

# **Análise da resposta neuromuscular, fisiológica e psicofisiológica a um treino de força no supino e no agachamento**

**João Carlos Baltazar Andrade**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Ciências do Desporto**  
(2º ciclo de estudos ou mestrado integrado)

Orientador: Prof. Doutor Henrique Neiva  
Co-orientador: Prof. Doutora Dulce Esteves

**junho de 2020**



# Agradecimentos

A concretização deste trabalho foi um marco importante na minha vida, desta forma não poderia deixar de expressar a minha gratidão a todos que de certa forma me apoiaram nesta jornada.

Aos meus pais, avó e irmão, pelo apoio que me deram em todas as fases da minha vida, que se revelou crucial para a realização desta dissertação. Um muito obrigado!

Ao meu orientador, Prof. Doutor Henrique Neiva e coorientadora, Prof. Doutora Dulce Esteves, por todo o apoio e paciência que tiveram comigo. Em especial ao Prof. Doutor Henrique Neiva, dado que foi através da sua influência que me aventurei na realização deste trabalho, por isso agradeço a sua boa disposição, compreensão, conselhos e total disponibilidade que revelou em todas as fases do trabalho e, acima de tudo, pela confiança depositada em mim.

Ao meu amigo Diogo Marques, pelo seu apoio incondicional, pela grande ajuda que me deu ao longo do projeto. Só tenho de agradecer por todo o conhecimento transmitido, as críticas e sugestões de trabalho.

Ao meu Prof. Doutor Daniel Marinho, pelo contributo do material para a recolha do estudo, e a todos os professores que obtive ao longo da minha trajetória académica que influenciaram onde estou hoje.

Agradeço também a todos que me ajudaram na recolha dos dados, Luís Fail, Pedro Neves e Helena Gil, obrigado por toda a vossa disponibilidade na contribuição deste trabalho. Obrigado a todos estudantes universitários na sua maioria do curso de Ciências do Desporto da Universidade da Beira Interior que se disponibilizaram para participar como amostra deste estudo.

A todos os meus colegas que obtive no começo do meu percurso académico, sendo que alguns deles se prolongaram até hoje, a todos os novos colegas que ganhei e aos amigos da Universidade.

Por fim, aos meus grandes amigos e restante família da Ilha da Madeira que me apoiaram e deram incentivo para elaboração desta etapa importante da minha vida.



## Resumo

O presente estudo teve como principal objetivo perceber quais as respostas neuromusculares, fisiológicas e psicofisiológicas a uma sessão de treino da força, no exercício de supino (SP) e agachamento (AG). Participaram 13 sujeitos do sexo masculino, com  $23.31 \pm 1.49$  anos de idade,  $175.92 \pm 3.43$  m de altura e  $81.56 \pm 8.13$  kg de massa corporal. Cada sujeito realizou uma avaliação inicial através de um teste progressivo para a determinação da força máxima dinâmica (1RM). Após a determinação de 1RM, cada sujeito realizou uma sessão de treino de força muscular, constituído por 3 séries de 8 repetições com 80% 1RM, com intervalo de 3-min entre as séries. Esta sessão de treino foi realizada no exercício de SP e AG, de forma aleatória e em dias diferentes. A recolha de dados foi realizada antes e após o treino no que se refere à velocidade média propulsiva para 1 m/s (V1) para o SP e altura do salto contramovimento (CMJ) para o AG, ao lactato sanguíneo [La-], frequência cardíaca (FC), pressão arterial (PA) e percepção subjetiva de esforço (PSE). A perda de velocidade em V1 (para o SP) e da altura do CMJ (para o AG) foram significativos demonstrando assim uma fadiga neuromuscular ( $p < 0.05$ ). Quando comparados os exercícios, verificamos uma maior perda de velocidade ao longo das séries no SP em comparação com o AG (51% contra 31%), indicando assim um maior grau de fadiga mecânica. Esta observação da maior acumulação de fadiga traduziu-se num aumento superior dos valores de [La-], FC e PSE pós exercício. A PA pós exercício no SP mostrou-se sem diferenças significativas ( $p > 0.05$ ), demonstrando-se como um efeito hipotensivo para os 80% 1RM, diferente do AG que se manifestou como um exercício de maior resposta cardiovascular ( $p > 0.05$ ). Este estudo permitiu verificar que as respostas neuromusculares, fisiológicas e psicofisiológicas apresentam diferenças entre si, e este tende a ser específico do exercício utilizado.

## Palavras-chave

Treino da Força; Fadiga; Mecânica; Fisiológica; Psicofisiológica; Supino; Agachamento



# Abstract

This study had as main objective to perceive which neuromuscular, physiological and psychophysiological responses to a strength training session, without bench press (BP) and squat (SQ). Thirteen male subjects participated, aged  $23.31 \pm 1.49$  years,  $175.92 \pm 3.43$  m in height and  $81.56 \pm 8.13$  kg of body weight. Each participant performed an initial assessment using a progressive test to determine the maximum required strength (1RM). After determining 1RM, each participant performed a muscle strength training session, consisting of 3 sets of 8 repetitions with 80% 1RM, with an interval of 3 minutes between sets. This training session was performed in the exercise of BP and SQ, at random and on different days. Data collection was performed before and after training, which refers to the mean propulsive velocity of 1 m / s (V1) for BP and the countermovement jump height (CMJ) for SQ, to blood lactate [La-], heart rate (HR), blood pressure (BP) and subjective perception of effort (RPE). The loss of speed in V1 (for BP) and height of CMJ (for SQ) were exhibited as neuromuscular fatigue ( $p < 0.05$ ). When the exercises are compared, there is a greater loss of speed throughout the series in BP compared to SQ (51% against 31%), indicating a greater degree of mechanical fatigue. This observation of the greater accumulation of translated fatigue is a higher increase in the values of La, HR and RPE after exercise. The BP post-exercise in exercise BP showed significant differences ( $p > 0.05$ ), demonstrating that it is a hypotensive effect for 80% 1RM, different from SQ that manifests itself as an exercise with a higher cardiovascular response ( $p > 0.05$ ). This study allowed to verify if the neuromuscular, physiological, and psychophysiological responses differ from each other, and are specific to the exercise used.

## Keywords

Strength Training; Fatigue; Mechanics; Physiological; Psychophysiological; Bench press; Squat



# Índice

Lista de Figuras .....	xi
Lista de Tabelas .....	xiii
Lista de Acrónimos .....	xv
Introdução .....	1
Metodologia .....	7
Desenho do estudo .....	7
Sujeitos .....	7
Procedimentos .....	8
Altura e massa corporal .....	8
Avaliação da força máxima .....	9
Avaliação da resposta mecânica .....	10
Avaliação fisiológica .....	11
Análise Estatística .....	12
Resultados .....	13
Discussão .....	18
Conclusão .....	25
Implicações Práticas .....	27
Sugestões para o futuro .....	29
Referências Bibliográficas .....	31



# Lista de Figuras

Figura 1 - Comparação entre os exercícios de SP e AG nas variáveis fisiológicas, PAS (A), PAD (B), FC (C) e [La-] (D) no pré-pós treino em percentagem de mudança ( $\Delta\%$ ) (S1: primeira série; S3: pós terceira série). .....16

Figura 2 - Relação entre os exercícios SP e AG nas variáveis mecânicas V1 Máx e CMJ Máx (A), V1 Média e CMJ Média (B) e nas variáveis psicofisiológicas OMNI (C) em percentagem de mudança ( $\Delta\%$ ).....17



# Lista de Tabelas

Tabela 1- Características Gerais dos sujeitos.....	8
Tabela 2- Características descritivas dos treinos realizados nos exercícios de supino e agachamento.....	13
Tabela 3 - Mudanças do pré para o pós-treino em variáveis fisiológicas, mecânicas e de percepção de esforço no supino.....	14
Tabela 4 - Mudanças do pré para o pós-treino em variáveis fisiológicas, mecânicas e de percepção de esforço no agachamento. ....	15



## Lista de Acrónimos

PSE	Perceção Subjetiva de Esforço
1RM	Uma Repetição Máxima
SP	Supino
AG	Agachamento
CMJ	Salto com Contramovimento
VMP	Velocidade Média Propulsiva
PA	Pressão Arterial
[La-]	Lactato Sanguíneo
FC	Frequência Cardíaca



# Introdução

As variáveis do treino (i.e., tipo de exercício, volume, intensidade, período de recuperação, ordem do exercício) são componentes fundamentais para a sua programação. Será a sua escolha, apoiada nos princípios e leis do treino da força, que vai determinar a quantidade de stress imposto ao corpo, e conseqüentemente que adaptações ocorrerão (Spiering et al., 2008). Estas têm recebido considerável atenção por parte dos investigadores ao longo dos anos (Kraemer & Ratamess, 2004; Bird, Tarpenning & Marino, 2005; Spiering et al., 2008; Crewther, Cronin & Keogh, 2005), levando à publicação de recomendações práticas acerca do volume, intensidades e recuperações mais adequadas para cada tipo de população e objetivo (Kraemer et al., 2002; Ratamess et al., 2009). Estas recomendações presupoem que diferentes indivíduos sejam capazes de cumprir uma dada série de treino, com uma intensidade que lhe permite realizar o número de repetições previstas como sugerido por American College of Sports Medicine (ACSM) (Kraemer et al., 2002; Ratamess et al., 2009). No entanto, a individualização da carga e a resposta individual de cada sujeito ao mesmo treino não estão assim consideradas.

A manipulação do volume de treino é um fator importante no treino da força muscular, dado que um elevado volume pode não trazer benefícios ao desenvolvimento da força (Ostrowski, Wilson, Weatherby, Murphy & Lyttle, 1997; Peterson, Rhea & Alvar, 2004; Schoenfeld et al., 2019). Porém, um volume moderado parece indicar um ambiente favorável para a melhoria na força/potência muscular em comparação com os volumes de treino mais elevados (Gonzalez-Badillo, Gorostiaga, Arellano & Izquierdo, 2005; Gonzalez-Badillo, Izquierdo & Gorostiaga, 2006; Izquierdo et al., 2010). Como observado por Izquierdo et al. (2010), uma vez alcançado um volume “ótimo”, um aumento adicional de volume não produz mais ganhos e pode mesmo conduzir a diminuição de desempenho em sujeitos treinados. No entanto, a associação entre a intensidade e o volume, enquanto número de repetições, continua a ser seguida enquanto orientação para o treino típico de força nos ginásios e academias. Esta crença aplicada no treino da força em ginásios e academias, com o número de repetições realizadas até à falha, deve-se aos protocolos de treino para hipertrofia de atletas do fisiculturismo ou indivíduos que pretendem melhorar a sua composição corporal, na qual são realizados com cargas moderadas e intervalos curtos de descanso (Schoenfeld, 2010; Mangine et al, 2015).

A intensidade do exercício durante o treino da força tem sido geralmente identificada com carga relativa normalmente prescrita como uma percentagem da carga máxima em que é

realizada uma repetição (1RM), como por exemplo 85% 1RM, ou como uma carga que permite executar um número específico de repetições (ex: 6RM) (Kraemer et al., 2002; Ratamess et al., 2009). No treino usual de força existe uma relação indiretamente proporcional entre a intensidade e volume, ou seja, quanto maior a intensidade menor o volume (números de repetições). O volume é prescrito através do número de repetições por série, quantidade de séries e pela quantidade de carga da sessão de treino. Tradicionalmente, 1-6RM, 8-12RM e 15-25RM são cargas recomendadas para maximizar a força, hipertrofia e resistência muscular (Spiering et al., 2008; Kraemer et al., 2002; Ratamess et al., 2009; Haff & Triplett, 2016). Campos e colaboradores (2002) confirmaram estas suposições, observando que a determinada intensidade corresponde uma dose resposta diferente, apesar do volume de treino não ter sido controlado neste estudo. Portanto, a intensidade no treino de força é geralmente reconhecida como o estímulo mais importante, e tem sido identificado com carga relativa (%1RM), pois a prescrição com utilização de cargas RM tende a promover adaptações musculares específicas com reflexo na influência combinada da carga do exercício e do volume.

A intensidade e volume são consideradas as variáveis mais importantes quando se discute a magnitude e o tipo de adaptações neurológicas e morfológicas, que ocorrem como resultado do treino de força (Bird, Tarpenning & Marino, 2005). A manipulação destas variáveis ocasiona respostas diferentes a nível de stress mecânico e metabólico (Ratamess et al, 2009; Mangine et al, 2015). A combinação do stress metabólico e mecânico tem sido sugerido como um estímulo potente para a indução de hipertrofia muscular e aumento de força (Mangine et al, 2015). Desta forma, sabendo da importância que estes podem desempenhar no papel do desenvolvimento da força e hipertrofia induzida pelo exercício, a programação de treino deve obedecer um espectro de zonas alvo quando o objetivo primário é adaptações hipertróficas, enquanto que para usufruir dos benefícios inerentes da força máxima, a utilização de cargas elevadas deve ser prioritária (Schoenfeld, 2010; Schoenfeld, Grgic, Ogborn & Krieger, 2017). Esta programação das cargas deverá ter em conta, entre outras, a experiência de treino do sujeito, uma vez que, para sujeitos treinados, as cargas mais elevadas tendem a ter repercussões benéficas no aumento da força muscular, enquanto que para não treinados, os ganhos parecem existir com cargas baixas e elevadas (Schoenfeld, Grgic, Ogborn & Krieger, 2017).

Algumas recomendações sugerem que deve ser realizado um dado número de repetições para cada carga relativa, i.e. % RM, prevista para o treino (Ratamess et al., 2009; Haff & Triplett, 2016). Estas sugestões baseiam-se nos efeitos produzidos e nas indicações dos estudos para a realização do exercício até à falha muscular (Drinkwater, Lawton, Lindsell, Pyne, Hunt & McKenna 2005; Davies, Orr, Halaki & Hackett, 2016). No entanto, várias

são as evidências que indicam que este tipo de método de treino não provoca necessariamente incrementos na magnitude dos ganhos da força muscular (Izquierdo et al., 2006; Izquierdo et al., 2010). A justificação para estes resultados pode advir da acumulação de fadiga residual que uma sessão de treino de força realizado até à falha muscular pode causar na qualidade do treino seguinte. Consequentemente, ocorre um comprometimento da capacidade do sistema neuromuscular de desenvolver rapidamente força, ou da redução do volume total de treino (Izquierdo et al., 2010).

Vários estudos indicam que o treino realizado até à falha promove ganhos de força, isto com a explicação que tais protocolos desempenham um papel na hipertrofia muscular (Drinkwater, Lawton, Lindsell, Pyne, Hunt & McKenna 2005; Izquierdo et al., 2006; Pareja-Blanco et al., 2017). A sugestão, segundo os autores, é que através do treino até à falha ocorre uma maior acumulação de metabolitos, nomeadamente o lactato e iões de hidrogénio, além do recrutamento de unidades motoras adicionais para manter a produção de força. Contudo, não está claro se a atividade da unidade motora é reforçada, além disso o impacto da fadiga acumulada pode potencialmente resultar em *overtraining* e riscos de lesões. Desta forma, treinar até à falha requer maiores tempos de recuperação (Davies, Orr, Halaki & Hackett 2016; Pareja-Blanco et al., 2017). Porém, sabendo que a força está diretamente relacionada com a área da secção transversa do músculo, alguns autores referem ser importante treinar esta componente por forma a criar um estímulo no desenvolvimento muscular (Maughan, Watson & Weir, 1983; Fukunaga, Miyatani, Tachi, Kouzaki, Kawakami & Kanehisa 2001; Jones, Bishop, Woods & Green, 2008).

Devemos ainda realçar que a realização de um treino até à falha muscular resulta em estados de fadiga, que não limitam apenas a capacidade de uma fibra de gerar força máxima, mas também provocam a diminuição da velocidade máxima de encurtamento (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011). O conceito de fadiga é complexo, podendo ser causada por diversos mecanismos diferentes, desde o acúmulo de metabolitos nas fibras musculares até a geração de um comando inadequado no córtex motor (Enoka & Duchateau 2008). Logo, os mecanismos que causam fadiga são específicos da tarefa que está sendo executada. Dada a existência de muitas definições de fadiga, um elemento em comum na sua maioria é um declínio da capacidade muscular de gerar força ou da capacidade de potência máxima do músculo (Bigland-Ritchie & Woods 1984; Enoka & Duchateau 2008; Allen, Lamb & Westerblad 2008).

No caso de ocorrer falha muscular, mecânica o exercício é comprometido. A fadiga muscular tende a aumentar com o acumular das repetições realizadas pelo sujeito (Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011). Contudo antes da ocorrência da falha, outros

sinais de fadiga muscular podem ser detetáveis, como a redução da força máxima aplicada, diminuição da velocidade de execução e redução da potência mecânica (Izquierdo et al., 2006; Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011). De facto, e tendo em conta a várias limitações, como por exemplo, a variabilidade individual e em termos de exercício em relação ao número máximo de repetições que pode ser concluído com uma determinada relativa em relação ao RM (Gonzalez-Badillo, Yanez-Garcia, Mora-Custodio, Rodriguez-Rosell, 2017; Pareja-Blanco, Villalba-Fernández, Cornejo-Daza, Sánchez-Valdepeñas & González-Badillo, 2019), fez com que os investigadores e treinadores se debruçassem sobre outras possíveis soluções que permitissem uma melhor quantificação da carga e nível de esforço durante o treino da força. A este respeito, uma nova abordagem conhecida como treino baseado na velocidade surgiu, usando a velocidade de movimento para quantificar objetivamente as dosagens de programas de treino da força.

Velocidade de execução é uma variável interessante para monitorizar a intensidade no treino da força. González-Badillo e Sánchez-Medina (2011) aplicaram esta abordagem e confirmaram que a velocidade de execução poderá fornecer indicações acerca do nível de esforço durante o treino e acerca do grau de fadiga. A título de exemplo, González-Badillo, Yanez-Garcia, Mora-Custodio e Rodriguez-Rosell (2017), mostraram que, ao invés de prescrever um número fixo de repetições com uma determinada carga, o volume durante o treino da força deve ser monitorado usando a magnitude da perda da velocidade alcançado em cada série de exercício, devido a estar internamente ligada ao nível real de esforço alcançado. No entanto, em contexto de ginásios e academias, continuam a ser recomendadas séries realizadas até à falha muscular, e com a determinação das cargas em percentagens de RM.

Considerando a importância das recomendações gerais para o treino da força e a programação do treino em contexto de academias e ginásios, com o recurso a séries pré-estabelecidas no que se refere ao número de repetições e intensidade relativa (%RM), torna-se fundamental tentar entender melhor as respostas fisiológicas e neuromusculares destas mesmas recomendações. Mais ainda, considerando as evidências contraditórias em relação ao treino da força até à falha muscular, e que as recomendações são semelhantes para exercícios diferentes, urge perceber melhor e controlar de forma mais adequada o treino da força muscular. As diferentes combinações das componentes da carga como o volume e a intensidade podem gerar resultados distintos e devem ser ajustados de acordo com o objetivo do treino (Spiering et al., 2008). Nesse sentido, o controlo de treino e a monitorização das cargas de treino é fundamental para assegurar uma programação eficaz. Podemos assim sugerir que o processo de controlo e avaliação é componente inerente à implementação de programas de treino, e de forma específica no treino da força

muscular (Kraemer & Ratamess, 2004). Esta avaliação e controlo parece ser ainda mais importante se denotarmos que parece existir uma relação entre o trabalho total realizado durante um treino da força muscular (carga externa) e a perceção de esforço (carga interna) (Lodo et al., 2012). Desta forma, com o controlo do treino, é possível garantir a melhor resposta e adaptação ao longo do tempo. Utilizando os métodos mais recentes e validados, com o presente estudo, pretendemos verificar as respostas neuromusculares, fisiológicas e psicofisiológicas a um treino típico de força muscular, realizado até à falha muscular, e comparar a sua aplicação ao exercício do supino e ao exercício de agachamento em jovens saudáveis. Enquanto hipótese, foi sugerido existir uma alteração das respostas com a implementação do treino, sendo notória a fadiga provocada pelo mesmo, com maiores valores no exercício de agachamento em relação ao exercício de supino.



# Metodologia

## Desenho do estudo

O presente estudo consiste num estudo transversal, desenhado para analisar a resposta neuromuscular, fisiológica e psicofisiológica a um treino típico de força muscular realizado no supino e no agachamento. Os sujeitos foram avaliados durante 2 semanas em 3 sessões conduzidas com a seguinte ordem: 1) uma avaliação inicial através de um teste isoinercial de cargas progressivas para a determinação individual de 1RM seguida da familiarização com a sessão de treino, 2) avaliação com 3x8 (80%1RM) para o SP, 3) avaliação com 3x8 (80%1RM) no AG. As sessões foram conduzidas de forma aleatória para cada sujeito, com as recomendações tanto do volume e de intensidade segundo o ACSM (Ratamess et al., 2009). Para cada sessão de treino, foi verificado a perda de velocidade durante as séries, havendo um número fixo de repetições a alcançar. Para analisar a resposta fisiológica e psicofisiológica os participantes realizaram um conjunto de testes imediatamente antes e após o esforço. Assim, foram analisadas as concentrações de lactato sanguíneo ([La-]), a frequência cardíaca (FC), a pressão arterial (PA) e aplicada a escala subjetiva de esforço (PSE). A resposta mecânica foi avaliada durante a realização de cada repetição, durante o treino, medindo a velocidade média propulsiva (VMP) na fase concêntrica do movimento. Adicionalmente, para perceber o efeito do treino em termos de resposta neuromuscular, foram analisadas a VMP com a carga que se consegue uma VMP 1m/s no caso do SP, e para o grupo AG o salto contramovimento (CMJ). Todas as sessões foram realizadas em laboratório sobre a direta supervisão de investigadores experientes

## Sujeitos

Neste estudo participaram 13 sujeitos masculinos, jovens e saudáveis (idade:  $23.31 \pm 1.49$  anos, massa corporal:  $81.56 \pm 8.13$  kg, altura:  $175.92 \pm 3.43$  m). As características gerais dos sujeitos encontram-se na Tabela 1. Enquanto critérios de inclusão foram considerados que os sujeitos deveriam i) não ter qualquer limitação que impedisse a prática de atividade física, ii) ter experiência de treino de força superior a 6 meses, iii) serem indivíduos do sexo masculino maiores de 18 anos. Foram abrangidos no estudo os sujeitos que cumpriam estes critérios e que concordaram voluntariamente em participar no presente

estudo. Todos os sujeitos foram devidamente informados sobre os procedimentos experimentais e os potenciais riscos, assinando posteriormente o termo de responsabilidade. Os procedimentos seguiram as recomendações da Declaração de Helsínquia.

**Tabela 1-** Características Gerais dos sujeitos

Variável	Média ± Desvio Padrão	IC (95%)
IMC (kg/h <sup>2</sup> )	25.99 ± 2.66	24.55 – 27.44
Massa Gorda (%)	18.85 ± 5.05	16.1 – 21.6
Massa Muscular (kg)	64.97 ± 4.10	62.74 – 67.20
PAS (mmHg)	132.38 ± 9.36	127.30 – 137.47
PAD (mmHg)	73.23 ± 9.98	67.80 – 78.66
FC <sub>Repouso</sub> (bpm)	69.08 ± 12.69	62.18 – 75.97
ETF (anos)	1.41 ± 1.37	0.66 – 2.16
1RM Supino (kg)	75.66 ± 9.54	70.47 – 80.84
1RM Agachamento (kg)	87.89 ± 16.37	79.00 – 96.79

IC: intervalo de confiança; IMC: índice de massa corporal; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; FC: frequência cardíaca; ETF: experiência de treino de força; 1RM: uma repetição máxima;

## Procedimentos

### Altura e massa corporal

Para a obtenção da altura corporal dos sujeitos foi usado um estadiómetro (Seca 213, Seca Lda, Alemanha). Foi assim determinada a distância entre o cimo da cabeça e a planta dos pés, medindo com os participantes descalços, pés planos sobre o solo e calcanhares juntos, costas e região occipital em contato com o plano vertical do estadiómetro. Para a determinação da composição corporal, cada sujeito foi avaliado em posição ereta, com o mínimo de roupa possível, recorrendo a uma balança de bioimpedância (Tanita Body Composition Analyser BC-418). Os principais cuidados a ter na utilização deste instrumento foi a calibração, os materiais condutores, membros superiores e inferiores não se tocarem e limpeza dos elétrodos. O índice de massa corporal foi determinado pela divisão da massa corporal pelo quadrado da altura corporal (Burton, 2007). Esta avaliação antropométrica foi realizada na primeira sessão, imediatamente antes da realização do teste de força máxima.

## **Avaliação da força máxima**

Após recolhidos os dados da composição corporal e a familiarização do protocolo, A medição da carga correspondente a 1RM foi determinada usando o teste de carga progressiva. O SP foi realizado com os sujeitos na posição em decúbito dorsal com costas, nádegas e as solas dos pés em contato com o solo. A barra foi agarrada com as mãos em pronação à largura dos ombros, durante a execução foi imposta uma pausa momentânea ( $\approx 1$ s) no peito entre as ações excêntricas e concêntricas para minimizar a contribuição da energia potencial elástica e permitir dados mais consistentes e precisos (Pallarés, Sánchez-Medina, De La Cruz-Sánchez & Mora-Rodriguez, 2014). No AG, os sujeitos começaram a partir da posição vertical com os joelhos e ancas completamente estendidos, posição aproximadamente na largura dos ombros e com a barra em repouso no trapézio. Cada sujeito desceu num movimento contínuo até que os joelhos e a anca encontrassem totalmente em flexão, permanecendo abaixo do plano horizontal, e o posterior da coxa entrar em contato com o gastrocnémio, logo em seguida com o movimento invertido subir e voltar a posição inicial.

A fase excêntrica do movimento foi realizada a uma velocidade normal, controlada, enquanto que a fase concêntrica de qualquer exercício SP ou AG foi realizada com a máxima velocidade possível. A carga inicial foi de 17kg para todos os sujeitos e foi gradualmente aumentada em incrementos de 10kg no AG e no SP 5kg até que a VMP fosse de 0.6 m/s no AG e 0.4 m/s no SP (Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina 2010). Durante esta avaliação, 3 repetições eram realizadas para cargas leves ( $< 50\%$  1RM), 2 para cargas médias (50-80% 1RM), e apenas 1 para as cargas elevadas ( $> 80\%$  1RM). O descanso entre séries foi de 3 minutos para as cargas leves e médias e 5 minutos para as cargas elevadas. O valor obtido permitiu determinar a carga correspondente a 1RM, através da equação:  $(100 \times \text{carga}) / (8.4326 \times \text{VMP}^2) - (73.501 \times \text{VMP}) + 112.33$  (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010).

Para a realização do SP e AG, foi usada uma máquina Smith (Multipower fitness line), com os respetivos pesos, utilizada durante todos os testes e sessões de treino. Para análise da VMP, foi usado um tradutor linear de velocidade (T-FORCE Dynamic Measurement Sytem, Espanha), que consiste numa extensão de cabo ligado a um computador, através de uma placa de aquisição de dados analógico-digital de 14 bits. Este calculou automaticamente os parâmetros cinemáticos e cinéticos de cada repetição, relevantes para este estudo, fornecendo informação em tempo real e armazenou os dados em disco para posterior análise.

## **Avaliação da resposta mecânica**

Para cada sessão de treino, o aquecimento consistiu na realização de 2 séries com 6 repetições de 40% e 80% da carga de treino (3 minutos de repouso). Esta foi cuidadosamente controlada para cada participante de acordo com o seu perfil de carga-velocidade, dado que a velocidade média pode ser usada para pré-estimar precisamente a intensidade da carga (Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina 2010).

A resposta mecânica ao esforço foi analisada através do controlo da VMP em todas as repetições e determinada a percentagem de perda de velocidade durante as três séries de treino. Esta perda de velocidade foi calculada como a perda % VMP, entre a mais rápida (usualmente a primeira) para a mais lenta (a última) repetição de cada série e seguindo-se a determinação da média das três séries. Este processo é normalmente associado à fadiga mecânica produzida pelo treino da força muscular (Sánchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011). Todavia, o outro método na qual a fadiga pode ser obtida no exercício de SP corresponde à perda de velocidade entre o momento pré e pós treino, com a carga com a qual conseguimos deslocar a barra à VMP de 1m/s ( $V_1$ ) (Sanchez Medina & Gonzalez-Badillo, 2011). No caso de AG, podemos avaliar esta fadiga através da perda de rendimento no salto contramovimento (CMJ), entre o momento antes do treino e após o treino (Sanchez-Medina & González-Badillo, 2011). Neste exercício, cada sujeito começou a partir de uma posição ereta e o final do movimento correspondeu a uma extensão de pernas completa: 180°. Foi utilizado neste processo, um sistema de medição ótica constituído por duas células de transmissão e receção (Optojump Next, microgate, Bolzano, Itália) para avaliação do salto. Este sistema analisa todas as interrupções na comunicação entre células e calcula a sua duração, medindo os tempos de voo e de contacto durante a execução do salto (Glatthorn, Gouge, Nussbaumer, Stauffacher, Impellizzeri & Maffiuletti, 2011).

No caso do treino de SP, em seguida, através dos valores de referência da relação carga-velocidade, os sujeitos realizaram 3 repetições com a carga  $V_1$  ( $0.97 \pm 0.02$  m/s). Este valor correspondente ao  $V_1$  é escolhido porque é uma velocidade suficientemente elevada, o que é alcançado contra cargas médias (47% 1RM SP e ~60% 1RM no AG) e este dado permite uma boa expressão do efeito de fadiga na velocidade, além de ser uma carga fácil de se mover e bem tolerada. Os sujeitos executaram três repetições de máximo esforço consecutivas contra a carga  $V_1$  antes de iniciar a primeira série de treino e novamente após 3min da conclusão da última série de treino. Foi assim determinada a perda de

velocidade com a carga V<sub>1</sub>, resultando da fadiga pelo esforço provocado durante a realização das 3 séries de treino (Sanchez-Medina & González-Badillo, 2011).

No caso do AG, os participantes realizaram a avaliação do CMJ antes da realização da série de treino. Cada indivíduo realizou 3 repetições, separadas por 20s, sendo depois repetido após a conclusão da última série de treino. O valor médio de cada conjunto de 3 repetições foi considerado para posterior análise (Claudino et al., 2016). A perda de altura de salto entre o momento pré e pós treino foi considerada a variável relacionada com a fadiga provocada pelo esforço de treino no AG (Sanchez-Medina & González-Badillo, 2011). Em todo o processo foi dado feedback em cada repetição ao longo de todas as sessões aos participantes para motivar a fazer um esforço máximo.

### **Avaliação fisiológica**

Antes e após a série de treino em cada um dos exercícios foram avaliados algumas variáveis fisiológicas, nomeadamente a pressão arterial (PA), a frequência cardíaca (FC) e a concentração de lactato sanguíneo ([La-]). Para determinar a [La-], procedeu-se a uma recolha de amostra de sangue capilar na ponta do dedo imediatamente no pré, durante (após a 1<sup>o</sup> série) e pós treino da sessão de treino. Para a análise dos valores utilizou-se o analisador de lactato portátil Lactate pro 2 LT-1730 (Arkay, Kyoto, Japão). Este aparelho calibra-se automaticamente ao introduzir a tira reativa e necessita somente de 0.3 µl de volume de sangue para fazer a medição, com alta fiabilidade para um espectro fisiológico entre 0.5 e 25.0 mmol/L. Para a obtenção da PA, foi utilizado um esfigmomanómetro digital para a recolha dos valores pré-pós treino da pressão arterial sistólica (PAS) e tensão arterial diastólica (PAD), com os indivíduos sentados e seguindo as indicações da literatura (Pescatello & American College of Sports, 2014). Para a monitorização da FC, usou-se um cardiófrequencímetro polar, com o sensor preso ao corpo na região abaixo do peitoral de cada sujeito, e a análise foi efetuada pelo sinal de transmissão obtido pelo sensor em contato com a pele. Os valores medidos, foi no pré, durante (pós 1<sup>o</sup> série) e após o treino.

### **Avaliação psicofisiológica**

Para este efeito foi usado a PSE, OMNI-RES, esta escala adaptada de Borg e validada para o treino da força, é caracterizada por descritores pictóricos específicos de modo verbal e distribuídos ao longo de um intervalo (0-10) (Robertson et al., 2003). Os descritores pictóricos representam um “levantador de peso”, a escala é apresentada num formato de

esforço ascendente. Esta variável foi controlada antes e após a realização da sessão de treino.

A aplicação de escalas de PSE é uma alternativa na qual possibilita que haja uma autorregulação no treino. Atualmente estas, são uma ferramenta fundamental para a prescrição e monitorização das cargas de treino, é através destas que é possível realizar uma periodização de treino mais eficiente, as variáveis como a intensidade, volume e as fases de recuperação são vitais para alcançar os melhores resultados (Lodo et al., 2012; Day et al., 2004). Contudo, muita evidência tem surgido em relação ao trabalho total executado (carga externa) e a percepção de esforço (carga interna), como a sequência de exercícios e o número de repetições (Simão, Farinatti, Polito, Viveiros & Flex 2007; Lodo et al., 2012).

## **Análise Estatística**

A análise de dados foi realizada com recurso ao software Statistical Package for the Social Sciences versão 26.0 (SPSS 26.0), ao GraphPad Prism V.7.00 GraphPad Software (La Jolla, California, USA) e ao Microsoft Excel 2016 para Windows (Armonk, NY, EU: IBM Corp). O cálculo das médias, desvios-padrão, diferenças e intervalos de confiança (IC90%) foram realizados por análise estatística descritiva padronizada. Para verificar a normalidade da distribuição, foi verificada através do teste Shapiro-Wilk ( $n < 30$ ), tendo-se verificado que os dados apresentavam uma distribuição normal. Em relação a homocedasticidade (igualdade das variâncias) aplicou-se o teste de Levene observando a igualdade das variâncias ( $p\text{-value} > 0.05$ ). Para a comparação entre os valores obtidos das variáveis mecânicas utilizou-se o teste T de amostras independentes. Para comparar as variáveis dentro do grupo entre séries (1-2-3) no mesmo exercício aplicou-se o teste de Análise de Variância (ANOVA) de medidas repetidas com comparações múltiplas Bonferroni. Na análise das variáveis mecânicas, fisiológicas e psicofisiológicas no mesmo exercício em dois momentos foi aplicado o teste T de Amostras Emparelhadas. Por fim, para a comparação da percentagem de mudança entre os exercícios nas mesmas variáveis, foi utilizado o teste T de Amostra Independentes. O nível de significância estatístico foi considerado para  $p \leq 0.05$ . As magnitudes dos efeitos (ES) foram calculadas para estimar a variância entre os momentos, sendo o adequado o Hedge's ( $g$ ) ( $n < 20$ ), dado que o Cohen's foi sobrestimado. Foram considerados pequenos os valores entre 0.20 e 0.60, moderados entre 0.6 e 1.20 e grandes entre 1.20 e 2.00 e muito grandes se  $\geq 2.00$ .

## Resultados

Na Tabela 2 podemos verificar as 3 séries realizadas no AG e SP, onde se pode observar o número de repetições realizadas para a intensidade (80% 1RM). Além disso, é apresentado as variáveis mecânicas como o valor máximo da VMP, o valor médio da VMP e a perda de velocidade nos dois exercícios. Verificamos diferença significativa para o SP entre o número total de repetições realizadas entre a série 1 e a última série ( $p < 0.05$ ). No entanto, não foram encontradas diferenças entre os exercícios no que se refere ao número de repetições ( $p > 0.05$ ). Como previsto, a VMP máxima e média no SP e AG tiveram uma diferença entre si, dado que a VMP no SP foi inferior em comparação com o AG. Adicionalmente, pudemos verificar que houve um decréscimo da perda de velocidade do pré para o pós no SP e AG, assim como na realização do número de repetições.

**Tabela 2-** Características descritivas dos treinos realizados nos exercícios de supino e agachamento.

Variável		Série 1	Série 2	Série 3	Geral	<i>p (entre)</i>	ES (classificação)
Repetições	SP	5.92 ± 1.89	5.85 ± 1.82	4.62 ± 1.85 <sup>a</sup>	5.46 ± 1.68	0.06	0.73 (moderado)
	AG	7.31 ± 1.03	6.23 ± 1.74	6.23 ± 1.88	6.59 ± 1.20		
VMP-Máx (m·s <sup>-1</sup> )	SP	0.47 ± 0.03	0.46 ± 0.04	0.42 ± 0.07	0.45 ± 0.03	<0.01	4.02 (extremamente grande)
	AG	0.68 ± 0.03	0.63 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.60 ± 0.08 <sup>c</sup>	0.64 ± 0.05		
VMP-Média (m·s <sup>-1</sup> )	SP	0.35 ± 0.03	0.34 ± 0.04	0.33 ± 0.06	0.34 ± 0.04	<0.01	3.50 (muito grande)
	AG	0.55 ± 0.06	0.54 ± 0.07	0.51 ± 0.07 <sup>d</sup>	0.53 ± 0.06		
PV (%)	SP	53.91 ± 13.61	54.80 ± 13.93	43.56 ± 9.69 <sup>e</sup>	50.76 ± 10.04	<0.01	-1.92 (grande)
	AG	34.00 ± 11.16	29.12 ± 10.63	28.92 ± 14.11	30.68 ± 9.54		

*p (entre)*: diferenças significativas entre exercícios; ES: tamanho do efeito *Hedge's g*; VMP: velocidade média propulsiva; PV: perda de velocidade; <sup>a</sup>: denota uma diferença significativa ( $p < 0.05$ ) da série 1 para a série 3; <sup>b</sup>: denota uma diferença significativa ( $p < 0.05$ ) da série 1 para a série 2; <sup>c</sup>: denota uma diferença significativa ( $p < 0.01$ ) da série 1 para a série 3; <sup>d</sup>: denota uma diferença significativa ( $p < 0.05$ ) da série 1 para a série 3; <sup>e</sup>: denota uma diferença significativa ( $p < 0.05$ ) da série 2 para a série 3;

Na Tabela 3 são apresentados os valores das diferentes variáveis recolhidas no estudo, mecânicas, fisiológicas e de percepção de esforço no exercício de SP. Na qual podemos observar referente as variáveis fisiológicas um aumento dos valores médios de FC e [La-] do momento pré-pós treino, com efeitos muito grandes exceto nos valores de PA, que apresentaram sem diferenças significativas ( $p > 0.05$ ). Nos indicadores mecânicos, podemos verificar que o V1 apresentou diferenças significativas assim como a percepção de esforço ( $p < 0.05$ ), indicando uma fadiga induzida no treino.

**Tabela 3** - Alterações do pré para o pós-treino em variáveis fisiológicas, mecânicas e de percepção de esforço no supino.

Variável	Pré-treino	Pós-treino	p	$\Delta$ (90% IC)	ES (classificação)
PAS (mmHg)	132.08 ± 10.26	132.38 ± 7.98	0.916	0.63 (-3.00 ; 4.26)	0.03 (trivial)
PAD (mmHg)	70.15 ± 9.16	64.00 ± 9.43	0.051	-8.00 (-14.06; -1.94)	-0.62 (moderado)
FC (bpm)	76.31 ± 14.48	134.92 ± 18.15	<0.01	81.85 (65.57 ;98.13)	3.34 (muito grande)
[La-] (mmol/L)	1.37 ± 0.30	5.69 ± 1.72	<0.01	322.77 (274.99; 370.54)	3.27 (muito grande)
V1Máx (m·s <sup>-1</sup> )	1.01 ± 0.02	0.93 ± 0.08	<0.01	-7.55 (-10.99; -4.12)	-1.21 (grande)
V1Méd (m·s <sup>-1</sup> )	0.97 ± 0.02	0.88 ± 0.07	<0.01	-8.88 (-12.12; -5.64)	-1.54 (grande)
OMNI*	8.38 ± 0.87	9.15 ± 0.99	<0.01	9.57 (4.64; 14.50)	0.77 (moderado)

p: significância estatística < 0.05;  $\Delta$ : percentagem de mudança; IC: intervalo de confiança; ES: tamanho do efeito *Hedge's g*; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; FC: frequência cardíaca; [La-]: lactato; V1: velocidade média propulsiva alcançada com uma carga que permite atingir uma velocidade média propulsiva de ~1.00 m·s<sup>-1</sup>; OMNI: escala de percepção de esforço; \*valor retirado após 1ª série.

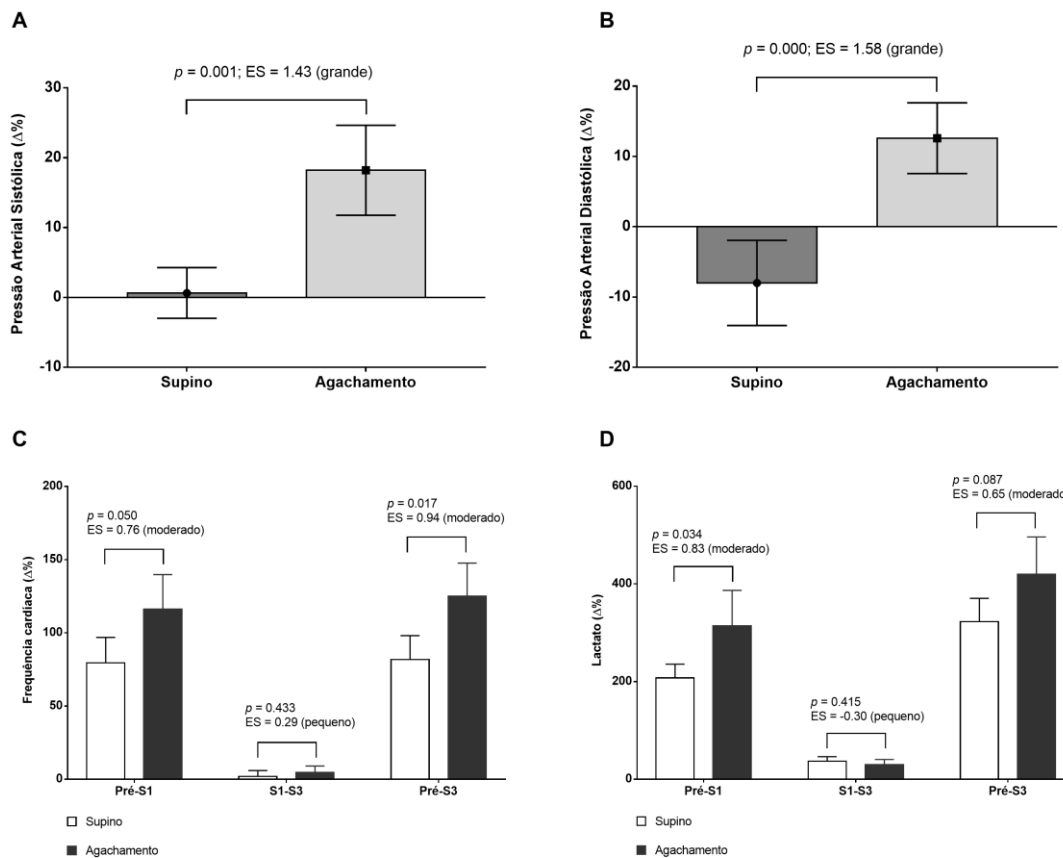
A Tabela 4 é representativa das variáveis fisiológicas, mecânicas e de percepção de esforço no exercício de AG. Em todas as variáveis existe uma significância, onde observamos os valores médios de percepção de esforço e fisiológicos superiores no momento pós-treino. Diferente do observado na tabela 3, em que a PA não se demonstrou alterada, no exercício de AG observa-se o oposto, indicando que o esforço a desempenhar é maior quando comparando com SP, assim como as respostas cardiovasculares. Como pudemos verificar em relação aos indicadores mecânicos (CMJ), com a realização deste protocolo observou-se uma fadiga induzida no final do treino.

**Tabela 4** - Mudanças do pré para o pós-treino em variáveis fisiológicas, mecânicas e de percepção de esforço no agachamento.

Variável	Pré-treino	Pós-treino	<i>p</i>	$\Delta$ (90% IC)	ES (classificação)
PAS (mmHg)	133.46 ± 8.02	157.31 ± 16.79	<0.01	18.20 (11.76; 24.65)	1.70 (grande)
PAD (mmHg)	70.92 ± 8.83	79.38 ± 8.25	<0.01	12.60 (7.56; 17.64)	0.93 (moderado)
FC (bpm)	73.15 ± 12.88	159.23 ± 10.63	<0.01	125.14 (102.63; 147.64)	6.82 (extremamente grande)
[La <sup>-</sup> ] (mmol/L)	1.38 ± 0.28	7.16 ± 2.51	<0.01	420.10 (344.10; 496.10)	3.02 (muito grande)
CMJ-Máx (cm)	31.05 ± 3.71	29.20 ± 3.82	<0.01	-6.01 (-8.18; -3.84)	-0.46 (pequeno)
CMJ-Média (cm)	30.05 ± 3.66	28.44 ± 3.56	<0.01	-5.35 (-7.14; -3.56)	-0.42 (pequeno)
OMNI*	8.54 ± 0.66	9.46 ± 0.66	<0.01	11.22 (6.89; 15.54)	1.31 (grande)

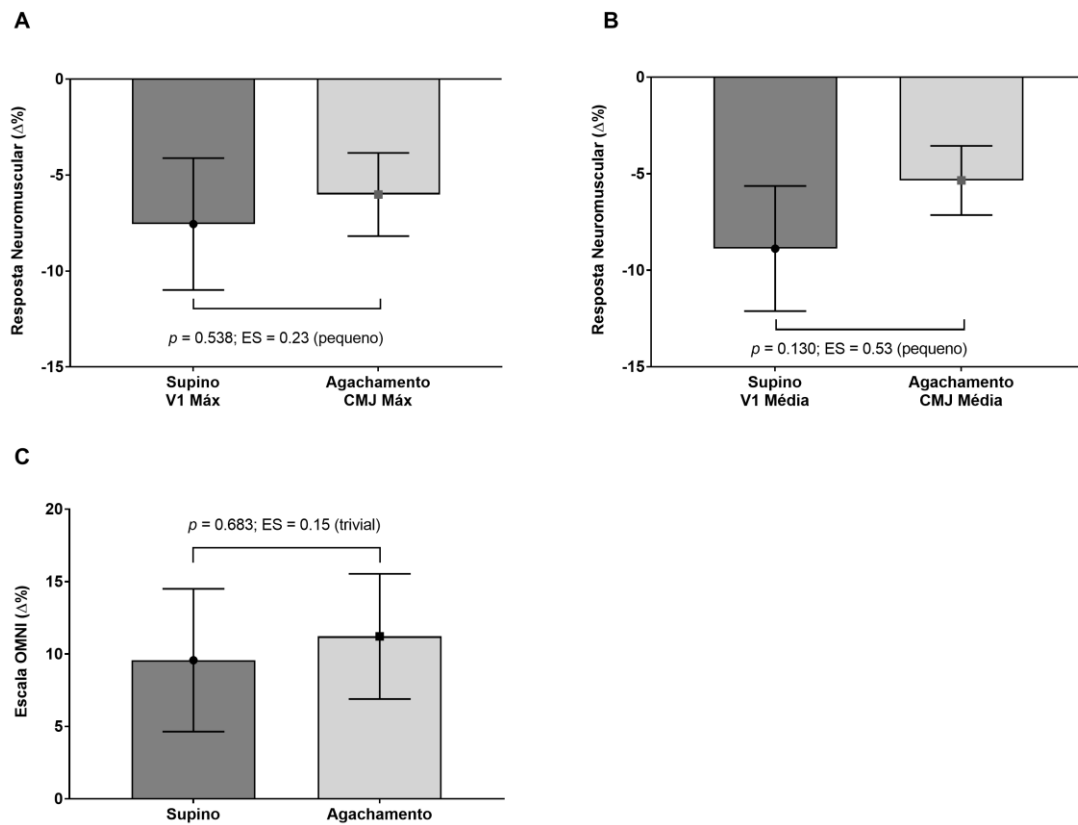
*p*: significância estatística < 0.05;  $\Delta$ : porcentagem de mudança; IC: intervalo de confiança; ES: tamanho do efeito *Hedge's g*; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; FC: frequência cardíaca; [La<sup>-</sup>]: lactato; CMJ: salto com contramovimento; OMNI: escala de percepção de esforço; \*valor retirado após 1ª série;

De forma mais específica, podemos verificar na Figura 1 as comparações entre o exercício de SP e de AG no que se refere às variáveis fisiológicas, PAS, PAD, FC e [La<sup>-</sup>] (D) no pré-pós treino em porcentagem de mudança ( $\Delta\%$ ).



**Figura 1** - Comparação entre os exercícios de SP e AG nas variáveis fisiológicas, PAS (A), PAD (B), FC (C) e [La-] (D) no pré-pós treino em porcentagem de mudança ( $\Delta\%$ ) (S1: primeira série; S3: pós terceira série).

De forma complementar, podemos também analisar as comparações entre o exercício de SP e de AG no que se refere à resposta neuromuscular e à percepção de esforço.



**Figura 2** - Relação entre os exercícios SP e AG nas variáveis V1 Máx e CMJ Máx (A), V1 Média e CMJ Média (B) e nas variáveis psicofisiológicas OMNI (C) em percentagem de mudança ( $\Delta\%$ )

## Discussão

O presente estudo teve como principal objetivo verificar a resposta aguda de um protocolo de treino de força, usualmente realizado em academias e ginásios, nos exercícios de supino e agachamento, analisando as respostas neuromusculares, fisiológicas e psicofisiológicas. Deste modo, pretendemos investigar através destas variáveis indicadoras da fadiga muscular, como se comporta o esforço e o grau de exigência de um treino com intensidade relativa de 80% 1RM nos diferentes exercícios. Através dos resultados obtidos verificou-se perdas de VMP em V1 no SP e perdas de altura do CMJ no AG pós treino, assim como uma perda de velocidade significativa ao longo das séries em ambos os exercícios. As alterações fisiológicas com a realização do treino demonstraram diferenças significativas, com alterações superiores de FC, [La-], PAS, e de PAD no caso do AG. Assim, apesar das alterações registadas durante o treino na resposta neuromuscular e na percepção de esforço não serem diferentes entre os exercícios, verificamos que as alterações fisiológicas parecem ser substancialmente superiores no caso do treino com AG.

Para ter uma maior percepção do real esforço que um treino da força pode proporcionar a uma determinada intensidade relativa (%1RM) é necessário introduzir dados que apliquem a carga interna e não somente a carga externa. Desta forma, o presente estudo recolheu além das variáveis mecânicas, as variáveis fisiológicas e psicofisiológicas. Através do estudo destas variáveis foi perceptível um aumento da fadiga neuromuscular, pela diminuição do rendimento nas variáveis mecânicas medidas, complementado e comprovado pelos indicadores fisiológicos e psicofisiológicos. Os resultados demonstraram um aumento dos valores de FC e [La-] com a realização do treino no SP e AG, sendo que, os valores de PA somente sofreram aumento significativo no exercício de AG. Ter o conhecimento destas variáveis, permite entender os estímulos que produzem as adaptações neuromusculares, sendo as mais importantes e referenciadas a intensidade e o volume de treino, que têm uma influência crucial sobre a magnitude de adaptação à longo prazo (Bird, Tarpenning & Marino, 2005; Spiering et al., 2008; Sanchez-Medina & González-Badillo, 2011). Desta forma, através destas variáveis de treino é possível conhecer o real esforço realizado.

Através dos resultados descritos na Tabela 2, pudemos observar que referente aos indicadores mecânicos, como a perda de velocidade (%), a VMP máxima e ao número alcançado de repetições houve uma fadiga neuromuscular induzida no treino da força para intensidade 80% 1RM. Este resultado varia consoante o volume acumulado de série para série, verificando que quanto maior o número de repetições realizados, maior é a

magnitude da perda de velocidade. Este achado vai de encontro ao observado por Sánchez-Medina e González-Badillo, (2011), em que a magnitude da perda de velocidade obtida durante um programa de treino da força aumenta gradualmente quando o número de repetições na série se aproxima do máximo previsto. Isto é, quanto mais repetições realizadas (volume total de treino), mais perda de velocidade é alcançada. Mais ainda, os resultados obtidos vão de encontro ao esperado, indicando que quanto maior a carga relativa, menor o número de repetições realizadas (Spiering et al., 2008).

A carga relativa pretendida neste estudo foi de 80% 1RM correspondente a 8RM, contudo estas não constituem necessariamente as mesmas cargas para cada sujeito, dada a grande variabilidade entre indivíduos (González-Badillo, Yanez-Garcia, Mora-Custodio & Rodriguez-Rosell 2017). Podemos verificar que a VMP média no SP e AG diferem entre si (Tabela 2), com uma maior perda da velocidade no SP. Estas diferenças na fadiga neuromuscular entre os exercícios pode ser explicada por, menores grupos musculares envolvidos no SP (fadiga mais localizada), em comparação com o AG (fadiga distribuída entre uma maior quantidade de massa muscular) e pela percentagem maior de fibras do tipo II nos membros superiores, em comparação com os inferiores, que têm um índice mais elevado de fatigabilidade (Sanchez-Medina & González-Badillo, 2011; Rodríguez-Rosell, Yáñez-García, Torres-Torrelo, Mora-Custodio, Marques & González-Badillo, 2018).

A VMP máxima, normalmente obtida na primeira repetição da série, é um indicador da intensidade do treino. As velocidades de alvo esperadas correspondentes a 80% 1RM deveriam atingir valores de 0.67 e 0.47 m·s<sup>-1</sup> para o AG e o SP, respetivamente. (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Sánchez-Medina, Pallarés, Pérez, Morán-Navarro & Badillo, 2017; Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell & González-Badillo, 2019). Assim, podemos destacar que a intensidade pretendida foi alcançada na 1<sup>o</sup> série, no entanto após as seguintes séries a intensidade relativa aumentou, isto devido ao esforço realizado com o aumento do volume de treino. Adicionalmente, verificamos que, com as cargas programadas, o número alcançado de repetições próximo ao pretendido gerou uma fadiga na qual os sujeitos não conseguiram manter o volume total de treino que estava programado (Sánchez-Medina, Pallarés, Pérez, Morán-Navarro & Badillo, 2017; ). Ou seja, o número de repetições alcançado entre as séries foi gradualmente menor à medida que as séries de treino progrediam. Tal parece sugerir que realizar um treino até a falha promove uma fadiga de tal ordem que a recuperação entre séries com um intervalo de 3 minutos não será o suficiente para que ocorra uma recuperação rápida da força muscular.

Além do referido, foi observado uma maior perda de velocidade média no SP em comparação com o AG (51% contra 31%) (Tabela 2). Resultados estes semelhantes a estudos recentes, como o Pareja-Blanco et al. (2018) que realizaram 10 distintos protocolos deferindo o número de repetições que conseguiam realizar em cada série em relação ao número máximo previsto de repetições, com intensidades relativas diferentes (70, 75, 80, 85 e 90% 1RM). Com a realização de 3 séries num intervalo de descanso (5 minutos), estes observaram que nos protocolos com metade do número máximo de repetições por série (exemplo: 3x5 (10) repetições), estes completavam as repetições previstas, enquanto que durante protocolos conduzidos até à falha (exemplo: 3x10 (10) repetições), a maior parte dos sujeitos não conseguiram completar as repetições programadas devido à fadiga. Este resultado foi também observado por González-Badillo e Sanchez-Medina (2010), que, após a realização da primeira série até à falha, o número de repetições nas seguintes séries foi afetado, independentemente da recuperação. Tal como observado em estudos prévios sobre a fadiga, intervalos de carga tendem a variar de série para série a fim de manter a capacidade individual para atingir o intervalo de repetições correspondentes, devido a fadiga existente de séries anteriores (Willardson & Burkett, 2005; Willardson, Simao & Fontana, 2012; García-López, de Paz, Moneo, Jiménez-Jiménez, Bresciani & Izquierdo, 2007).

A fadiga neste estudo foi quantificada através da alteração da VMP entre o pré e pós treino, recorrendo ao  $V_1$  ( $m \cdot s^{-1}$ ) no SP e a altura do salto CMJ referente ao AG, uma vez que a fadiga é definida como um decréscimo da capacidade muscular de gerar força no nível exigido ou esperado (Bigland-Ritchie & Woods, 1984; Enoka & Duchateau 2008; Allen, Lamb & Westerblad 2008). Como observado por González-Badillo e Sanchez-Medina, (2011), a velocidade de execução além de fornecer um determinante do nível de esforço no treino da força, é também um indicador do grau de fadiga. Estudos anteriores têm avaliado a fadiga neuromuscular através da perda de rendimento no CMJ (no caso de AG) e da VMP com cargas equivalentes aquelas com que movimentamos a barra a  $1m \cdot s^{-1}$ . (Sanchez-Medina & González-Badillo, 2011; Pareja-Blanco et al., 2017). O treino gerou um declínio da velocidade perante uma carga submáxima ( $V_1$ ) no SP e um declínio da altura do salto (CMJ) no AG, demonstrando assim uma fadiga neuromuscular (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011).

Foram também recolhidas outras variáveis indicadoras do grau de esforço, como o [La-], FC e PA correspondente aos indicadores fisiológicos e a PSE referente ao indicador psicofisiológico. Podemos constatar que existiu uma concordância entre estes indicadores da fadiga, com o aumento do nível de esforço e do grau de fadiga neuromuscular. Estes

valores também tendem a ser superiores após treino quando comparados com os dados pré treino, como se pode observar a diferença do pré para o pós treino é significativa. A exceção foi no verificada no valor da PA no SP, que não sucedeu numa variação significativa quando comparado com os valores antes do treino, demonstrando assim um efeito hipotensivo (Tabela 3). Este efeito na realização do exercício SP, já foi debatido por diversos investigadores de forma a perceber o motivo da hipotensão pós-exercício (Rezk, Marrache, Tinucci, Mion & Forjaz, 2006; Paz et al., 2020). Normalmente este efeito em indivíduos normotensos tem sido atribuído a uma redução do débito cardíaco, resistência vascular sistémica, da atividade simpática, volume sistólico e as alterações na sensibilidade de adrenérgicos e fatores endoteliais (Rezk, Marrache, Tinucci, Mion & Forjaz, 2006; Paz et al., 2020). A PAS e a PAD tendem a ter um aumento agudo como resultado de atividades intensas no treino da força (MacDougall et al., 1985). Neste mesmo estudo foi verificado picos de PAS e PAD, na ordem de 480/350 mmHg em fisiculturistas, com valor médio para essas variáveis de 350/250 mmHg, realizando repetições até a fadiga no exercício leg-press em altas intensidades. No entanto, uma das adaptações positivas da PA ao treino da força é que de acordo com a progressão do treino, a PA tende a elevar-se menos com a mesma carga de treino (Fleck, & Dean, 1987).

A resposta hipotensiva pós-exercício no caso do supino poderá ser explicada pela intensidade baixa de treino. De facto, alguns autores sugerem uma resposta duradora do efeito hipotensor nas intensidades baixas (Rezk et al., 2006), enquanto que outros defendem um efeito hipotensor de maior duração para exercícios de intensidades elevadas (Duncan, Birch & Oxford, 2014; Paz et al., 2020; Figueiredo, Willardson, Miranda, Bentes, Reis & Simão, 2015). Contudo, como sucede com as restantes respostas fisiológicas, as variáveis de treino (número de séries, exercícios, intervalo entre série, ordem do exercício e volume total), influenciam potencialmente a resposta da PA pós-exercício (Figueiredo et al., 2015; Simão, Fleck, Polito, Monteiro, & Farinatti, 2005). Quando se compara o exercício de SP e AG, pudemos observar diferenças significativas nas variáveis fisiológicas como apresentado na Figura 1. Observando os valores de PAS (A) e PAD (B) nos exercícios, destacamos que o AG tem um efeito cardiovascular superior ao SP, este efeito é explicado pelo maior número de músculos envolvidos. Este achado foi de encontro com o estudo de Ducan et al., (2014), na qual obtiveram valores significativos pós treino para a mesma intensidade relativa (80 % 1RM), com uma PAS  $147 \pm 16.8$  mmHg, PAD  $70.4 \pm 11.6$  mmHg no AG e valores para exercício SP da ordem PAS  $138.7 \pm 10.7$  mmHg, PAD  $80.6 \pm 17.6$  mmHg. Contudo, não obtiveram valores médios de grande magnitude no AG (PAS  $157.31 \pm 16.8$ , PAD  $79.38 \pm 8.25$  mmHg) e no SP (PAS  $132.38 \pm 7.98$ , PAD  $64.0 \pm 9.43$  mmHg) quando comparados com o presente estudo. Estas diferenças podem ter

origem no protocolo de treino usado, uma vez que no estudo de Ducan et al., (2014), os sujeitos foram instruídos a realizar 3 séries de 4 repetições com 80% 1RM, diferente do presente estudo onde cada sujeito tinha de realizar 3 séries de 8 repetições para 80% 1RM.

Com a realização dos exercícios a fadiga, a FC e o [La<sup>-</sup>] geraram valores elevados e significativos com um tamanho do efeito moderado (Figura 1). Tal como demonstrado em outros estudos, (Rezk et al., 2006; Ducan et al., 2014), a FC pode aumentar significativamente como resposta aguda a uma sessão de treino da força. No entanto, como as restantes respostas fisiológicas, os valores de FC são influenciados pela duração dos períodos de repouso entre séries dos exercícios e pelo tempo de estímulo aplicado ao grupo muscular (Ducan et al., 2014; Gjøvaag, Hjelmeland, Øygaard, Vikne & Mirtaheri, 2015). Além disso, os valores encontrados na PA e FC podem ser afetados durante a posição supina após uma sessão de treino da força, por causa do retorno venoso reforçado que estimula os barorreceptores, aumentando o enchimento cardíaco e o volume sistólico, reduzindo a FC para o mesmo débito cardíaco (de Tarso Veras Farinatti, Nakamura & Polito, 2009; Privšek, Hellgren, Råstam, Lindblad, & Daka, 2018). Com a realização das medições efetuadas imediatamente após o esforço, acredita-se que a transição da posição supina para sentado no SP tenha influenciado nesta resposta hipotensiva quando comparado com o AG.

Neste estudo, pudemos observar que quanto maior a acumulação de volume (da primeira para a terceira série) maior é a concentração de [La<sup>-</sup>] indicando que o acúmulo após um treino da força apresenta uma variação em relação ao tempo de execução, número de repetições, intensidade de carga e proporção de músculos ativos na execução do exercício (Siqueira, Prado, Simionato, Sancassani & Pessôa Filho 2018). Tal como observado por Sanchez-Medina & González-Badillo, (2011), protocolos semelhantes a este estudo de 3x8 (8), conduzidos até à falha, causa uma variação da concentração de [La<sup>-</sup>] superior aos valores de repouso, indicando assim que tais protocolos podem exigir tempos de recuperação mais longos. O elevado nível de [La<sup>-</sup>] indica que existiu a ativação da glicólise anaeróbia. O desempenho da velocidade e da potência depende principalmente do sistema ATP-CP, no entanto, com o aumento do número de repetições, a fosfocreatina (PCr) diminui progressivamente, atingindo depleção quase completa quando se realiza uma série até à falha muscular e sendo preponderante a glicólise para o fornecimento de energia (Gorostiaga et al., 2012; Mora-Custodio, Rodríguez-Rosell, Yáñez-García, Sánchez-Moreno, Pareja-Blanco & González-Badillo, 2018).

A Figura 2 é representativa do grau de esforço dos exercícios SP e AG nas variáveis de rendimento neuromuscular e psicofisiológicas relativamente ao pós treino. Através dos resultados obtidos pudemos destacar que não houve uma diferença significativa entre os exercícios no que se refere à perda de velocidade pós treino usando o V1 para o SP e a altura do CMJ para o AG. Porém diferente do observado de estudos sobre a fadiga (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011; Pareja-Blanco et al., 2018), a realização destas medidas indicadoras do grau de fadiga foi efetuada após 3 minutos do treino, ou seja, este tempo poderia ter sido influenciador da resposta. Morán-Navarro et al., (2017) compararam sujeitos altamente treinados em protocolos na qual tinham de fazer dois treinos submáximos (3x5 ou 6x5) ou um treino máximo de (3x10) todos com uma intensidade relativa de 75% de 1RM. Observaram que a recuperação foi mais rápida após os treinos submáximos como esperado, no entanto o diferencial deste estudo foi a análise da fadiga entre o período de 24 e 48h após o treino, onde destacaram que os protocolos envolvendo os treinos máximos não obtiveram uma recuperação na sua totalidade. Se estes indicadores mecânicos como o V1 para o SP e a altura CMJ para o AG, fossem medidos imediatamente após o treino, poderia iria existir um grau de fadiga com maior magnitude como reportado na literatura (Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell & González-Badillo, 2019; Sanchez-Medina & González-Badillo, 2011; Pareja-Blanco et al., 2018; Pareja-Blanco, Villalba-Fernández, Cornejo-Daza, Sánchez-Valdepeñas, & González-Badillo, 2019).

Tal como sucedeu com os indicadores mecânicos e fisiológicos, através da aplicação da PSE, verificou-se que os valores reportados tendem a ser maiores para o exercício de AG quando comparado com o de SP. Estes resultados vão ao encontro dos resultados obtidos por Robertson et al., (2003), demonstrando que a intensidade do sinal preceptivo é diferenciada para os grupos musculares ativos e para o corpo total, sendo que para os grupos musculares ativos (PSE) é maior. Como o AG detém de uma maior quantidade de massa muscular envolvida quando comparado com o SP, esta perceção por parte dos sujeitos tende a ser maior devido ao envolvimento da proporção dos músculos ativos, além disso a resposta cardiovascular é superior para grupos musculares maiores do que menores (Robertson et al., 2003; Matos-Santos, Farinatti, Massafferri & Monteiro, 2017).

O presente estudo permitiu observar que a utilização da prescrição com cargas RM, tende a ter algumas desvantagens potenciais, e conseqüentemente não parece ser apropriado aplicar a mesma série a exercícios diferentes. Os treinos realizados até à falha muscular geram uma fadiga que pode condicionar o efeito do treino (Morán-Navarro et al., 2017; Pareja-Blanco et al., 2018). Uma das limitações ao estudo é o facto de ter sido avaliado uma série específica de treino, sendo que seria interessante verificar as respostas em

diferentes volumes e intensidades de treino da força. Outras das limitações, é o tamanho da amostra ser pequena, assim como a comparação de apenas dois exercícios, é importante que as investigações incidem em uma maior quantidade de elementos e exercícios. Além disso, é fundamental que haja mais estudos a analisar as respostas agudas nas variáveis neuromusculares e fisiológicas a diferentes intensidades e recomendações do treino da força a curto e a longo prazo. A compreensão das variáveis agudas proporciona diferentes estímulos no treino da força nos mais diversos sistemas como, músculo-esqueléticos, neuromusculares e neuroendócrino, por isso é fundamental na eficácia de um programa de treino para a obtenção de um resultado específico, o seu conhecimento. Os nossos resultados, indicam que houve uma fadiga neuromuscular induzida para a carga relativa 80% 1RM no exercício de SP e AG, com um maior grau de fadiga para o SP, este achado como referenciado anteriormente foi devido a quantidade muscular envolvida e do tipo de fibra muscular (Sanchez-Medina & González-Badillo, 2011; Rodríguez-Rosell, Yáñez-García, Torres-Torrelo, Mora-Custodio, Marques & González-Badillo, 2018). Através dos exercícios realizados, pudemos ainda assinalar que o treino envolvendo o exercício de SP gera um efeito hipotensivo pós treino, diferente do AG que é apresentado como um exercício de resposta cardiovascular superior.

## **Conclusão**

Através dos resultados obtidos, pudemos verificar que é notória a fadiga causada pela série de treino com a carga relativa de 80% 1RM, evidenciado pelo declínio na velocidade perante a carga correspondente a 1m/s ( $V_1$ ) no SP e um declínio da altura do salto (CMJ) no AG, assim como pelos valores elevados de FC,  $[La^-]$ , PA e PSE após a realização da série. A resposta sobre as variáveis fisiológicas demonstrou ser superior no exercício de SP, pelo que se sugere que este exercício possa representar um maior caráter de esforço, com superior resposta anaeróbia e cardiovascular. Sendo assim, nossos resultados sugerem que as cargas de treino devem ser ajustadas em função da necessidade do indivíduo, tendo em vista o exercício utilizado e a experiência de treino. Podemos ainda sugerir que, através da utilização dos indicadores mecânicos (velocidade em  $V_1$  e perda de altura do CMJ), fisiológicos e psicofisiológicos podemos realizar uma programação de treino mais adequada e ajustar as respostas de acordo com os objetivos delineados.



## Implicações Práticas

O resultado do presente estudo sugere recomendações para a ação dos profissionais do desporto, especialmente os que estão relacionados com o treino da força. Deste modo como implicações práticas, as relações encontradas do grau de esforço e as alterações pré-pós nas variáveis mecânicas, fisiológicas e psicofisiológicas para estimativa da fadiga muscular, indicam que deveremos ter muita cautela na programação de séries típicas de treino de força. A perda de rendimento neuromuscular poderá prejudicar o rendimento na série de treino e causar ineficiência do programa de treino. Adicionalmente, o aumento de algumas variáveis analisadas, como a PA, poderá sugerir um risco acrescido para a saúde do indivíduo durante a realização do exercício. Mais ainda, as diferenças de resposta no exercício de SP e de AG fazem com que se sugira que, mesmo com o mesmo número de repetições, a mesma carga relativa, e dos exercícios serem ambos complexos e multiarticulares, diferentes estímulos e adaptações neuromusculares ocorrem. Dessa forma, tal deverá ser tido em conta no desenho da programação de treino de força, variando e adaptando a carga externa (%1RM, repetições) tendo em conta o exercício a ser realizado.

São necessários estudos a longo prazo, mas os resultados parecem sugerir que devemos ter algumas cautelas na implementação de séries típicas do treino de força, podendo recorrer a outras metodologias existentes e em que a carga externa não levará à falha muscular, como o controlo da velocidade de execução e da percentagem da perda de velocidade dentro da série. Como recomendação, em vez da prescrição de um número fixo de repetições realizado com uma determinada carga, o volume de treino deve ser monitorizado utilizando a magnitude da perda de velocidade alcançado em cada série de exercícios pois esta é internamente ligada ao nível real de esforço.



## **Sugestões para o futuro**

O presente estudo permitiu observar que com uma determinada carga relativa realizada até à falha na primeira série, gerou uma fadiga excessiva de tal ordem que o volume total de treino foi comprometido. Desta forma, mais investigações devem ser realizadas para consolidar algumas das conclusões evidenciadas, dado que realizar uma sessão de treino até à falha, impossibilita que haja uma recuperação e esta tende a variar de indivíduo para indivíduo. Portanto, estudos transversais e longitudinais devem ser desenvolvidos com várias programações do treino da força em diferentes intensidades relativas, por forma a perceber a influência destas alterações a curto e a longo prazo, além disso poderá permitir perceber qual a fadiga neuromuscular e fisiológica que deverá ser induzida para a melhoria do rendimento. Além da variedade de programações de treino, outra variável que necessita de análise é o tempo de descanso entre séries, dado que um maior tempo possibilita uma maior recuperação sem afetar consequentemente o volume total de treino. Contudo, mais investigações devem ser realizadas com uma maior quantidade de elementos, assim como a variedade do nível de experiência e o sexo.



## Referências Bibliográficas

Allen, D. G., Lamb, G. D., & Westerblad, H. (2008). Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiological reviews*, 88(1), 287–332. doi: 10.1152/physrev.00015.2007

Bigland-Ritchie, B., & Woods, J. J. (1984). Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle & nerve*, 7(9), 691–699. doi: 10.1002/mus.880070902

Bird, S. P., Tarpinning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(10), 841–851. doi: 10.2165/00007256-200535100-00002

Burton R. F. (2007). Why is the body mass index calculated as mass/height<sup>2</sup>, not as mass/height<sup>3</sup>?. *Annals of human biology*, 34(6), 656–663. doi: 10.1080/03014460701732962

Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., & Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European journal of applied physiology*, 88(1-2), 50–60. doi: 10.1007/s00421-002-0681-6

Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 20(4), 397–402. doi: 10.1016/j.jsams.2016.08.011

Crewther, B., Cronin, J., & Keogh, J. (2005). Possible stimuli for strength and power adaptation: acute mechanical responses. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(11), 967–989. doi: 10.2165/00007256-200535110-00004

Davies, T., Orr, R., Halaki, M., & Hackett, D. (2016). Erratum to: Effect of Training Leading to Repetition Failure on Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(4), 605–610. doi: 10.1007/s40279-016-0509-x

Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *Journal of strength and conditioning research*, 18(2), 353–358. doi: 10.1519/r-13113.1

de Tarso Veras Farinatti, P., Nakamura, F. Y., & Polito, M. D. (2009). Influence of recovery posture on blood pressure and heart rate after resistance exercises in normotensive subjects. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2487–2492. doi: 10.1519/JSC.ob013e3181b25e48

Drinkwater, E. J., Lawton, T. W., Lindsell, R. P., Pyne, D. B., Hunt, P. H., & McKenna, M. J. (2005). Training leading to repetition failure enhances bench press strength gains in elite junior athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 382–388. doi: 10.1519/r-15224.1

Duncan, M. J., Birch, S. L., & Oxford, S. W. (2014). The effect of exercise intensity on postresistance exercise hypotension in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(6), 1706–1713. doi: 10.1519/jsc.0000000000000322

Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *The Journal of physiology*, 586(1), 11–23. doi: 10.1113/jphysiol.2007.139477

Figueiredo, T., Willardson, J. M., Miranda, H., Bentes, C. M., Reis, V. M., & Simão, R. (2015). Influence of Load Intensity on Postexercise Hypotension and Heart Rate Variability after a Strength Training Session. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(10), 2941–2948. doi: 10.1519/jsc.0000000000000954

Fleck, S. J., & Dean, L. S. (1987). Resistance-training experience and the pressor response during resistance exercise. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 63(1), 116–120. doi: 10.1152/jappl.1987.63.1.116

Fukunaga, T., Miyatani, M., Tachi, M., Kouzaki, M., Kawakami, Y., & Kanehisa, H. (2001). Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 172(4), 249–255. doi: 10.1046/j.1365-201x.2001.00867.x

García-López, D., de Paz, J. A., Moneo, E., Jiménez-Jiménez, R., Bresciani, G., & Izquierdo, M. (2007). Effects of short vs. long rest period between sets on elbow-flexor muscular endurance during resistance training to failure. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1320–1324. doi: 10.1519/r-21096.1

Gjoavaag, T., Hjelmeland, A. K., Oygard, J. B., Vikne, H., & Mirtaheri, P. (2016). Acute hemodynamic and cardiovascular responses following resistance exercise to voluntary exhaustion. Effects of different loadings and exercise durations. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(5), 616–623.

Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 556–560. doi: 10.1519/JSC.ob013e3181ccb18d

González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International journal of Sports Medicine*, 31(5), 347–352. doi: 10.1055/s-0030-1248333

González-Badillo, J. J., Gorostiaga, E. M., Arellano, R., & Izquierdo, M. (2005). Moderate resistance training volume produces more favorable strength gains than high or low volumes during a short-term training cycle. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 689–697. doi: 10.1519/r-15574.1

González-Badillo, J. J., Yañez-García, J. M., Mora-Custodio, R., & Rodríguez-Rosell, D. (2017). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 38(3), 217–225. doi: 10.1055/s-0042-120324

Gorostiaga, E. M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J. A., Hellsten, Y., Cusso, R., Guerrero, M., Granados, C., González-Izal, M., Ibañez, J., & Izquierdo, M. (2012). Energy metabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not. *PloS one*, 7(7), e40621. doi: 10.1371/journal.pone.0040621

Haff, G., & Triplett, N. T. (2016). Essentials of strength training and conditioning. Fourth edition. Champaign, IL: Human Kinetics.

Izquierdo, M., Ibañez, J., González-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., French, D. N., Eslava, J., Altadill, A., Asiain, X., & Gorostiaga, E. M. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *Journal of Applied Physiology* (1985), 100(5), 1647–1656. doi: 10.1152/jappphysiol.01400.2005

Izquierdo-Gabarren, M., González De Txabarri Expósito, R., García-pallarés, J., Sánchez-medina, L., De Villarreal, E. S., & Izquierdo, M. (2010). Concurrent endurance

and strength training not to failure optimizes performance gains. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(6), 1191–1199. doi: 10.1249/MSS.ob013e3181c67eec

Jones, E. J., Bishop, P. A., Woods, A. K., & Green, J. M. (2008). Cross-sectional area and muscular strength: a brief review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(12), 987–994. doi: 10.2165/00007256-200838120-00003

Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(4), 674–688. doi: 10.1249/01.mss.0000121945.36635.61

Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., Fleck, S. J., Franklin, B., Fry, A. C., Hoffman, J. R., Newton, R. U., Potteiger, J., Stone, M. H., Ratamess, N. A., Triplett-McBride, T., & American College of Sports Medicine (2002). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(2), 364–380. doi: 10.1097/00005768-200202000-00027

Lodo, L., Moreira, A., Zavanela, P. M., Newton, M. J., McGuigan, M. R., & Aoki, M. S. (2012). Is there a relationship between the total volume of load lifted in bench press exercise and the rating of perceived exertion?. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 52(5), 483–488.

MacDougall, J. D., Tuxen, D., Sale, D. G., Moroz, J. R., & Sutton, J. R. (1985). Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 58(3), 785–790. doi: 10.1152/jappl.1985.58.3.785

Mangine, G. T., Hoffman, J. R., Gonzalez, A. M., Townsend, J. R., Wells, A. J., Jajtner, A. R., Beyer, K. S., Boone, C. H., Miramonti, A. A., Wang, R., LaMonica, M. B., Fukuda, D. H., Ratamess, N. A., & Stout, J. R. (2015). The effect of training volume and intensity on improvements in muscular strength and size in resistance-trained men. *Physiological reports*, 3(8), e12472. doi: 10.14814/phy2.12472

Matos-Santos, L., Farinatti, P., P Borges, J., Massafferri, R., & Monteiro, W. (2017). Cardiovascular Responses to Resistance Exercise Performed with Large and Small Muscle Mass. *International Journal of Sports Medicine*, 38(12), 883–889. doi: 10.1055/s-0043-116671

Maughan, R. J., Watson, J. S., & Weir, J. (1983). Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle. *The Journal of physiology*, *338*, 37–49. doi: 10.1113/jphysiol.1983.sp014658

Mora-Custodio, R., Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Sánchez-Moreno, M., Pareja-Blanco, F., & González-Badillo, J. J. (2018). Effect of different inter-repetition rest intervals across four load intensities on velocity loss and blood lactate concentration during full squat exercise. *Journal of Sports Sciences*, *36*(24), 2856–2864. doi: 10.1080/02640414.2018.1480052

Morán-Navarro, R., Pérez, C. E., Mora-Rodríguez, R., de la Cruz-Sánchez, E., González-Badillo, J. J., Sánchez-Medina, L., & Pallarés, J. G. (2017). Time course of recovery following resistance training leading or not to failure. *European Journal of Applied Physiology*, *117*(12), 2387–2399. doi: 10.1007/s00421-017-3725-7

Ostrowski, K. J., Wilson, G. J., Weatherby, R., Murphy, P. W., & Lyttle, A. D. (1997). The Effect of Weight Training Volume on Hormonal Output and Muscular Size and Function. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *11*(1), 148-154.

Pallarés, J. G., Sánchez-Medina, L., Pérez, C. E., De La Cruz-Sánchez, E., & Mora-Rodríguez, R. (2014). Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments. *Journal of Sports Sciences*, *32*(12), 1165–1175. doi: 10.1080/02640414.2014.889844

Pareja-Blanco, F., Rodríguez Rosell, D., Aagaard, P., Sánchez-Medina, L., Ribas-Serna, J., Mora Custodio, R., . . . Badillo, J. J. (2018). Time Course of Recovery From Resistance Exercise With Different Set Configurations. *Journal of Strength and Conditioning Research*. doi: 10.1519/JSC.0000000000002756

Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., & González-Badillo, J. J. (2019). Time course of recovery from resistance exercise before and after a training program. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *59*(9), 1458–1465. doi: 10.23736/s0022-4707.19.09334-4

Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Ribas-Serna, J., López-López, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., & González-Badillo, J. J. (2017). Acute and delayed response to resistance exercise leading or not leading to muscle failure. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *37*(6), 630–639. doi: 10.1111/cpf.12348

Pareja-Blanco, F., Villalba-Fernández, A., Cornejo-Daza, P. J., Sánchez-Valdepeñas, J., & González-Badillo, J. J. (2019). Time Course of Recovery Following Resistance Exercise with Different Loading Magnitudes and Velocity Loss in the Set. *Sports (Basel)*, 7(3). doi: 10.3390/sports7030059

Paz, Â., Aidar, F., Matos, D., Souza, R., Da Silva-Grigoletto, M., Tillaar, R., . . . Reis, V. (2020). Comparison of Post-Exercise Hypotension Responses in Paralympic Powerlifting Athletes after Completing Two Bench Press Training Intensities. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 56, 156. doi: 10.3390/medicina56040156

Pescatello, L. S., & American College of Sports, M. (2014). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health.

Peterson, M. D., Rhea, M. R., & Alvar, B. A. (2004). Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 377-382. doi: 10.1519/r-12842.1

Privšek, E., Hellgren, M., Råstam, L., Lindblad, U., & Daka, B. (2018). Epidemiological and clinical implications of blood pressure measured in seated versus supine position. *Medicine*, 97(31), e11603. doi: 10.1097/md.00000000000011603

Ratamess, N., Alvar, B., Evetoch, T. K., Housh, T. J., Kibler, W. B., & Kraemer, W. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults [ACSM position stand]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41, 687-708.

Rezk, C. C., Marrache, R. C., Tinucci, T., Mion, D., Jr, & Forjaz, C. L. (2006). Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 98(1), 105–112. doi: 10.1007/s00421-006-0257-y

Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., . . . Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 333-341. doi: 10.1249/01.mss.0000048831.15016.2a

Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Torres-Torrelo, J., Mora-Custodio, R., Marques, M. C., & González-Badillo, J. J. (2018). Effort Index as a Novel Variable for Monitoring the Level of Effort During Resistance Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(8), 2139–2153. doi: 10.1519/jsc.0000000000002629

Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(9), 1725–1734. doi: 10.1249/MSS.ob013e318213f880

Sánchez-Medina, L., Pallarés, J. G., Pérez, C. E., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Estimation of Relative Load From Bar Velocity in the Full Back Squat Exercise. *Sports Medicine International Open*, 1(2), E80–E88. doi: 10.1055/s-0043-102933

Schoenfeld B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857–2872. doi: 10.1519/JSC.ob013e3181e840f3

Schoenfeld, B. J., Contreras, B., Krieger, J., Grgic, J., Delcastillo, K., Belliard, R., & Alto, A. (2019). Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy but Not Strength in Trained Men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(1), 94–103. doi: 10.1249/mss.0000000000001764

Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(12), 3508–3523. doi: 10.1519/jsc.0000000000002200

Simão, R., Farinatti, P., Polito, M. D., Viveiros, L., & Fleck, S. J. (2007). Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercise in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 23–28. doi: 10.1519/00124278-200702000-00005

Simão, R., Fleck, S. J., Polito, M., Monteiro, W., & Farinatti, P. (2005). Effects of resistance training intensity, volume, and session format on the postexercise hypotensive response. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 853–858. doi: 10.1519/r-16494.1

Siqueira, L., Prado, M., Simionato, A., Sancassani, A., & Pessôa Filho, D. (2018). Acute response of blood lactate to different weight training protocols. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 24, 26-30. doi: 10.1590/1517-869220182401173550

Spiering, B. A., Kraemer, W. J., Anderson, J. M., Armstrong, L. E., Nindl, B. C., Volek, J. S., & Maresh, C. M. (2008). Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and

molecular signalling pathways. *Sports Medicine*, 38(7), 527-540. doi: 10.2165/00007256-200838070-00001

Willardson, J. M., & Burkett, L. N. (2005). A comparison of 3 different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 23-26. doi: 10.1519/r-13853.1

Willardson, J. M., Simão, R., & Fontana, F. E. (2012). The effect of load reductions on repetition performance for commonly performed multijoint resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(11), 2939-2945. doi: 10.1519/JSC.ob013e3182430170