



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências Sociais e Humanas

O efeito de diferentes programas de treino da força muscular

Resposta mecânica e fisiológica no exercício de supino

Armando José Feliciano Coruche

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
**Ciências do Desporto na Área de Exercício
e Saúde**
(2º ciclo de estudos)

Versão Final após Defesa Pública

Orientador: Prof. Doutor Henrique Neiva

Covilhã, Novembro de 2017

Agradecimentos

Finalizada mais uma etapa importante da minha vida, não poderia deixar de expressar a minha gratidão a todos aqueles que me apoiaram nesta caminhada e contribuíram para a realização deste trabalho. Em primeiro lugar, gostaria de enaltecer a importância do Professor Doutor Henrique Neiva, orientador desta tese, pois foi uma pessoa imprescindível e incansável desde o início até ao fim da realização desta dissertação, uma peça fulcral na minha orientação e transmissão de conhecimentos, por isso agradeço todo o apoio, incentivo e disponibilidade demonstrada em todas as fases que levaram à realização deste estudo.

Em segundo lugar, agradeço incontestavelmente a duas pessoas muito queridas e que eu amo...os meus pais (António Coruche e Maria Coruche)! Sem eles eu não teria chegado a este ponto...agradeço-lhes de coração! Por todos os esforços que fizeram para que eu pudesse ter um futuro melhor!! Gostaria ainda de agradecer à minha irmã (Cátia Coruche) por todo o apoio e paciência inesgotável.

Estou ainda muito grato à minha namorada (Ana Jorge) por mesmo estando longe, sempre esteve perto! Estando comigo nos bons momentos e acima de tudo nos maus, pois foi quem me deu forças para conseguir ultrapassar as dificuldades que foram surgindo. Obrigado por tudo!

Quero ainda agradecer aos meus amigos de Espanha David e Ricardo, que deram o gosto de trabalhar com eles na recolha de dados, muito obrigado! Obrigado também aos meus amigos de faculdade, principalmente a estes 5 (Patrick, António, Fernando, Pedro e Orelhas), que estiveram sempre a meu lado e posso contar com eles para qualquer circunstância...muito obrigado!!!! Agradeço a todos os estudantes universitários do curso de Ciências do Desporto da Universidade da Beira Interior que se disponibilizaram para participar como amostra neste estudo.

Por fim, gostaria de agradecer a toda a restante família e amigos pelo apoio e incentivo prestado nesta etapa importante da minha vida.

Resumo

Este estudo teve como principal objetivo perceber quais as repostas fisiológicas e mecânicas a diferentes esforços desenvolvidos durante 16 diferentes protocolos de treino da força (PTF) no exercício de supino, determinados pela velocidade da primeira repetição e da perda de velocidade ao longo da série, para intensidades relativas de 50%, 60%, 70% e 80% de 1RM. Foram avaliados 10 sujeitos masculinos, com 23.6 ± 3.5 anos de idade, 1.79 ± 0.07 m de altura e 81.0 ± 17.4 kg de massa corporal. Cada sujeito foi avaliado antes e após a aplicação de 16 PTF, através da determinação da carga correspondente à velocidade de $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (V1), e o valor de lactato sanguíneo. Durante o decorrer de cada PTF foram controladas as velocidades de execução na fase propulsiva do movimento de supino e avaliado o índice de esforço. Cada PTF foi limitado em termos de repetições realizadas pela perda de velocidade permitida ao longo da série (15%, 25%, 40% e 55%), utilizando cargas de 50%, 60%, 70% ou 80% de 1RM (determinado pela velocidade da primeira repetição). Cada PTF foi realizado depois de duas sessões de familiarização e com intervalo superior a 48 horas para recuperação completa dos sujeitos. Verificamos que, o número de repetições realizadas diminuíram com o aumento da carga realizada. Entre as diferentes percentagens de carga utilizadas, verificamos diferenças para a perda de velocidade de 15% $F=39.14$, $p=0.005$; 25% $F=71.38$, $p=0.005$; 40% $F=63.83$, $P=0.005$; 55% $F=94.48$, $p=0.005$. A perda de velocidade V1 entre o valor pré e pós sessão de treino demonstrou ser diferente para as cargas de 40% e 55% de 1RM ($F=13.9$, $p=0.005$ e $F=12.24$, $p=0.005$, respetivamente). Mais ainda, verificamos uma relação entre as concentrações de lactato sanguíneo e os indicadores mecânicos, nomeadamente com a velocidade em V1 ($r = 0.95$; $p<0.01$), com o índice de esforço ($r=0.95$, $p<0.01$) e com o número de repetições realizadas ($r=0.85$, $p<0.01$). Estes resultados indicam um aumento da fadiga mecânica e fisiológica à face ao aumento da percentagem de perda de velocidade na série perante a mesma intensidade relativa. As perdas de velocidade superiores na série indicam maior grau de fadiga, sendo que em intensidades relativas inferiores a fadiga foi superior, para a mesma perda de velocidade. O índice de esforço mostrou ser uma variável válida enquanto expressão do caráter de esforço, demonstrando relação entre as variáveis V1 e lactato, que no presente estudo serviram para quantificar o grau de fadiga. Concluindo que tais resultados parecem indicar que se poderá utilizar a perda de velocidade para controlo e programação do treino, conhecendo assim a resposta em termos de fadiga através do aumento do índice de esforço e da concentração sanguínea de lactato.

Palavras-chave

Fadiga, Índice de Esforço, Lactato, Perda de Velocidade, Repetições, Supino, Treino de Força

Abstract

The main purpose of this study was to understand the physiological and mechanical responses to different stresses exerted during 16 different resistance training protocols (PTF) in the bench press exercise, determined by the speed of the first repetition and the loss of velocity throughout the series, to relative intensities of 50%, 60%, 70% and 80% of 1RM. Ten male subjects, 23.6 ± 3.5 years old, 1.79 ± 0.07 m tall and 81.0 ± 17.4 kg body mass were evaluated. Each subject was evaluated before and after the application of 16 PTF, by determining the load corresponding to the velocity of $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (V1), and the blood lactate value. During the course of each PTF the execution velocities in the propulsive phase of the bench press movement were controlled and the stress index was evaluated. Each PTF was limited in terms of repetitions performed by the velocity loss allowed throughout the series (15%, 25%, 40% and 55%) using loads of 50%, 60%, 70% or 80% of 1RM (determined by the speed of the first repetition). Each PTF was performed after two familiarization sessions and with an interval of more than 48 hours for complete recovery of subjects. We verified that the number of repetitions performed decreased with increasing load. Among the different percentages of load used, we verified differences for the velocity loss of 15% $F = 39.14$, $p = 0.005$; 25% $F = 71.38$, $p = 0.005$; 40% $F = 63.83$, $P = 0.005$; 55% $F = 94.48$, $p = 0.005$. The velocity loss V1 between the pre- and post-training values was different for the 40% and 55% 1RM loads ($F = 13.9$, $p = 0.005$ and $F = 12.24$, $p = 0.005$, respectively). Moreover, we observed a relationship between blood lactate concentrations and mechanical indicators, namely with the velocity at V1 ($r = 0.95$, $p < 0.01$), with the stress index ($r = 0.95$, $p < 0.01$) and with the number of repetitions performed ($r = 0.85$, $p < 0.01$). These results indicate an increase in mechanical and physiological fatigue in face of the increase in the percentage of velocity loss in the series at the same relative intensity. The higher velocity losses in the series indicate a greater degree of fatigue, whereas at lower intensities the fatigue was higher, for the same velocity loss. The stress index showed to be a valid variable as an expression of the effort character, demonstrating a relationship between the variables V1 and lactate, which in the present study served to quantify the degree of fatigue. In conclusion, these results seem to suggest that speed loss can be used to control and schedule the training, thus knowing the fatigue response through increasing effort index and increasing lactate blood concentration.

Keywords

Bench Press, Effort Index, Fatigue, Lactate, Velocity Loss, Repetitions, Resistance Training

Índice

Agradecimentos	iv
Resumo	vi
Abstract	viii
Índice	x
Lista de Figuras	xii
Lista de Tabelas.....	xiv
Lista de Acrónimos	xvi
Introdução	1
Materiais e Métodos	5
Amostra	5
Desenho do estudo	5
Procedimentos	6
Altura e massa corporal.....	6
Avaliação de 1RM.....	6
Avaliação da VMP.....	7
Avaliação de VMP com carga 1.0 m·s ⁻¹ (V1)	8
Avaliação do lactato sanguíneo	8
Análise estatística	9
Resultados	11
Discussão	19
Conclusão	23
Implicações práticas	25
Sugestões para o futuro	27
Referências Bibliográficas.....	29

Lista de Figuras

Figura 1 - Representação gráfica do valor médio de repetições pelas diferentes cargas e volumes prescritos. São apresentadas equações polinomiais para a relação entre o número de repetições e a carga para cada perda de velocidade permitida.	12
Figura 2 - Representação gráfica do número de repetições realizado perante as diferentes perdas de velocidade utilizadas em cada sessão. São apresentadas as equações da linha de tendência linear para a relação entre o nº de repetições e a % de perda de velocidade permitida.....	12
Figura 3 - Representação gráfica da relação entre a perda de velocidade média propulsiva (VMP) com carga correspondente a $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (V_1) e o índice de esforço.	14
Figura 4 - Representação gráfica da relação entre a concentração de lactato e a perda de velocidade média propulsiva (VMP) com carga correspondente a $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (V_1).....	16
Figura 5 - Representação gráfica da relação entre a concentração de lactato e o índice de esforço.....	16
Figura 6 - Representação gráfica da relação entre a concentração de lactato e o número de repetições realizadas.	17

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Características descritivas (médias \pm desvios-padrão) do protocolo do treino de força realizado em cada sessão	9
Tabela 2 - Valores da média \pm desvio-padrão (intervalo de confiança de 95%) do número de repetições realizado com cada volume e intensidade de treino.	11
Tabela 3 - Valores da média \pm desvio-padrão (intervalo de confiança de 95%) da perda de velocidade em V1 nas diferentes sessões de treino.	13
Tabela 4 - Valores da média \pm desvio-padrão (intervalo de confiança de 95%) do índice de esforço nas diferentes sessões de treino.	14
Tabela 5 - Valores da média \pm desvio-padrão (intervalo de confiança de 95%) da concentração de lactato pelos diferentes protocolos de treino realizados.	15

Lista de Acrónimos

GRP	Gabinete de Relações Públicas
UBI	Universidade da Beira Interior
ATP	Adenosina Trifosfato
VMP	Velocidade Média Propulsiva
Pcr	Fosfocreatina
PTF	Protocolo de Treino de Força
1RM	Uma Repetição Máxima
V1	VMP de 1 m.s ⁻¹

Introdução

O treino da força é usualmente procurado pela população devido aos seus efeitos naquilo que se refere à manutenção ou aumento da capacidade de manifestação da força, componente fundamental para o cumprimento das tarefas diárias assim como forma de preparação para as exigências de determinadas modalidades (Marques,2005). Para além disso, o treino de força parece contribuir para uma melhoria do estado de saúde dos seus praticantes, através do controlo da glicemia, redução do nível de diabetes e seu controlo, redução da gordura visceral e abdominal, redução da pressão arterial e aumento da massa magra (Castaneda et al.,2002). O treino de força, pode ajudar a reduzir níveis de pressão arterial, mortalidade por AVC e morte por doença cardíaca em pessoas com síndrome metabólica (Lemes, Ferreira, Linares, Machado, Pastre & Netto, 2016). Para que os praticantes consigam usufruir dos seus benefícios, devem cumprir um programa de treino detalhado e orientado, tendo em conta as diferentes variáveis que o influenciam, nomeadamente o tipo de exercício e ordem, a carga, o número de repetições e séries, tempo de descanso e a velocidade do movimento (Kraemer & Ratamess, 2004). Estas são importantes variáveis que devem ser pensadas de forma a criar um estímulo que provoque *stress* no sistema neuromuscular por forma a criar resposta e conseqüente adaptação (Kraemer & Ratamess, 2004).

Ao longo dos anos, tem sido recorrente a programação do treino da força segundo as intensidades relativas a uma repetição máxima do sujeito (1RM), realizado num determinado exercício (Sánchez-Medina, González-Badillo & Pallarés, 2013). No entanto, recentemente a investigação científica tem-se debruçado sobre outras formas de controlo da intensidade e da carga do treino que poderão fornecer dados válidos de avaliação e controlo do treino importantes para os profissionais (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). Surgiu assim o conceito de carácter de esforço e que se traduz na possibilidade de manipular o número de repetições realizadas em cada série em relação ao número máximo de repetições que consegue ser completado (Sánchez-Medina & Gonzalez Badillo, 2011). É facilmente observável que o grau de esforço é substancialmente diferente quando se variam as repetições realizadas para um dado número de repetições possíveis, diante a mesma carga (Sánchez-Medina, Gonzalez Badillo & Sa, 2011). A título de exemplo, se um sujeito realizar 3 séries de 6 repetições com uma carga externa que é capaz de repetir 8 ou 9 vezes estamos perante um carácter de esforço determinado. Caso a carga a vencer permita apenas a realização de 6 e não mais repetições estamos perante um carácter de esforço superior (Marques, 2005). Mais recentemente, desenvolvendo o conceito de carácter de esforço acima referido, foi possível comprovar que cada percentagem de 1RM tem a sua própria velocidade média de execução, na fase concêntrica do movimento (Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010; Sánchez-Medina, González-Badillo,

Pérez & Pallarés, 2013). Tais evidências permitiram sugerir que, através da utilização da velocidade de execução do movimento, pode-se prescrever a intensidade do treino da força, surgindo uma nova forma válida de controlo do treino.

Outra componente a ter em conta aquando da programação do treino da força é o volume do treino enquanto número total de repetições do exercício. O volume é prescrito através do número de repetições por série, número de séries por sessão de treino e o número de sessões por semana e varia com o tipo de treino de força que se pretende realizar (Marques, 2005). Tradicionalmente, recomendam-se 15 a 20 repetições por série para obter melhorias de resistência muscular, 8-15 repetições para aumentar a hipertrofia muscular, 3-8 repetições para induzir melhorias na força máxima e 1-3 repetições para melhorias na potência muscular (Kraemer & Ratamess, 2004). O controlo deste volume é importante para quantificar e avaliar a progressão durante o programa de treino (Marques, 2005).

Apesar de existirem diversos estudos que indicam o número médio de repetições que se pode realizar com determinada percentagem de 1RM (Sakamoto & Sinclair, 2006; Shimano et al., 2006), é certo que nem todos os sujeitos são capazes de realizar o mesmo número de repetições com a mesma carga relativa (Terzis, Spengos, Manta, Sarris, & Georgiadis, 2008). Assim, quando os sujeitos são submetidos ao mesmo número de repetições por série é possível que o grau de esforço e o estímulo mecânico possam ser diferentes, sendo assim as adaptações neuromusculares distintas. Como forma de responder a esta problemática, recentemente foi proposto um novo método para programar o volume de treino (Gonzalez-Badillo, Yanez-Garcia, Mora-Custodio, & Rodriguez-Rossell, 2017). Os autores propuseram uma programação do volume de treino em função da perda de velocidade dentro da série. Assim, dois sujeitos poderão realizar um diferente número de repetições com a mesma carga relativa, contudo com um grau de esforço similar uma vez que o número máximo de repetições dos dois sujeitos com essa mesma carga é diferente (Gonzalez-Badillo et al., 2017). Contudo, e sendo esta metodologia recente, carecem os estudos sobre os efeitos agudos e crónicos de diferentes prescrições do treino da força baseado na perda velocidade na série.

No seio dos praticantes do treino da força em academias e health-clubs, parece ainda existir a perceção de que um treino deverá ser programado para que as repetições realizadas levem o sujeito até à falha muscular. Durante muito tempo se considerou que só desta forma se conseguiria obter um maior estímulo no sistema neuromuscular (Moore et al., 2004). Tem sido sugerido que o treino da força levando a elevados graus de fadiga, como ocorre em exemplo nas rotinas de treino de “body-building”, pode induzir maiores adaptações da força devido a uma ativação superior das unidades motoras e segregação de hormonas de crescimento (Schoenfeld, 2010). Contudo, as evidências científicas apontam para resultados contraditórios que demonstram a necessidade de aprofundar a investigação neste tema.

Tem vindo a ser demonstrado que não é necessário realizar a repetição até à falha muscular para aumentar a magnitude dos ganhos de força (Izquierdo et al., 2006; Sampson & Groeller, 2015). Especialmente quando o treino não se destina apenas à hipertrofia muscular, mas pelo contrário, serve para desenvolver adaptações neuromusculares específicas (González-Badillo et al., 2015). Sampson e Groeller (2015) após utilizarem uma carga de 85% 1RM realizando um número limitado de repetições (4 repetições) no exercício de rosca de bíceps, com indivíduos masculinos, que não tivessem realizado qualquer tipo de treino de força nos últimos 6 meses, observaram que não existiram diferenças significativas ao comparar a mesma carga com a realização de repetições até à falha muscular. Mais recentemente, verificou-se que programas de treino de força equivalentes em todas as suas variáveis, mas com controlo de volume de treino através da perda de velocidade, provocaram melhoria da força e mesmo alterações na fibra muscular (Pareja-Blanco et al., 2017). Mais ainda, a perda de velocidade de 20% resultou numa melhoria no salto vertical, força máxima no agachamento, perante uma perda de 40% da velocidade na série, muito embora tenha sido realizadas menos repetições durante o treino (Pareja-Blanco et al., 2017). Estes resultados sugerem assim que não é necessário ir até à falha muscular para originar alterações neurais e estruturais no sistema musculoesquelético (Sampson & Groeller, 2015). O aumento do esforço necessário para realizar um exercício até à falha muscular ocorrer, pode resultar em estados de fadiga que não limita apenas as fibras que promovem a geração de força, mas também a diminuição da velocidade máxima de encurtamento diminui. (Sánchez-Medina, González Badillo & Sa, 2011).

Durante o treino da força, a fadiga muscular aumenta com o acumular das repetições a serem realizadas pelo sujeito (Sánchez-Medina & Gonzalez Badillo, 2011). No caso de não terminar o exercício, ocorre a falha muscular, mecânica e obrigatoriamente o exercício termina. Contudo, antes de existir esta falha, outros sinais de fadiga muscular podem ser detetáveis, como a redução da máxima força aplicada, diminuição da velocidade de execução e redução da potência mecânica (Allen, Lamb, & Westerblad, 2008; Izquierdo et al., 2006; Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011). A complexidade do fenómeno da fadiga tem originado diferentes procedimentos de avaliação, que podem pecar pela falta de especificidade. No entanto, e de forma específica para o treino da força, tem vindo a ser demonstrado que a fadiga neuromuscular induzida pelo treino deste tipo poderá ser monitorizada através da perda de velocidade dentro da mesma série do exercício (Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011). Portanto, através do controlo da velocidade da execução de todas as repetições do treino da força conseguimos assim, por um lado, perceber a intensidade real que é utilizada através da velocidade realizada na primeira repetição do exercício (González-Badillo, 2011), e por outro lado a fadiga ou grau de esforço que se produz em função da perda de velocidade numa série com a mesma carga relativa (Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011).

A perda de velocidade e o *stress* metabólico diferem consideravelmente dependendo do número de repetições realizadas numa série e as adaptações funcionais e estruturais no músculo

parecem variar consoante este grau de esforço realizado (Pareja-Blanco et al., 2016). Quando se manipula o número de repetições realizada em cada série, a perda de velocidade e o *stress* metabólico diferencia-se (González-badillo & Shánchez Medina, 2011). A acumulação progressiva da fadiga muscular como indicado por uma pronunciada perda de velocidade durante as repetições do exercício aparece como uma importante variável na configuração do estímulo do treino, uma vez que influencia as adaptações musculares estruturais e funcionais a longo prazo (Pareja-Blanco et al., 2016).

Apesar da investigação se ter debruçado sobre estas variáveis nos últimos tempos, estas ainda carecem de alguma pesquisa no sentido de compreender os seus efeitos por forma a conseguirmos quantificar e programar o treino de forma eficaz e adequada. Percebendo de que forma a fadiga atua sobre as repetições realizadas e com diferentes cargas utilizadas, poderemos desenvolver adaptações neuromusculares mais eficazes, evitando estados elevados de fadiga que possam afetar negativamente outros aspetos biomecânicos ou de recuperação do treino (González-Badillo et al., 2015). Assim, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de verificar quais as repostas fisiológicas e mecânicas a diferentes esforços desenvolvidos durante diferentes protocolos de treino da força (PTF) no exercício de supino, determinados pela velocidade da primeira repetição e da perda de velocidade ao longo da série. Enquanto hipótese podemos referir que os indicadores de fadiga mecânica (índice de esforço, perda da VMP com cargas correspondente a $1m.s^{-1}$) e metabólica (concentração de lactato) aumentam com a intensidade do esforço desenvolvido (%1RM) e com a perda de velocidade permitida na série. Podemos ainda colocar a hipótese da existência de uma relação entre as variáveis mecânicas e metabólicas avaliadas.

Materiais e Métodos

Amostra

Dez sujeitos do sexo masculino, jovens e saudáveis (23.6 ± 3.5 anos de idade; 1.79 ± 0.07 m de altura, 81.0 ± 17.4 kg de massa corporal), voluntariaram-se para a participar neste estudo. Enquanto critérios de inclusão os sujeitos teriam que i) não ter qualquer limitação que impedisse a prática de actividade física; ii) experiência anterior superior a 6 meses em atividades de musculação; iii) serem indivíduos do sexo masculino maiores de 18 anos. Foram incluídos no estudo os sujeitos que cumpriam os critérios e que concordaram voluntariamente em participar no presente estudo. Estes voluntários demonstraram ser fisicamente ativos, estudantes de licenciatura do curso de ciências do desporto, e com experiência em treino de força e acostumados a realizar o exercício de supino com a técnica correta (carga máxima - 1RM - de 77.9 ± 21.1 kg para o exercício de supino). Todos os sujeitos foram informados sobre os procedimentos experimentais e os potenciais riscos, assinando posteriormente o termo de responsabilidade. Os procedimentos seguiram as recomendações da Declaração de Helsínquia.

Desenho do estudo

O presente estudo foi desenhado para analisar a resposta aguda perante 16 PTF, determinados pela velocidade da primeira repetição (correspondente a uma % de 1RM) e pela perda de velocidade dentro da série. Na semana anterior à realização dos testes, foram realizadas duas sessões de familiarização que consistiram na realização de várias séries de treino no exercício de supino, realizando cada repetição na máxima velocidade possível. Durante estas sessões, os participantes foram informados acerca da velocidade real que estavam a realizar o exercício. Na segunda sessão de familiarização os participantes levaram a cabo um teste isoinercial de cargas progressivas para conhecer a velocidade e o 1RM individual (Sanchez-Medina, Perez, & Gonzalez-Badillo, 2010).

Depois da avaliação inicial de 1RM cada participante realizou 16 sessões de treino com distintas intensidades e volumes. A intensidade relativa foi determinada através da maior velocidade (normalmente a primeira ou segunda repetição) da primeira série do treino e o volume quantificado pela perda de velocidade dentro da série de treino. Em cada protocolo realizaram-se sempre 3 séries com a intensidade relativa e com a perda de velocidade programada para a sessão, com 4 min de recuperação entre as séries. Assim, os participantes realizaram 16 sessões programadas pela perda de velocidade de 15%, 25%, 40% e 55%, com cada intensidade relativa 50%, 60%, 70%, 80% de 1RM, de forma aleatória. As intensidades prescritas foram escolhidas devido ao seu uso habitual no treino de força, tanto para indivíduos com pouca

experiência como desportistas de elevado nível (Rhea, 2004). Para tentar analisar a resposta aguda perante um largo espectro de intensidades, e as diferentes perdas de velocidade foram utilizadas por poderem ser representativas de diferentes graus de fadiga provocado por diferentes volumes de treino. Perdas de velocidade superiores às supracitadas foram já apresentadas como causadoras de falha muscular, sendo contraproducente para o treino (Pareja-Blanco et al., 2016).

Foram realizadas duas sessões por semana (48h-72h de descanso) durante 8 semanas. Para cada intensidade determinada para a sessão de treino (50%, 60%, 70%, 80% de 1RM), foi verificado o número de repetições realizadas até atingir a percentagem da perda de velocidade permitida em cada série no exercício de supino para aquela sessão de treino, correspondendo a 15%, 25%, 40%, ou 55% de perda de velocidade (Tabela 1). Quando a percentagem de velocidade perdida atingia a que foi definida para cada sessão de treino a série terminava, não havendo um número máximo de repetições definido. Para analisar a resposta mecânica e fisiológica em cada PTF os participantes realizaram uma bateria de testes imediatamente antes e após do esforço, especificamente a velocidade média propulsiva (VMP) com a carga com que se consegue uma VMP $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ e o lactato sanguíneo. Todas as sessões foram realizadas no laboratório sobre a direta supervisão de dois investigadores experientes.

Procedimentos

Altura e massa corporal

Para determinar a altura corporal dos sujeitos foi usado um estadiómetro (Seca 213, Seca Lda, Alemanha), determinada como a distância entre o cimo da cabeça e a planta dos pés, medindo com os participantes descalços, com os calcanhares, glúteos, costas e região occipital em contacto com o plano vertical do estadiómetro. Para determinar a massa corporal, cada sujeito foi avaliado em posição ereta, com o mínimo de roupa possível, recorrendo a uma balança de báscula de precisão (Seca 710, Seca Lda, Alemanha).

Avaliação de 1RM

Após a chegada ao laboratório, o participante permanecia sentado durante 5min para reestabelecer os valores basais mínimos necessários. Seguiu-se o aquecimento que consistia em executar uma série de 5 repetições no supino com a carga fixa de 17 kg. Os sujeitos foram colocados em decúbito dorsal com as costas, nádegas e as solas dos pés em cima de um banco. A barra foi agarrada com as mãos em pronação separadas aproximadamente à largura dos ombros e esta medida foi mantida estável ao longo de todas as avaliações. Todos os sujeitos deveriam baixar a barra até ao peito, acima da linha dos mamilos, de forma lenta e controlada

e esperar nesse ponto até ser dada a instrução para subir. Esta pausa momentânea foi de 1s, entre a fase excêntrica e concêntrica, de forma a minimizar o contributo do efeito de resalto e ser o mais reproduzível possível e uma medida mais consistente (Pallarés, Sánchez-Medina, De La Cruz-Sánchez & Mora-Rodriguez, 2014). Todos os sujeitos foram instruídos para realizar o exercício de supino com a máxima velocidade possível na fase concêntrica.

A carga inicial para determinar 1RM foi de 17 kg, para todos os sujeitos, e a carga foi ajustada com incrementos de 5 kg até 1 kg, de forma individual para cada sujeito, até que se atingisse uma velocidade média propulsiva menor ou igual que $0.35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, correspondente a cerca de 88% de 1RM e assim o 1RM determinado com maior precisão (González-Badillo & Sanchez-Medina, 2010). Durante o teste, realizaram-se três repetições com cargas baixas ($\text{VMP} > 0.95 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), duas com cargas médias ($0.55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \leq \text{VMP} \leq 0.95 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), e apenas uma com cargas elevadas ($\text{VMP} < 0.55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). O tempo de recuperação oscilou entre os 3min para cargas baixas e 4min para cargas médias e elevadas. A carga de 1RM foi calculada para cada participante a partir da VMP obtida com a carga mais elevada durante o teste de cargas progressivas, utilizando a seguinte equação: $(100 \times \text{carga}) / (8.4326 \times \text{VMP}^2) - (73.501 \times \text{VMP}) + 112.33$ (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010).

Avaliação da VMP

Para a realização do exercício de supino, foi usada uma máquina Smith (Multipower fitness line), com os seus respetivos pesos, utilizada durante todos os testes e sessões de treino. Foi usado um tradutor linear de velocidade (T-FORCE Dynamic Measurement System, Espanha), que consiste numa extensão de cabo ligado a um computador, através de uma placa de aquisição de dados analógico-digital de 14bits. Calculou automaticamente os parâmetros cinemáticos e cinéticos de cada repetição, relevantes para este estudo, fornecendo a informação em tempo real e armazenou dados em disco para posterior análise. Assim, através da utilização deste aparelho foi possível determinar o número de repetições realizadas, a velocidade média propulsiva (VMP) de cada repetição, sendo assim determinado o seu valor máximo (normalmente na primeira repetição da série) e o seu valor mínimo (normalmente na última repetição da série). Através destes dados foi permitido calcular a perda percentual de velocidade enquanto $100 \times (\text{VMP melhor} - \text{VMP pior}) / \text{VMP melhor}$. Para além destes valores, foi possível calcular o índice de esforço (González-Badillo et al., 2017). Este foi designado pelo produto da melhor VMP da primeira série de treino pela perda média de VMP das 3 séries de treino realizadas.

A avaliação da fadiga mecânica pode ser feita através da análise do declínio da velocidade da repetição durante as 3 séries de exercício, calculada através da percentagem da perda de velocidade média propulsiva do mais rápido até ao mais lento da repetição em cada série e a média após as 3 séries. Mais ainda, esta fadiga poderá ser examinada pela alteração da

percentagem da VMP pré-pós exercício obtida com a carga correspondente à VMP de 1 m.s⁻¹ (Sánchez Medina & Gonzalez-Badillo,2011).

Avaliação de VMP com carga 1.0 m.s⁻¹ (V1)

A estimação da fadiga mecânica dinâmica produzida pela série de treino realizou-se através da perda de velocidade e a potência medida perante uma carga que se podia movimentar a uma VMP de 1 m.s⁻¹ (V1). Após a chegada ao laboratório e medição dos valores basais, após o aquecimento, foi determinada a carga absoluta (kg) com a qual atingia a VMP de 1.0 m.s⁻¹. Para isso, cada um realizava 2 a 3 séries com cargas progressivas até alcançar a carga com que se conseguia atingir uma velocidade de 1 m.s⁻¹ (± 0.03 m.s⁻¹). Escolheu-se este valor porque representa uma velocidade relativamente alta, a qual é atingida contra cargas médias (~45% 1RM no supino) e é uma carga que nos permite ter uma boa expressão do efeito de um exercício de força sobre diferentes variáveis mecânicas, como a velocidade e a força (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011). Uma vez determinada a carga, realizaram-se três repetições sendo que o valor médio da VMP foi considerado enquanto valor inicial de quantificação de fadiga. Este mesmo teste foi repetido, nas mesmas condições, imediatamente após terminar a série de treino. A diferença entre o valor registado antes da série de treino e após a série de treino foi utilizado enquanto perda de V1 (em percentagem) [$100 \times (\text{média de VMP pós} - \text{média de VMP pre}) / \text{média de VMP pre}$].

Avaliação do lactato sanguíneo

Para determinar a concentração sanguínea de lactato, procedeu-se a uma recolha de amostra de sangue capilar do lóbulo da orelha depois (1min 30s) de cada PTF. 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.

Tabela 1 - Características descritivas (médias \pm desvios-padrão) do protocolo do treino de força realizado em cada sessão

Realizado	PTF 1	PTF 2	PTF 3	PTF 4	PTF 5	PTF 6	PTF 7	PTF 8
Séries x perda de velocidade (%)	3 x 15%	3 x 25%	3 x 40%	3 x 55%	3 x 15%	3 x 25%	3 x 40%	3 x 55%
Perda de velocidade real (%)	15.1 \pm 1.3	25.3 \pm 0.9	40.2 \pm 1.5	54.9 \pm 1.6	15.3 \pm 0.9	25.3 \pm 1.3	40.9 \pm 1.3	55.1 \pm 1.9
Máxima velocidade propulsiva (m·s ⁻¹)	0.92 \pm 0.03	0.93 \pm 0.03	0.93 \pm 0.02	0.93 \pm 0.02	0.80 \pm 0.02	0.80 \pm 0.02	0.80 \pm 0.02	0.79 \pm 0.02
	(-51.7% 1RM)	(-51.5% 1RM)	(-51.5% 1RM)	(-51.5% 1RM)	(-58.9% 1RM)	(-58.7% 1RM)	(-58.6% 1RM)	(-59.3% 1RM)
	PTF 9	PTF 10	PTF 11	PTF 12	PTF 13	PTF 14	PTF 15	PTF 16
Séries x perda de velocidade (%)	3 x 15%	3 x 25%	3 x 40%	3 x 55%	3 x 15%	3 x 25%	3 x 40%	3 x 55%
Perda de velocidade real (%)	15.5 \pm 1.8	25.2 \pm 1.4	40.0 \pm 2.8	54.1 \pm 2.5	15.3 \pm 1.7	25.0 \pm 2.7	40.3 \pm 2.5	56.8 \pm 4.0
Máxima velocidade propulsiva (m·s ⁻¹)	0.63 \pm 0.03	0.63 \pm 0.02	0.62 \pm 0.02	0.63 \pm 0.02	0.48 \pm 0.02	0.49 \pm 0.02	0.49 \pm 0.02	0.49 \pm 0.02
	(-69.3% 1RM)	(-69.2% 1RM)	(-69.9% 1RM)	(-69.3% 1RM)	(-79.0% 1RM)	(-78.8% 1RM)	(-78.4% 1RM)	(-78.5% 1RM)

PTF: Protocolo de treino da força

Análise estatística

Para a análise estatística recorreremos ao software *Statistical Package for the Social Sciences* versão 20.0 (SPSS 20.0) e ao Microsoft Excel 2010 para Windows para a análise estatística. Para verificar a normalidade dos dados foi realizado o teste de Shapiro-Wilk ($n < 30$), tendo-se verificado que os dados apresentavam uma distribuição normal. Para a descrição dos resultados foram utilizados os cálculos tradicionais de tendência central: médias, desvios padrão e 95% de intervalo de confiança. Para a comparação entre os valores obtidos das variáveis mecânicas e fisiológicas, utilizou-se uma ANOVA de medidas repetidas nos 16 treinos realizados, sendo utilizado o teste de correção de *LSD* para detetar as diferenças entre as médias de comparações múltiplas. Para as correlações entre as alterações nas variáveis mecânicas e concentração de lactato sanguíneo utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson. Foi assumido um nível de significância para a rejeição da hipótese nula de $p \leq 0.05$.

Resultados

As velocidades de treino prescritas foram cumpridas nos treinos realizados, tal como apresentado na Tabela 1. Na Tabela 2 podemos verificar o número de repetições realizadas nas diferentes percentagens de perda de velocidade da sessão de treino, em % RM do treino programado. Podemos verificar que os sujeitos realizam um total de repetições que foram diferentes entre os 50%, 60%, 70% e 80% de 1RM, com claro decréscimo no número de repetições com o aumento da carga realizada. A exceção verifica-se com 15% de perda de velocidade permitida, nas cargas mais baixas (50% vs. 60% 1RM), com os valores a não demonstrarem significância estatística. Adicionalmente, e como expectável, podemos verificar que com maiores valores de perda de velocidade, mais repetições são realizadas pelos sujeitos. Perante a esfericidade considerada, verificou-se que o número de repetições diferiu estatisticamente entre as diferentes percentagens de perda de velocidade nas diferentes cargas testadas, 15% $F_{(3,27)}=39.14$, $P=0.005$; 25% $F_{(3,27)}=71.38$, $P=0.005$; 40% $F_{(3,27)}=63.83$, $P=0.005$; 55% $F_{(3,27)}=94.48$, $P=0.005$.

Tabela 2 - Valores da média \pm desvio-padrão (intervalo de confiança de 95%) do número de repetições realizado com cada volume e intensidade de treino.

	50%RM	60%RM	70%RM	80%RM
15% de Perda de velocidade**	4.83 \pm 0.99 (4.13, 5.54)	4.21 \pm 0.61 (3.77, 4.65)	3.13 \pm 0.56 (2.73, 3.53)	2.19 \pm 0.23 (2.02, 2.35)
25% de Perda de velocidade*	7.73 \pm 1.36 (6.76, 8.70)	5.60 \pm 0.86 (5.01, 6.19)	4.09 \pm 0.71 (3.58, 4.59)	3.27 \pm 0.35 (3.02, 3.52)
40% de Perda de velocidade*	10.94 \pm 1.77 (9.68, 12.20)	8.15 \pm 1.59 (7.02, 9.28)	6.05 \pm 1.53 (4.96, 7.14)	4.41 \pm 0.74 (3.88, 4.94)
55% de Perda de velocidade*	13.15 \pm 2.06 (11.68, 14.62)	9.61 \pm 1.39 (8.61, 10.61)	7.64 \pm 1.51 (6.55, 8.72)	5.39 \pm 1.22 (4.51, 6.27)

* $P < 0.05$ entre as percentagens de 1RM testadas

** $P > 0.05$ entre 50% e 60% de 1RM

Os valores apresentados podem ser confirmados na Figura 1, observando-se uma diminuição do número de repetições à medida que a intensidade do treino ia aumentando. Por sua vez, foi registado um aumento quando a percentagem de perda de velocidade para a série de treino foi superior, como podemos verificar na Figura 2.

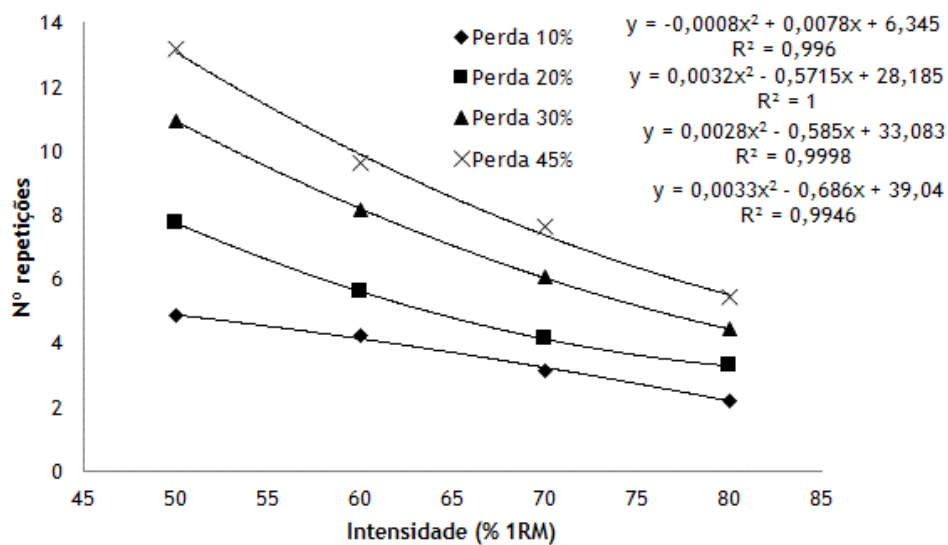


Figura 1 - Representação gráfica do valor médio de repetições pelas diferentes cargas e volumes prescritos. São apresentadas equações polinomiais para a relação entre o número de repetições e a carga para cada perda de velocidade permitida.

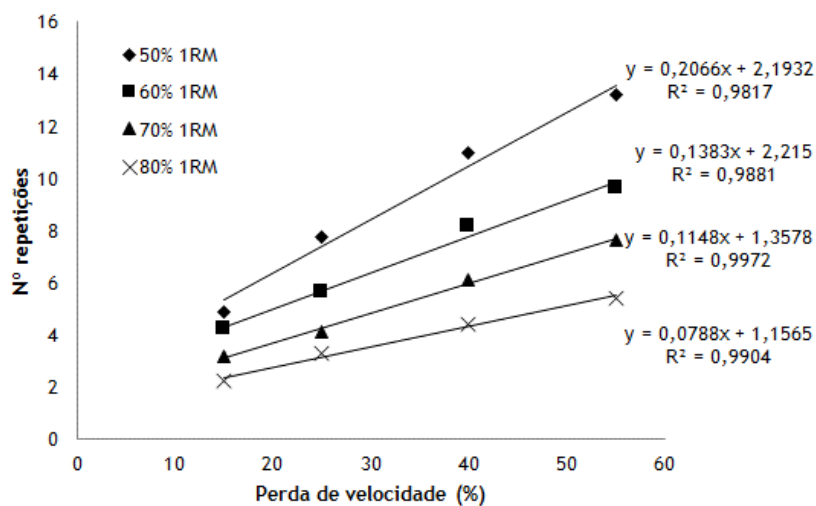


Figura 2 - Representação gráfica do número de repetições realizado perante as diferentes perdas de velocidade utilizadas em cada sessão. São apresentadas as equações da linha de tendência linear para a relação entre o n.º de repetições e a % de perda de velocidade permitida.

Na Tabela 3 encontram-se representados os valores da perda de velocidade em V1, por protocolo de treino realizado. Podemos verificar que na globalidade dos valores, a média de perda de velocidade em V1 foi superior quando o treino foi realizado com uma carga de 50% 1RM, muito embora a significância só foi detetada entre os 50% e os 80% de 1RM (perda de

velocidade de 15%) e entre os 70% e os 80% de 1RM (perda de velocidade de 25%). Perante a esfericidade considerada, verificou-se que a perda de velocidade entre o pré e o pós sessão de treino em V1, não se verificou significância nas perdas de velocidade a 15% e 25%, $F_{(3,27)}=1.72$, $P=0.19$; $F_{(3,27)}=1.70$, $P=0.19$ e diferiu estatisticamente entre a percentagem de perda de velocidade a 40% e 55%, $F_{(3,27)}=13.9$, $P=0.005$; $F_{(3,27)}=12.24$, $P=0.005$. Considerando um intervalo de confiança de 95%.

Tabela 3 - Valores da média \pm desvio-padrão (intervalo de confiança de 95%) da perda de velocidade em V1 nas diferentes sessões de treino.

	50%RM	60%RM	70%RM	80%RM
15% de Perda de velocidade†	14.05 \pm 5.29 (10.27,17.83)	13.08 \pm 5.47 (9.17,16.99)	12.25 \pm 3.97 (9.41,15.08)	10.26 \pm 3.4 (7.82,12.69)
25% de Perda de velocidade†	20.48 \pm 5 (16.90,24.06)	18.52 \pm 5.94 (14.27,22.77)	18.21 \pm 7.16 (13.09,23.33)	14.24 \pm 7.61 (8.79,19.69)
40% de Perda de velocidade*	37.7 \pm 9.87 (30.64,44.76)	24.15 \pm 7.45 (18.82,29.48)	24.52 \pm 7.82 (18.93,30.11)	18.14 \pm 7.89 (12.49,23.78)
55% de Perda de velocidade**	45.98 \pm 11.76 (37.57,54.39)	37.08 \pm 12.36 (28.24,45.92)	31.24 \pm 5.60 (27.23,30.24)	25.26 \pm 6.82 (20.38,30.14)

* $P \leq 0.05$ entre a percentagem de 50% e 80% de 1RM

** $p \leq 0.05$ entre a percentagem de 70% e 80% de 1RM

† $p \geq 0.05$ entre todas as percentagens de 1RM testadas

O aumento do índice de esforço, está dependente da percentagem da perda de velocidade, bem como das cargas que são utilizadas, ou seja, dentro da mesma carga podemos ter diferentes índices de esforço à medida que a perda de velocidade aumenta. Por protocolo de treino realizado verificamos que, à medida que a carga (%RM) diminui o índice de esforço aumenta, para todas as perdas testadas, como podemos verificar na tabela 4. Existiu significância em todas as percentagens de perda de velocidade. Perante a esfericidade considerada, verificou-se que o índice de esforço nas diferentes percentagens de perda de velocidade apresentou significância a 15% $F_{(3,27)}=73.91$, $P=0.000$, 25% $F_{(3,27)}=155.23$, $P=0.000$, 40% $F_{(3,27)}=261.60$, $P=0.000$ e 55% $F_{(3,27)}=379.79$, $P=0.000$.

Tabela 4 - Valores da média \pm desvio-padrão (intervalo de confiança de 95%) do índice de esforço nas diferentes sessões de treino.

	50%RM	60%RM	70%RM	80%RM
15% de Perda de velocidade*	13.98 \pm 0.44 (12.98,14.98)	12.29 \pm 0.28 (11.67,12.92)	9.78 \pm 0.37 (8.96,10.61)	7.38 \pm 0.26 (6.79,7.98)
25% de Perda de velocidade*	23.39 \pm 0.36 (22.58,24.22)	20.34 \pm 0.42 (19.39,21.28)	15.93 \pm 0.35 (15.14,16.72)	12.28 \pm 0.45 (11.25,13.31)
40% de Perda de velocidade*	37.21 \pm 0.57 (35.92,38.50)	32.95 \pm 0.41 (32.01,33.88)	24.84 \pm 0.52 (23.67,26.01)	19.82 \pm 0.46 (18.78,20.86)
55% de Perda de velocidade*	50.86 \pm 0.64 (49.41,52.29)	43.74 \pm 0.51 (42.59,44.89)	34.12 \pm 0.52 (32.95,35.29)	27.84 \pm 0.51 (26.69,28.99)

* $P \leq 0.05$ entre todas as percentagens de 1RM testadas

Na Figura 3 surge representado a relação entre o índice de esforço nas 16 sessões de treino e a percentagem de perda de velocidade em V1. Podemos verificar que existe uma relação linear elevada entre o índice de esforço e a velocidade em V1 ($r = 0.87$; $p < 0.01$). À medida que o índice de esforço aumenta, a perda de velocidade em V1 também aumenta, corroborando no aumento dos indicadores de fadiga.

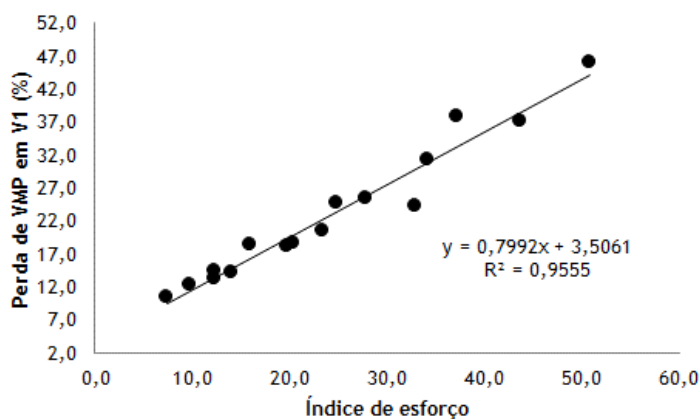


Figura 3 - Representação gráfica da relação entre a perda de velocidade média propulsiva (VMP) com carga correspondente a $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (V1) e o índice de esforço.

A concentração de lactato resultante das sessões de treino está representada na Tabela 5. Os valores médios da concentração de lactato tendem a ser superiores na carga a 50% de 1RM em todas as sessões de treino. Comparando as sessões com % 1RM diferentes, podemos verificar que não existiram diferenças quando eram permitidas perdas de velocidade de 15% e 25% ($F_{(3,27)}=0.763$, $p=0.52$ e $F_{(3,27)}=1.43$, $p=0.25$, respetivamente), sendo que os valores de lactato demonstraram diferenças entre condições para uma perda de velocidade de 40% ($F_{(3,27)}=4.29$, $p=0.013$) e de 55% ($F_{(3,27)}=4.24$, $p=0.014$).

Tabela 5 - Valores da média \pm desvio-padrão (intervalo de confiança de 95%) da concentração de lactato pelos diferentes protocolos de treino realizados.

	50%RM	60%RM	70%RM	80%RM
15% de Perda de velocidade†	2.57 \pm 0.55 (2.18,2.96)	2.58 \pm 0.39 (2.30,2.86)	2.57 \pm 0.38 (2.30,2.84)	2.41 \pm 0.36 (2.15,2.67)
25% de Perda de velocidade†	3.27 \pm 0.86 (2.65,3.89)	3.09 \pm 0.47 (2.75,3.43)	2.90 \pm 0.38 (2.63,3.17)	2.90 \pm 0.56 (2.50,3.29)
40% de Perda de velocidade*	4.47 \pm 1.07 (3.70,5.24)	3.96 \pm 0.74 (3.43,4.49)	3.82 \pm 0.84 (3.43,4.21)	3.49 \pm 0.49 (3.13,3.85)
55% de Perda de velocidade**	5.35 \pm 0.90 (4.70,5.99)	4.59 \pm 0.87 (3.97,5.21)	4.87 \pm 1.07 (4.11,5.64)	4.45 \pm 0.77 (3.89,5.00)

† $p \geq 0.05$ entre as diferentes percentagens de 1RM testadas

* $p \leq 0.05$ entre a percentagem de 50% e 70% de 1RM e entre 50% e 80% de 1RM

** $P \leq 0.05$ entre a percentagem de 50% e 60% de 1RM e entre 50% e 80% de 1RM

Verificando a relação entre as concentrações de lactato e os indicadores mecânicos, podemos verificar através das figuras apresentadas que existe uma correlação elevada com a velocidade em V1 ($r = 0.95$; $p < 0.01$), com o índice de esforço ($r = 0.95$, $p < 0.01$) e com o número de repetições realizadas ($r = 0.85$, $p < 0.01$) (Figura 4, Figura 5 e Figura 6).

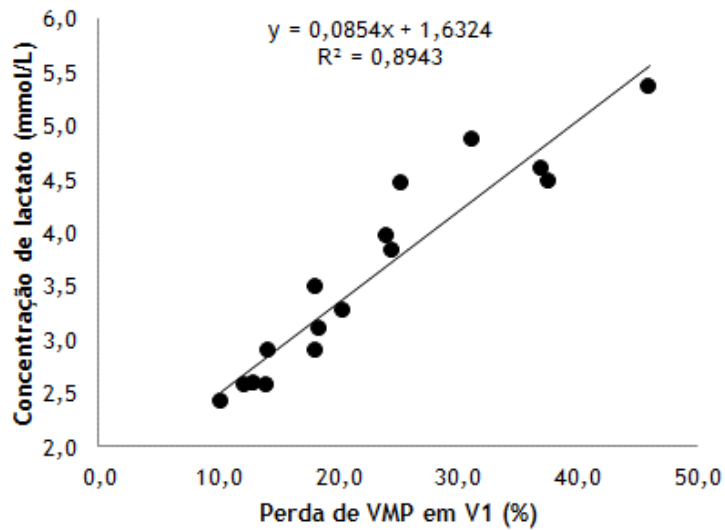


Figura 4 - Representação gráfica da relação entre a concentração de lactato e a perda de velocidade média propulsiva (VMP) com carga correspondente a $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (V1).

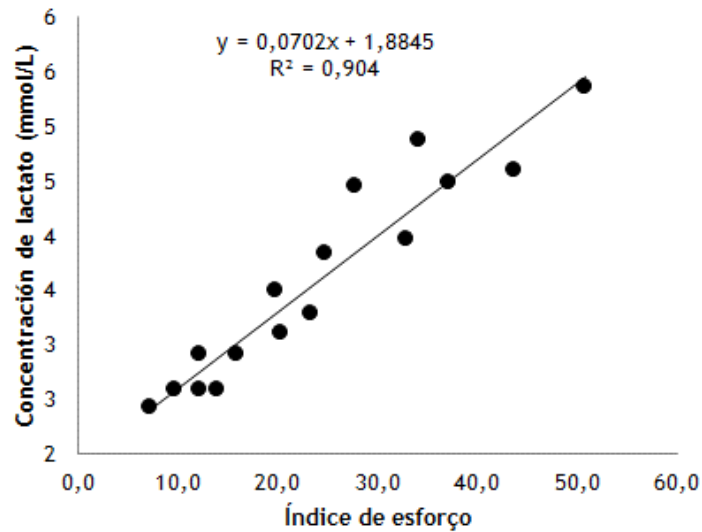


Figura 5 - Representação gráfica da relação entre a concentração de lactato e o índice de esforço.

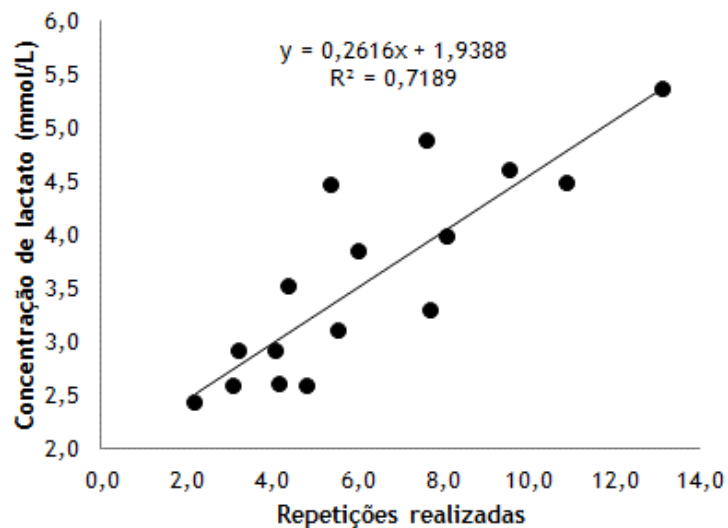


Figura 6 - Representação gráfica da relação entre a concentração de lactato e o número de repetições realizadas.

Analisando as diferentes sessões de treino realizadas, verificamos que com o aumento da percentagem de perda da velocidade na sessão permitida os valores da falha mecânica e fisiológica, independentemente das cargas utilizadas, apresentaram-se mais elevados. A concentração de lactato aumentou de forma linear, à medida que se aproximava das 13 repetições. De forma semelhante, com o aumento da percentagem da perda de velocidade em V1 verifica-se que os valores de lactato se apresentaram mais elevados independentemente das cargas utilizadas.

Discussão

O presente estudo teve como principal objectivo verificar a resposta aguda perante 16 diferentes PTF, determinados pela velocidade da primeira repetição e pela perda de velocidade dentro da série, avaliando a resposta mecânica e fisiológica dos sujeitos. Que saibamos, este foi dos primeiros estudos a procurar analisar estes efeitos num conjunto variado de programas de treino no exercício do supino. Verificou-se que as perdas de VMP em V1 e as concentrações de lactato sanguíneo pós treino foram progressivamente superiores à medida que foi aumentando a percentagem de perda de velocidade dentro da série, com cada uma das intensidades utilizadas. Perante a mesma perda de VMP na série, os valores de lactato sanguíneo e de perda de VMP em V1 foram maiores quando a VMP da primeira repetição na série também ela foi superior (% 1RM inferior). Verificou-se também uma elevada correlação linear entre o índice de esforço realizado e o lactato sanguíneo, e a perda de velocidade em V1. Para além disso, e independentemente do treino, quanto mais repetições realizadas, maior a fadiga fisiológica e mecânica observada. Assim, tendo em conta as diferenças obtidas entre os treinos e as elevadas relações encontradas entre o índice de esforço e as variáveis indicadoras de fadiga, parece-nos pertinente indicar que, se quisermos gerar um determinado grau de esforço, deveremos programar o treino da força tendo como referência a velocidade da primeira repetição e a perda de velocidade dentro da série. Tal permite saber a resposta em termos de repetições realizadas, decréscimo da velocidade em V1 e resposta da concentração de lactato sanguíneo.

os estudos relacionados com o treino da força baseados na velocidade de execução permitem-nos referir que alcançar uma perda de velocidade de 20% com cargas que oscilam entre os 70-80% 1RM (Pareja-Blanco et al., 2017) e perder 15% de velocidade em cada série quando se treina com um espectro que oscila entre os 50-70% 1RM (Pareja-Blanco et al., 2016) é um treino mais eficiente para melhoria da força, da resistência e do rendimento em ações de elevada velocidade do que treinar com uma menor magnitude de perda de velocidade na série. Tal permite-nos aproximar um pouco mais sobre a resposta de qual será o volume ótimo de treino. Contudo, mais estudos são necessários que analisem as alterações de rendimento depois de diferentes programas de treino e em que se manipulou o raio de intensidade utilizado e a percentagem da perda de velocidade dentro da série para poder conhecer com maior precisão como se modifica a força, resistência ou qualquer variável associada à melhoria do desempenho. Foi neste sentido que o presente estudo foi desenvolvido, sendo um dos primeiros a procurar verificar os efeitos agudos sobre variáveis mecânicas e fisiológicas em resposta a diferentes programas de treino da força.

Ter o conhecimento dos fatores mecânicos e fisiológicos resultantes do treino de força é fundamental para perceber os estímulos que produzem as adaptações neuromusculares

(Crewther, et al., 2005; Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011). Estes estímulos são determinados pela intensidade e pelo volume (Bird, et al., 2005; González-Badillo & Ribas, 2002; Kraemer & Ratamess, 2004). Portanto, torna-se de extrema importância que estes dois fatores estejam claramente definidos para conhecer o esforço real que foi realizado. Contudo as investigações que foram desenhadas para analisar a resposta mecânica e fisiológica resultante de uma sessão de treino de força, utilizaram principalmente protocolos baseados na realização de um número máximo de repetições possíveis com uma carga (Kg) determinada (; Gorostiaga et al., 2010). Recentemente alguns estudos compararam o efeito da perda de velocidade no treino de força, verificando que monitorizando a velocidade das repetições durante o treino, é possível estimar razoavelmente o stress metabólico e a fadiga muscular induzida pelo exercício de força. Tal como sugerido pelo estudo realizado por González-badillo & Shánchez Medina (2011), que utilizaram 15 tipos de programas de exercícios de força, através da observação da perda de velocidade da repetição dentro de cada série, seria possível quantificar o nível real de esforço realizado.

Através dos resultados descritos na Tabela 2, podemos dar conta que o número de repetições necessário para atingir determinada perda de velocidade permitida na série foi menor à medida que a intensidade relativa ia aumentando De acordo com Himano, Raemer, Piering & Olek (2006), um maior número de repetições são realizadas perante intensidades mais baixas. Tal não surpreende uma vez que é inversa a relação entre a intensidade e volume, como podemos comprovar pelos resultados apresentados na Figura 1. Nesta podemos verificar que à medida que a intensidade relativa aumenta e o número de repetições diminui. O número máximo de repetições obtidas aconteceu para uma perda de velocidade de 55% com uma intensidade relativa de 50% RM. Resultados idênticos foram obtidos por, Sánchez-Medina & González-Badillo, (2011), que manipulando o número de repetições de forma a verificar qual a perda de velocidade dentro da série. Os autores observaram que a magnitude da perda de velocidade que se obteve durante o programa de treino da força aumenta gradualmente quando o número de repetições na série se aproxima do número máximo previsto. Ou seja, quanto mais repetições são realizadas, mais perda de velocidade existe e vice versa, o que vai de encontro aos resultados no nosso estudo.

Os resultados acima apresentados eram esperados, porque se sabe que naturalmente existe uma redução da velocidade de execução quando se realiza um maior número de repetições na série, resultante de um desenvolvimento de fadiga neuromuscular (Duffey & Challis, 2007; Izquierdo et al., 2006; Lawton, Cronin & Lindsell, 2006). A fadiga neste estudo foi quantificada através da alteração da VMP entre pré e pós programa de treino, recorrendo à $V1 \text{ m.s}^{-1}$, uma vez que a fadiga é definida como o défice de força que permite sustentar o exercício no nível exigido ou esperado (Bigland-Ritchie & Woods, 1984; Enoka & Stuart, 1992). O exercício resultou num decréscimo da velocidade perante uma carga submáxima ($V1$), que é considerada como uma boa expressão de fadiga neuromuscular (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011).

Tal como está apresentado na Tabela 3, à medida que a perda de velocidade permitida na série aumenta, a perda entre pré e pós treino da velocidade em V1 também apresentou valores de perda superiores, independentemente da carga utilizada. Esta perda, que reflete a fadiga neuromuscular dos indivíduos foi superior com a carga a 50% 1RM. A percentagem de perda de velocidade que apresentou um maior efeito sobre a V1, foi a correspondente a 15% para uma intensidade de 50% e de 80% de 1 RM e a 25% para uma carga entre os 70% e os 80% de 1RM.

Segundo os resultados obtidos os valores da perda em V1 sofreram um maior decréscimo por influência da manipulação da perda de velocidade, quando estas foram de 40% e 55%. Esta percentagem elevada de perda de velocidade de execução do movimento permitida levou à realização de um maior número de repetições. Este aumento no número de repetições provavelmente fez aumentar a fadiga dos participantes e assim aumentar a magnitude da perda velocidade média propulsiva pré-pós com V1. Esta fadiga, refletida diferença entre os valores da velocidade média propulsiva com V1 antes e depois do treino, parece aumentar gradualmente à medida que o número de repetições realizadas em cada série se aproximam do máximo previsto (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011). Estudos recentes (González-Badillo, et al., 2016; Pareja-Blanco, 2016; Pareja- Blanco, et al., 2016; Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011) utilizaram esta variável por forma a quantificar a fadiga neuromuscular durante o programa de treino da força, demonstrando que esta medida é válida para quantificar o grau de fadiga resultante (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011). Como podemos constatar através dos resultados que foram obtidos neste estudo, Figura 4, parece existir uma relação entre elevada entre a concentração do lactato sanguíneo e o aumento da perda de velocidade com V1. Assim, os resultados sugerem que o aumento da perda de velocidade perante a V1, leva a que exista alterações no nível de lactato, tornando assim, a perda de velocidade com carga submáxima uma variável válida para quantificar o grau de fadiga obtido após o treino de força.

Como podemos observar na Tabela 5 e Figura 6, o pico mais elevado de fadiga obteve-se quando nos aproximamos das 13 repetições, para uma perda de 55%, perante uma carga de 50% de 1RM. Para todas as percentagens de perda de velocidade utilizadas no protocolo de treino, a intensidade relativa de 50% 1RM foi aquela que apresentou um grau mais elevado de fadiga muscular. Com o aumento do número de repetições a concentração de lactato sanguíneo também se elevou, como está representado na Figura 6. Resultados semelhantes foram obtidos num estudo prévio (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011), onde o pico de lactato foi obtido entre as 8 e as 12 repetições por série, avaliado no exercício de agachamento e de supino, concluindo que existe uma relação entre a realização de um maior número de repetições e o aumento da concentração de lactato. Daqui se depreende que quando se realizam repetições até ao máximo previsto, poderá originar uma maior produção de lactato. Gorostiaga et al., (2012) comparando 5 séries de 10 repetições e 10 séries de 5 repetições, verificaram que ao realizar um maior número de repetições, surgiu um défice de energia elevado, provocando a

utilização das reservas de PCr, reduzindo em cerca de 21% o ATP e aumentando o nível de lactato. O elevado nível de lactato muscular indica que existiu a ativação da glicólise anaeróbia, quando estamos perante um treino que envolva mais que 10 repetições, como apresentado neste estudo. A queda na produção de energia foi fortemente correlacionada com o défice nas reservas de ATP e no aumento dos níveis de lactato muscular. Isso sugere que uma diminuição nas reservas de ATP, aumentos no lactato e subprodutos do ATP (H^+ , P_i , ADP) das fibras musculares, pode contribuir para a fadiga muscular (Gorostiaga et al., 2012).

Tanto a perda de velocidade pós treino usando a V1 como a concentração de lactato parecem ser bons indicadores do índice de esforço que foi gerado pelo treino de força, uma vez que estas duas variáveis representam a quantificação do grau de fadiga induzida pelo esforço. A Figura e 3 e 5 corroboram o que foi dito anteriormente. Como podemos observar, quanto maior é a perda de velocidade utilizando V1 maior será o índice de esforço, assim como se verifica para a concentração de lactato. Um outro dado que apoia esta questão é o facto de o índice de esforço aumentar consoante o aumento da perda da VMP dentro da série (Tabela 4), tal como foi observado para a V1 e lactato. Independentemente da % de perda da VMP permitida, tal o índice de esforço surgiu superior quando a intensidade relativa foi de 50% de 1RM, demonstrando assim que existe uma relação entre esta variável e as medidas usadas para quantificar o grau de fadiga (V1 e lactato). Sendo que a perda de velocidade com V1 e o lactato refletem de maneira semelhante e precisa a fadiga neuromuscular produzida por diferentes estímulos, podemos assim considerar que o índice de esforço como um bom estimador do grau de fadiga (González-Badillo et al., 2017).

Os nossos resultados pressupõem um avanço considerável para a avaliação e o controlo do treino de força com respeito a estudos prévios (González-Badillo, et al., 2016; Pareja-Blanco, 2016; Pareja-Blanco, et al., 2016; Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011), que indicavam que o grau de fadiga estava determinado só para a perda de velocidade na série. Porém, como foi observado no presente estudo, a velocidade da primeira repetição da série e como consequência o número de repetições necessário para alcançar uma determinada perda de velocidade na série (índice de esforço), também influência de maneira direta no grau de fadiga gerado durante o treino e por tanto, devia ser considerada para calcular o grau de esforço induzido.

Os nossos resultados parecem indicar que se poderá utilizar a perda de velocidade para controlo e programação do treino, conhecendo assim a resposta em termos de fadiga através do aumento do índice de esforço e da concentração de lactato sanguíneo.

Conclusão

Através dos resultados obtidos, podemos referenciar algumas conclusões fundamentais, nomeadamente: i) existiu uma resposta aumentada da fadiga mecânica e fisiológica à medida que se aumentou a percentagem de perda de velocidade na série perante a mesma intensidade relativa; ii) para uma mesma perda de velocidade na série, quanto menor foi a intensidade relativa utilizada, maior foi o grau de fadiga acumulado; iii) perdas de velocidade superiores na série indicam maior grau de fadiga, sendo que em intensidades relativas inferiores a fadiga foi superior a intensidades relativas superiores, para a mesma perda de velocidade; iv) o índice de esforço mostrou ser uma variável válida enquanto expressão do carácter de esforço, o quanto nos permite avançar para o conhecimento da carga que se programa e especialmente da carga interna gerada em cada indivíduo uma vez realizado o treino; e v) independentemente da intensidade da carga, quanto mais forem as repetições realizadas, maior a quebra de velocidade em V1, maior o índice de esforço e maior valor de concentração de lactato sanguíneo. Assim, tais resultados parecem indicar que se poderá utilizar a perda de velocidade para controlo e programação do treino, conhecendo assim a resposta em termos de fadiga através do aumento do índice de esforço e da concentração de lactato sanguíneo.

Implicações práticas

Os resultados do nosso estudo podem também ter impacto nas futuras recomendações e sugestões tanto para a ação dos profissionais do desporto, especialmente relacionados com o treino da força. Assim, considerando os resultados podemos sugerir enquanto implicações práticas:

- Devemos ter em atenção a quantidade de repetições a realizar durante o treino, uma vez que à medida que estas aumentam, independentemente da intensidade, também aumenta a fadiga mecânica e fisiológica;
- Programar o treino segundo a velocidade da primeira série e a perda de velocidade, permite-nos controlar e perceber a resposta mecânica e fisiológica. As elevadas correlações encontradas entre o índice de esforço e as variáveis mecânicas indicadoras de fadiga indicam que se quisermos gerar um determinado grau de esforço, deveríamos programar o treino tomando como referência a velocidade da primeira repetição na série e a perda de velocidade;
- O índice de esforço parece ser uma variável útil para o controlo e pode proporcionar informação sobre o efeito que pode ter uma intensidade relativa sobre a fadiga e sobre a resposta fisiológica dos indivíduos. Os treinadores deverão utilizar este índice como forma de perceção do grau de fadiga durante o treino. Afirmar que o treino com uma intensidade ou raio de intensidades é melhor ou pior que outra não é pertinente se não se controlar o grau de esforço realizado com estas intensidades. Neste âmbito, o índice de esforço parece a variável com maior relação seja com adaptações fisiológicas (como a concentração de lactato) com fadiga mecânica (medida pela perda velocidade).

Sugestões para o futuro

O presente estudo permitiu refletir sobre várias programações do treino da força, e sugerem que mais investigações devem ser realizadas, por forma a consolidar algumas das principais conclusões evidenciadas e procurar novos conhecimentos à cerca do treino da força utilizando a velocidade de execução, enquanto método da programação do treino da força. Assim, deveriam ser desenvolvidos estudos longitudinais, por forma a perceber de que forma os diferentes treinos experimentados neste estudo, influenciam as alterações a longo prazo e talvez dessa forma perceber, qual a fadiga mecânica e fisiológica que deverá ser induzida para a melhoria do rendimento. A relação deste tipo de programação com o rendimento nas diferentes modalidades deverá ser monitorizada e controlada, por forma a perceber a aplicabilidade deste treino para a melhoria do rendimento e de que forma deverá ser adequada às diferentes modalidades. Mais ainda, deverá alargar-se a quantidade de elementos presentes no estudo, assim como variar o nível dos sujeitos e o sexo.

Referências Bibliográficas

- Bigland-Ritchie, B. & Woods J.J. (1984). *Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue*. Muscle and Nerve.
- 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*. Journal of Sports Medicine, 35(10), 841-851. <http://doi.org/10.2165/00007256-200535100-00002>
- Castaneda, C., Layne, J. E., Munoz-Orians, L., Gordon, P. L., Walsmith, J., Foldvari, M., Roubenoff, R., Tucker, K.L., Nelson, M. E. (2002). *A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes*. Diabetes Care, 25(12), 2335-2341. <http://doi.org/10.2337/diacare.25.12.2335>
- Crewther, B., Cronin, J., & Keogh, J. (2005). *Possible stimuli for strength and power adaptation: acute mechanical responses*. Journal of Sports Medicine, 35(11), 967-989.
- Drinkwater, E. J., Lawton, T. W., McKenna, M. J., Lindsell, R. P., Hunt, P. H., & Pyne, D. B. (2007). *Increased number of forced repetitions does not enhance strength development with resistance training*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 21(3), 841-847. <http://doi.org/10.1519/r-20666.1>
- Duffey, M. J., & Challis, J. H. (2007). *Fatigue effects on bar kinematics during the bench press*. The Journal of Strength and Conditioning Research, 21(2), 556-560.
- Enoka, R.M. & Stuart, D.G. (1992). *Neurobiology of muscle fatigue*. Journal Applied Physiology.
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). *Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function*. Journal Applied Physiology, 11-23. <http://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.139477>

- Fry, A. (2004). *The role of resistance exercise intensity on muscle fiber adaptation*. Journal of Sports Medicine. <http://doi.org/10.2165/00007256-200434100-00004>
- González-Badillo, J. J., & Ribas, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. INDE publicaciones. Barcelona (España)
- Gonzalez-Badillo, J. J., Rodriguez-Rosell, D., Sanchez-Medina, L., Ribas, J., LopezLopez, C., Mora-Custodio, R., ... Pareja-Blanco, F. (2016). *Short-term Recovery Following Resistance Exercise Leading or not to Failure: How does manipulating the `level of effort` impact post-exercise recovery? What are potential implications for optimizing athletic performance?* International Journal of Sports Medicine, 37(4), 295-304. <http://doi.org/10.1055/s-0035-1564254>
- González-badillo, J.J & Shánchez Medina, L. (2011). *Fatigue during Resistance Training*, (22), 1725-1734. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>
- González-badillo, J. J., Rodríguez-rosell, D., Sánchez-medina, L., Esteban, M., & Pareja-blanco, F. (n.d.). *European Journal of Sport Science Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training*, (September 2014), 37-41. <http://doi.org/10.1080/17461391.2014.905987>
- 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. <http://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- Gonzalez-Badillo, J. J., Yanez-Garcia, J. M., Mora-Custodio, R., & Rodriguez-Rosell, D. (2017). *Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise*. International Journal of Sports Medicine, 38(3), 217-225
- González-Badillo, J. J., Sánchez-Medina, L., Pareja Blanco, F., & Rodríguez Rosell, D. (2017). *La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de la fuerza*. Ergotech consulting, S.L. Espanha
- Gorostiaga, E. M., Navarro-Amezqueta, I., Cusso, R., Hellsten, Y., Calbet, J. A., Guerrero, M., Granados, C., González-Izal, M., Ibanez, J., & Izquierdo, M.

(2010). *Anaerobic energy expenditure and mechanical efficiency during exhaustive leg press exercise*. PLoS One, 5(10), e13486

- Gorostiaga, E.M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J.A., Hellsten, Y., Cusso, R., Guerrero, M., Granados, C., González-Izal, M., Ibáñez, J., Izquierdo, M. (2012) *Energymetabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not*.
- Gorostiaga, E. M., & Centre, S. M. (2014). *Effect of Movement Velocity during Resistance Training on Neuromuscular Performance*, 2014. <http://doi.org/10.1055/s-0033-1363985>.
- Himano, T. O. S., Raemer, W. I. J. K., Piering, B. A. A. S., & Olek, J. E. F. F. S. V. (2006). *Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men*, 20(4), 819-823.
- Izquierdo, M., Ibanez, J., González-Badillo, J. J., Hakkinen, 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, 100(5), 1647-1656.
- 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. <http://doi.org/10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61>
- Law, P. K. (1981). *Molecular and Cellular Aspects of Muscle Function*. *Molecular and Cellular Aspects of Muscle Function*. <http://doi.org/10.1016/B978-0-08-026817-0.50035-4>
- Lawton, T. W., Cronin, J. B., & Lindsell, R. P. (2006). Effect of interrepetition rest intervals on weight training repetition power output. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 172-176.
- Lemes, Í. R., Ferreira, P. H., Linares, S. N., Machado, A. F., Pastre, C. M., & Netto, J. (2016). *Resistance training reduces systolic blood pressure in metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomised*

controlled trials. British Journal of Sports Medicine, 50(23), 1438-1442.
<http://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094715>

- Marques, M. A. C. (2005). O Treino de Força no Alto Rendimento Desportivo.
- Pallarés, J. G., Sánchez-Medina, L., Pérez, C. E., De La Cruz-Sánchez, E., & Mora-Rodriguez, R. (2014). *Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments*. Journal of Sports Sciences, 32(12), 1165-75.
<http://doi.org/10.1080/02640414.2014.889844>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & González-Badillo, J. J. (2014). *Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance*. International Journal of Sports Medicine, 35(11), 916-924. <http://doi.org/10.1055/s-0033-1363985>
- Pareja-Blanco, F. (2016). *La velocidad de ejecución como factor determinante de las adaptaciones producidas por el entrenamiento de fuerza* (Tesis Doctoral). Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Ribas-Serna, J., Lopez- Lopez, C., Mora-Custodio, R., Yanez-Garcia, J. M., & González-Badillo, J. J. (2016). *Acute and delayed response to resistance exercise leading or not leading to muscle failure*.
- Pareja-Blanco, F., Sánchez-Medina, L., Suárez-Arrones, L., & González-Badillo, J. J. (2016). *Effects of velocity loss during resistance training on performance in professional soccer players*. International Journal of Sports Physiology and Performance, 1-24.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., & González-Badillo, J. J. (2017). *Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations*. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 27(7), 724-735.
- Rhea, M. R. (2004). *Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 18(4), 918-920.

- Ribas-serna, J., Pareja-blanco, F., Rodriguez, D., Luis, S., Mora - Custodio, R., & Y, J. M. (2016). *Acute and delayed response to resistance exercise leading or not leading to muscle failure*. <http://doi.org/10.1111/cpf.12348>

- Sampson, J. A., & Groeller, H. (2015). *Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength?*, 1-9. <http://doi.org/10.1111/sms.12445>

- Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J., Pérez, C., & Pallarés, J. (2013). *Velocity- and Power-Load Relationships of the Bench Pull vs. Bench Press Exercises*. *International Journal of Sports Medicine*, 35(3), 209-216. <http://doi.org/10.1055/s-0033-1351252>

- Sánchez-medina, L., Jose, J., & Sa, L. (2011). *Fatigue during Resistance Training*, (April 2017). <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>

- Silvestre, R., & Newton, R. U. (2016). *Repetitions and Selected Percentages of one in Trained and Untrained men*, (January 2006).

- Toigo, M., & Boutellier, U. (2006). *New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations*. *European Journal of Applied Physiology*, 97(6), 643-663. <http://doi.org/10.1007/s00421-006-0238-1>