma poucos artigos na literatura que analisaram a associação dessas medidas, demonstrando como é o comportamento das variáveis musculares e hemodinâmicas em conjunto. Além disso, outras questões ainda não haviam sido descritas nos artigos verificados, como por exemplo, a influência do intervalo de recuperação no tempo sob tensão (TST).

Com os artigos experimentais elaborados e os resultados encontrados é possível fazer algumas conclusões com relação a essas questões. A variável TST para as execuções de 8, 10 e 12RM no exercício supino reto puderam ser mensuradas em 14,22s; 17,18s e 20,66s, respectivamente. Então, o TST parece ser importante para avaliar as respostas ao exercício físico, pois ao longo dos estudos apresentou resultados que demonstram relação com o desempenho nos exercícios.

Diferenças significativas foram verificadas entre as variáveis TST, sobrecarga (SC) e LAC para todos os protocolos em ordem crescente ao número de repetições (8<10<12RM). No exercício supino reto, em intensidades altas e baixo TST, a porção esternocostal do peitoral maior parece estar mais ativa. Em intensidades baixas e TST alto, a porção clavicular do peitoral maior indicou maior trabalho muscular. Sendo assim, ao enfatizar o trabalho desses músculos, esses pressupostos podem ser utilizados.

Já, o intervalo de recuperação (IR) interfere nas respostas dessas variáveis em múltiplas séries. O IR90 influenciou a manutenção dos valores da variável TST ao longo das séries, reduzindo o tempo em que os músculos se mantem em tensão.

Contudo, no IR180 não houve modificação no TST apesar do menor número de repetições completadas.

Entretanto, os resultados da presente tese mostraram que tanto o intervalo de recuperação de 90 segundos (IR90) quanto o de 180 segundos (IR180) não são capazes de manter o número de repetições ao longo das séries. Observou-se que em ambos os protocolos há uma redução desses valores.

O IR90 e o IR180 interferem nos níveis de lactato e na força muscular em comparação aos valores pré-exercício. A força muscular apresentou redução em seus valores após a terceira série em comparação a primeira, enquanto os níveis de Lactato aumentaram sua concentração sanguínea ao final das séries. Contudo, não foi verificada diferença entre os protocolos.

Nas variáveis indicadoras de desempenho, o IR180 apresentou maiores valores para o volume total de carga, para a carga e para a eficiência e menor valor para índice de fadiga. Sendo assim, o IR180 se mostrou mais eficiente para promover a recuperação do desempenho, principalmente no início das séries. Dessa forma, o intervalo de recuperação de 180 segundos pode ser indicado para treinos com o objetivo de manutenção do volume de treinamento.

Em relação as variáveis hemodinâmicas, diferentes intervalos de recuperação não influenciam na frequência cardíaca. No entanto, o IR90 apresentou valores menores para a PAD na série 2 quando comparada ao momento pré e pós-série 1. Os valores para a série 2 do IR90 também foram menores do que os verificados para este mesmo momento no IR180. O IR90 então parece produzir um efeito hipotensivo por reduzir a PAD na série 2 em comparação ao IR180.

Ao utilizar o TST verificado em 10RM para realizar o teste de carga, os estudos demonstraram que existe reciprocidade entre o TST e 10RM. Dessa forma, o controle da relação volume/intensidade e a prescrição no exercício supino reto nas faixas de repetição dos exercícios propostos pelo presente estudo podem ser realizados baseados no TST. Assim, resultados do treinamento também podem ser avaliados e reavaliados levando em conta esta variável de modo que ganhos de força podem ser relacionados à diminuição do TST ou aumento do número de repetições em um mesmo TST nesse exercício.

São sugeridos estudos que avaliem o TST em diferentes exercícios monoarticulares e multiarticulares, de membros superiores e inferiores, bem como o

comportamento do TST em outros intervalos de recuperação e com indivíduos do sexo feminino em distintos níveis de treinamento.

REFERÊNCIAS

- AZIZBEIGI, K. *et al.* Effect of moderate and high resistance training intensity on indices of inflammatory and oxidative stress. **Research in sports medicine**, v. 23, n. 1, p. 73-87, 2015.
- CHOVANEC, L.; GRÖPEL, P. Effects of 8-week endurance and resistance training programmes on cardiovascular stress responses, life stress and coping. **Journal of sports sciences**, v. 38, n. 15, p. 1699-1707, 2020.
- FERNÁNDEZ-VERDEJO, R. *et al.* Activating transcription factor 3 regulates chemokine expression in contracting C2C12 myotubes and in mouse skeletal muscle after eccentric exercise. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 492, n. 2, p. 249-254, 2017. ISSN 0006-291X.
- FIGUEIREDO, T. *et al.* Respostas cardiovasculares agudas ao treinamento de força utilizando diferentes intervalos entre séries. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFE)**, v. 5, n. 25, p. 10, 2011.
- FINK, J. E. *et al.* Acute and long-term responses to different rest intervals in low-load resistance training. **International journal of sports medicine**, v. 38, n. 02, p. 118-124, 2017. ISSN 0172-4622.
- GRGIC, J. *et al.* Effects of rest interval duration in resistance training on measures of muscular strength: a systematic review. **Sports Medicine**, v. 48, n. 1, p. 137-151, 2018. ISSN 0112-1642.
- GRGIC, J. *et al.* The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. **European journal of sport science**, v. 17, n. 8, p. 983-993, 2017. ISSN 1746-1391.
- HENWOOD, T. From Community to Aged Care: The Role of Resistance Training in Health and Wellness. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 24, p. S58-S58, 2016.
- HOLLINGS, M. *et al.* The effect of progressive resistance training on aerobic fitness and strength in adults with coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. **European journal of preventive cardiology**, v. 24, n. 12, p. 1242-1259, 2017. ISSN 2047-4873.
- LACERDA, L. T. *et al.* Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. **Journal of strength and conditioning research**, v. 30, n. 1, p. 251-258, 2016. ISSN 1064-8011.
- MACINTOSH, B. R.; RASSIER, D. E. What is fatigue? **Canadian journal of applied physiology**, v. 27, n. 1, p. 42-55, 2002. ISSN 1066-7814.
- MARTINS-COSTA, H. C. *et al.* Longer repetition duration increases muscle activation and blood lactate response in matched resistance training protocols. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 22, n. 1, p. 35-41, 2016. ISSN 1980-6574.

- MCKENDRY, J. *et al.* Short inter-set rest blunts resistance exercise-induced increases in myofibrillar protein synthesis and intracellular signalling in young males. **Experimental physiology**, v. 101, n. 7, p. 866-882, 2016. ISSN 1469-445X.
- NICKERSON, B. S. *et al.* Evaluation of load-velocity relationships and repetitions-to-failure equations in the presence of male and female spotters. **Journal of strength and conditioning research**, v. 34, n. 9, p. 2427-2433, 2020.
- PAZ, G. A. *et al.* Volume Load and Neuromuscular Fatigue During an Acute Bout of Agonist-Antagonist Paired-Set vs. Traditional-Set Training. **Journal of strength and conditioning research**, v. 31, n. 10, p. 2777-2784, 2017. ISSN 15334287 (ISSN).
- ROBBINS, D.W. *et al.* Physical performance and electromyographic responses to an acute bout of paired set strength training versus traditional strength training. **Journal of strength and conditioning research**, v. 24, n. 5, p. 1237-1245, 2010.
- ROGATZKI, M. J. *et al.* Blood ammonium and lactate accumulation response to different training protocols using the parallel squat exercise. **Journal of strength and conditioning research**, v. 28, n. 4, p. 1113-1118, 2014. ISSN 1064-8011.
- SCHOENFELD, B. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Medicine**, v. 43, n. 3, p. 16, 2013.
- SILVA, J. B. *et al.* Time Under Tension, Muscular Activation, and Blood Lactate Responses to Perform 8, 10, and 12RM in the Bench Press Exercise. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 20, n. 6, 2017. ISSN 1097-9751.
- SIMÃO, R. *et al.* Exercise order in resistance training. **Sports Medicine**, v. 42, n. 3, p. 251-265, 2012. ISSN 0112-1642.

ANEXO A – PAR-Q**Physical Activity Readiness Questionnaire**

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

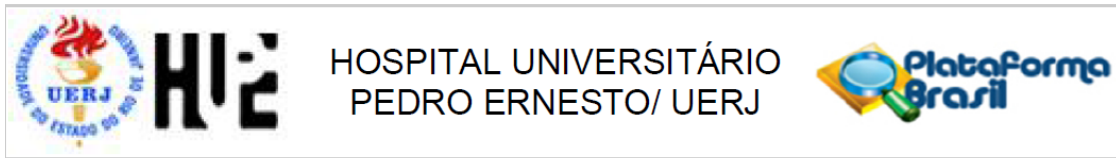
Por favor, assinale “sim” ou “não” nas seguintes perguntas:

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

Data

Assinatura

ANEXO B – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento

Pesquisador: Jurandir Baptista da Silva

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 61911215.3.0000.5259

Instituição Proponente: Hospital Universitário Pedro Ernesto

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

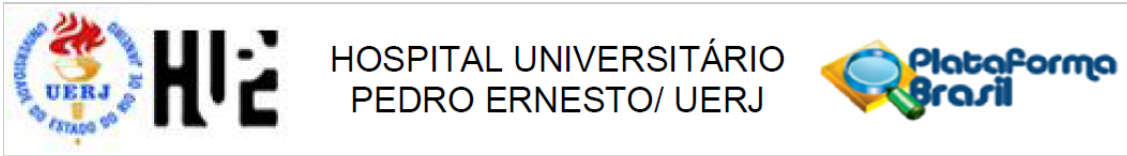
DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.823.683

Apresentação do Projeto:

O volume e a intensidade do treinamento podem ser obtidos através do número total de repetições concluídas durante um período de tempo específico. No entanto, o tempo médio em que o músculo está sob tensão para 8, 10 e 12 repetições máximas (RM) não está totalmente claro na literatura, bem como as respostas musculares decorrentes do tempo sob tensão (TST) gerado por esta faixa de repetições. Sendo assim, o objetivo do presente estudo é verificar o tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e níveis de lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento. Participarão da amostra 30 homens, com idade entre 18 e 30 anos. Serão adotados como critérios de inclusão: praticar os exercícios propostos há no mínimo seis meses e frequência semanal de duas vezes. Serão excluídos indivíduos que apresentarem lesão ou dor que impossibilite a correta execução do exercício ou PAR-Q positivo. Os participantes realizarão os testes de 8, 10 e 12 RM e o TST para cada uma destas faixas de repetição será verificado através da cinemetria. Com um intervalo mínimo de 48h os participantes realizarão os exercícios com o TST e a carga obtida. Serão verificados o número de repetições realizadas, a atividade eletromiográfica e os níveis de lactato sanguíneo provenientes do tempo em que os músculos estarão sob tensão para cada faixa de execuções múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento.

Endereço: Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo
Bairro: Vila Isabel **CEP:** 20.551-030
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** cep-hupe@uerj.br



Continuação do Parecer: 1.823.683

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Determinar o tempo sob tensão, a atividade eletromiográfica e os níveis de lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento.

Objetivo Secundário:

- Verificar o tempo de tensão médio nas execuções de 8, 10 e 12 RM nos exercícios supino reto e agachamento.
- Identificar a atividade EMG dos músculos peitoral maior (partes clavicular e esternocostal), tríceps braquial e deltoide (parte clavicular), nas execuções de 8, 10 e 12 RM no exercício supino reto.
- Obter a atividade EMG dos músculos vasto medial oblíquo, vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral nas execuções de 8, 10 e 12 RM no exercício agachamento.
- Identificar os níveis de lactato nas execuções de 8, 10 e 12 RM nos exercícios supino reto e agachamento.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Durante os protocolos experimentais podem ocorrer dores musculares tardias devido ao treinamento de resistido. Todavia, o posicionamento dos indivíduos durante os exercícios será criteriosamente controlado pelos pesquisadores, visando evitar compensações e lesões.

Benefícios:

Os participantes receberão gratuitamente uma avaliação sobre os níveis de capacidade funcional, atividade neural e desempenho neuromuscular.

Além de contribuir com as evidências sobre o controle das variáveis do treinamento de força, para assim, melhor embasar a prescrição de exercícios.

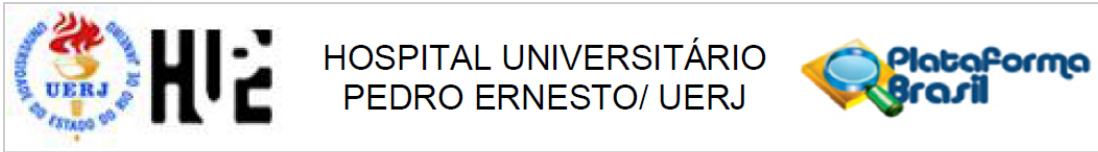
Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto de mestrado bem elaborado. Foram avaliadas as informações contidas na Plataforma Brasil e as mesmas se encontram dentro das normas vigentes e sem riscos eminentes aos participantes envolvidos de pesquisa.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os documentos de apresentação obrigatória foram enviados a este Comitê, estando dentro das boas práticas e apresentando todas dados necessários para apreciação ética.

Endereço: Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo
Bairro: Vila Isabel **CEP:** 20.551-030
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** cep-hupe@uerj.br



Continuação do Parecer: 1.823.683

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto pode ser realizado da fora como está apresentado. Diante do exposto e à luz da Resolução CNS nº466/2012, o projeto pode ser enquadrado na categoria – APROVADO. Para ter acesso ao PARECER CONSUBSTANCIADO: Clicar na "LUPA" (DETALHAR) - Ir em "DOCUMENTOS DO PROJETO DE PESQUISA", clicar na opção da ramificação (pequeno triângulo no entrocamento do organograma) de pastas chamada – "Apreciação", e depois na Pasta chamada "Pareceres", o Parecer estará nesse local.

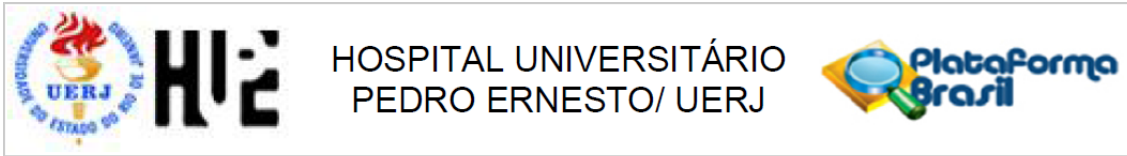
Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente, o CEP recomenda ao Pesquisador: Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e no termo de consentimento livre e esclarecido, para análise das mudanças; Informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa; O Comitê de Ética solicita a V. S^a., que encaminhe relatórios parciais de andamento a cada 06 (seis) Meses da pesquisa e ao término, encaminhe a esta comissão um sumário dos resultados do projeto; Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_540159.pdf	09/10/2016 18:44:12		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_MESTRADO_TST_UERJ_FINAL_30_06_2016.doc	09/10/2016 18:22:25	Jurandir Baptista da Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao_de_ciencia.pdf	09/10/2016 18:06:14	Jurandir Baptista da Silva	Aceito
Cronograma	cronograma.pdf	19/09/2016 19:51:46	Jurandir Baptista da Silva	Aceito
Folha de Rosto	folho_de_rosto_assinada.pdf	31/07/2016 13:48:10	Jurandir Baptista da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.doc	30/06/2016 17:05:26	Jurandir Baptista da Silva	Aceito

Endereço: Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo
Bairro: Vila Isabel **CEP:** 20.551-030
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** cep-hupe@uerj.br



Continuação do Parecer: 1.823.683

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 17 de Novembro de 2016

Assinado por:
DENIZAR VIANNA ARAÚJO
(Coordenador)

Endereço: Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo
Bairro: Vila Isabel **CEP:** 20.551-030
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** cep-hupe@uerj.br