

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS
LARA ANTUNES

**AVALIAÇÃO DA ATIVAÇÃO MUSCULAR E DO NÚMERO DE REPETIÇÕES NO
EXERCÍCIO DE EXTENSÃO DE JOELHO REALIZADO NO MÉTODO DE SÉRIES
PAREADAS EM DIFERENTES VELOCIDADES**

Florianópolis
2016.

LARA ANTUNES

**AVALIAÇÃO DA ATIVAÇÃO MUSCULAR E DO NÚMERO DE REPETIÇÕES NO
EXERCÍCIO DE EXTENSÃO DE JOELHO REALIZADO NO MÉTODO DE SÉRIES
PAREADAS EM DIFERENTES VELOCIDADES**

Monografia submetida ao Centro de Desportos da
Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito final para obtenção do título de Graduado
em Educação Física – Bacharelado.

Orientador: Prof. Dr. Juliano Dal Pupo

Coorientador: Prof. Ddo. Ewertton de Souza
Bezerra

Florianópolis
2016.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Antunes, Lara

Avaliação da ativação muscular e do número de repetições
no exercício de extensão de joelho realizado no método de
séries pareadas em diferentes velocidades / Lara Antunes ;
orientador, Juliano Dal Pupo ; coorientador, Ewertton de
Souza Bezerra. - Florianópolis, SC, 2016.

44 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Desportos. Graduação em Educação Física.

Inclui referências

1. Educação Física. 2. Treinamento resistido. 3.
Eletromiografia. 4. Séries pareadas. I. Dal Pupo, Juliano.
II. Bezerra, Ewertton de Souza. III. Universidade Federal
de Santa Catarina. Graduação em Educação Física. IV. Título.

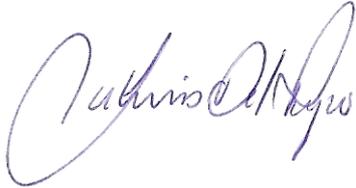
Lara Antunes

**AVALIAÇÃO DA ATIVAÇÃO MUSCULAR E DO NÚMERO DE REPETIÇÕES NO
EXERCÍCIO DE EXTENSÃO DE JOELHO REALIZADO NO MÉTODO DE SÉRIES
PAREADAS EM DIFERENTES VELOCIDADES**

Esta monografia foi avaliada e aprovada para
obtenção do título de Graduado em Educação
Física – Bacharelado.

Florianópolis, 02 de dezembro de 2016

Banca Examinadora:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carlos Augusto', is centered between two horizontal lines.

CDS/UFSC

Prof^a Dr^a Cíntia de La Rocha Freitas
Examinador
CDS/UFSC

Prof. Ddo. Raphael Luiz Sakugawa
Examinador
BIOMECH - CDS/UFSC

Bel^a Morgana Lunardi
Suplente
BIOMECH - CDS/UFSC

Dedico este trabalho a todos que de alguma maneira me ajudaram a torná-lo realidade.

AGRADECIMENTOS

O êxito desse trabalho só se deu devido a colaboração, estímulo e suporte de diversas pessoas, por isso deixo meus agradecimentos a todos que estiveram presentes durante esse processo.

Ao meu orientador Juliano Dal Pupo, por todo ensinamento, confiança e suporte.

Ao meu coorientador Ewertton de Souza Bezerra, pela assistência, conhecimento e segurança transmitidos.

Ao professor Raphael Luiz Sakugawa, por todo o auxílio e aprendizado compartilhado.

A professora Cíntia de La Rocha Freitas, por todo o carinho e ensino ao longo do curso.

Ao meu colega de laboratório Leonardo Werlang, que esteve fielmente presente durante as etapas desse trabalho.

Aos professores Rafael Kons, Rodolfo André Dellagrana e Jonathan Barth, por toda a atenção e apoio.

Ao meu colega de laboratório Jorge Nelson, que além de ser sujeito tanto do estudo piloto quanto da pesquisa, esteve sempre contribuindo.

A todos os sujeitos: Carlos, Clóvis, Douglas, Felipe, José, Jorge, Luiz, Matheus, Phillip, Telmo, Thyago e Victor, que participaram até o final das coletas.

A todos os professores do BIOMECC, pelo convívio, colaboração e conhecimento partilhado.

A todos os meus amigos e colegas de curso que me acompanharam durante essa jornada.

Aos meus pais, que sempre me ajudaram, incentivaram e acreditaram em mim.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte da minha formação.

E a Deus, que colocou todas essas pessoas no meu caminho.

LISTA DE ABREVIATURAS

TR	Treinamento resistido
PAA	Séries pareadas agonista-antagonista
PSE	Percepção subjetiva de esforço
CE	Cadeira extensora
CF	Cadeira flexora
P1	Protocolo 1
P2	Protocolo 2
P3	Protocolo 3
S1	Série 1
S2	Série 2
S3	Série 3
RF	Reto femoral
VL	Vasto lateral
VM	Vasto medial
RM	Repetições máximas
BPM	Batimentos por minuto
EMG	Eletromiografia
MT	Método tradicional
CIVM	Contração isométrica voluntária máxima
RMS	<i>Root Mean Square</i>
INI	Repetição (fase) inicial
FIM	Repetição (fase) final

RESUMO

Para a correta formulação e prescrição de diferentes métodos de treinamento resistido (TR) é de extrema importância compreender sobre as variáveis que os influenciam. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar o número de repetições e atividade eletromiográfica dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL) e vasto medial (VM) durante a extensão de joelho realizado no método de séries pareadas (agonista-antagonista) com diferentes velocidades de execução dos antagonistas (flexores do joelho). Participaram do estudo 12 sujeitos praticantes de TR ($24,1 \pm 3,3$ anos, $177,9 \pm 5,8$ cm, $78,3 \pm 9,7$ kg, $11,92 \pm 3,29$ % gordura corporal). Previamente ao protocolo experimental testes de 10 RM (repetições máximas) foram aplicados nos exercícios cadeira extensora (CE) e cadeira flexora (CF), com o membro inferior preferido. Os protocolos experimentais foram realizados em dias distintos da seguinte forma: protocolo 1 (P1), considerado o controle: realização da CE, sem exercício prévio; protocolo 2 (P2): realização da CE, precedido pela CF executada em velocidade lenta (40 bpm); protocolo 3 (P3): realização da CE, precedido pela CF executada em velocidade rápida (90 bpm). Em todos os protocolos a velocidade de execução da CE foi fixa (60 bpm). Adicionalmente, foram realizadas 3 séries com repetições até a falha concêntrica para todos os protocolos, com intervalo de 1 minuto entre as mesmas. O número de repetições realizadas, a percepção subjetiva de esforço (PSE) e a atividade eletromiográfica dos músculos RF, VL e VM foram registradas em todos os protocolos durante a execução das séries de CE. Verificou-se um aumento significativo do número de repetições realizadas durante os protocolos P2 e P3 vs P1, sem diferenças significativas entre P2 e P3. Não houve diferenças significativas na PSE entre os protocolos. Em relação à ativação muscular, não foi encontrado efeito entre os protocolos testados. Os resultados desse estudo sugerem que diferentes velocidades de execução dos antagonistas não tem efeito sobre o número de repetições e a ativação muscular dos agonistas. Porém, a realização prévia de um exercício para os antagonistas permite um maior desempenho no número de repetições dos agonistas comparado a um protocolo tradicional.

Palavras-Chave: Treinamento resistido. Eletromiografia. Séries pareadas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	8
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 Objetivo Geral	10
1.2.2 Objetivos Específicos	11
1.3 JUSTIFICATIVA	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 TREINAMENTO RESISTIDO.....	13
2.1.1 Variáveis do treinamento resistido	14
2.1.2 Sistemas de treinamento resistido	17
2.2 SÉRIES PAREADAS: ESTUDOS REALIZADOS	19
2.3 ELETROMIOGRAFIA	23
3 MÉTODOS	26
3.1 TIPO DE ESTUDO	26
3.2 PARTICIPANTES	26
3.3 PROCEDIMENTOS E DELINEAMENTO DO ESTUDO	26
3.4 PROTOCOLO DE AVALIAÇÕES	28
3.4.1 Testes de 10 RM.....	29
3.4.2 Avaliação eletromiográfica	29
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	30
4 RESULTADOS	31
5 DISCUSSÃO	35
6 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A seguir será apresentada a contextualização do problema.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

O treinamento resistido (TR) é uma atividade praticada por inúmeras pessoas ao redor do mundo, com os mais variados objetivos, sendo os principais a estética, o emagrecimento, a melhora da condição de saúde e do desempenho físico, entre outros (GENTIL, 2014). Além disso, ele pode ser realizado para o desenvolvimento da força muscular em suas diferentes manifestações, como resistência, potência e força máxima, bem como para provocar adaptações morfológicas como a hipertrofia muscular (KRAEMER; RATAMESS, 2004).

Os benefícios da prática abrangem também outros parâmetros fisiológicos, como melhora dos sistemas cardiovascular e endócrino, do perfil lipídico, da composição corporal, aumento da densidade mineral óssea, controle da taxa metabólica basal e da pressão arterial (PRESTES et al., 2016). Sendo assim, o TR tem a possibilidade de reduzir diversos fatores de risco associados a inúmeras doenças, além de aprimorar a capacidade funcional, resultando em uma melhor qualidade de vida, saúde e desempenho (KRAEMER; RATAMESS; FRENCH, 2002).

O TR, assim como qualquer outro modelo de treinamento físico, deve estar fundamentado e amparado por princípios que garantam efetividade. Assim, para sua correta formulação e prescrição é de extrema importância compreender sobre as variáveis que o influenciam, além da interação existente entre elas (ACSM, 2002; PAZ et al., 2013). Essas variáveis podem ser classificadas em dois grupos: as de volume e as de intensidade de carga. Para a intensidade tem-se o peso/sobrecarga, a velocidade de execução e intervalo entre séries e exercícios; enquanto que para o volume seriam a amplitude de movimento, número de exercícios, séries e repetições (KRAEMER, 1983).

A duração total das sessões de treinamento vem se tornando um fator cada vez mais relevante na prescrição, visto que a população no geral parece apresentar pouco tempo disponível para a prática (PAZ et al., 2014). Sendo este um dos fatores determinantes para o surgimento dos métodos de treinamento, que nada mais são do que o resultado da manipulação e/ou combinação dessas diferentes variáveis do treinamento, visando determinados objetivos e adaptações (PRESTES et al., 2016). Nesse sentido, torna-se interessante e atrativo a aplicação de métodos capazes de reduzir o tempo total da sessão de TR, porém, sem comprometer sua

eficácia. Além disso, as vantagens de treinamentos mais curtos também podem se aplicar aos atletas, que terão a possibilidade de economizar tempo, e assim dar enfoque a outros aspectos relevantes à modalidade.

Baseado nesta premissa de treino eficiente (i.e., pouco tempo, porém com resultados desejáveis), alguns modelos têm sido propostos. Dentre eles, tem-se o modelo de séries pareadas agonista-antagonista (PAA), que se refere à realização sucessiva de exercícios com relação agonista-antagonista, executados de maneira alternada (ROBBINS et al., 2010b). Essa técnica ou metodologia parece produzir efeitos que podem influenciar nas respostas neurais e consequentemente na produção de força. Tem-se sugerido que quando se realiza uma série de exercício para um grupo muscular agonista precedido por uma série de exercício para o grupo muscular antagonista, a associação da fadiga e da inibição neural dos antagonistas pode reciprocamente facilitar o aumento da ativação neural dos agonistas (MAIA et al., 2014).

Alguns estudos já foram realizados buscando investigar os efeitos ou características desse modelo de treino. Paz et al. (2014) compararam a eficácia, a eficiência e o sinal eletromiográfico entre o método tradicional e o de PAA, encontrando um maior volume de treinamento (eficácia) em aproximadamente metade do tempo (eficiência) no método PAA comparado ao tradicional. Já Maia et al. (2014) analisaram os efeitos de diferentes intervalos entre séries pareadas agonistas-antagonistas no desempenho das repetições e atividade muscular, sendo que os resultados indicaram que nenhum intervalo ou intervalos curtos (30 segundos a 1 minuto) entre séries pareadas podem ser mais eficazes para promover um melhor desempenho nas repetições dos músculos agonistas e na ativação muscular. Ainda, outro estudo realizado por Paz et al. (2015) compararam o nível de fadiga neuromuscular entre o de PAA e o método tradicional, no qual se concluiu que o primeiro pode induzir um maior nível de fadiga, fornecendo assim um melhor estímulo do que o segundo.

No que diz respeito à relação das musculaturas agonistas e antagonistas, a execução dos movimentos é caracterizada pela sua coativação (PAZ et al., 2013). Onde a tensão desenvolvida pelos antagonistas atua como um mecanismo de frenagem, responsável pela redução da força e velocidade de movimento promovida pelos agonistas (CARREGARO et al., 2011a). Portanto, os antagonistas proporcionam a estabilidade articular e os agonistas geram sua mobilidade (MAIA et al., 2014).

Além disso, segundo Karst e Hasan (1987), a magnitude da ativação agonista e antagonista durante determinado exercício depende de diversos fatores, como a velocidade e a amplitude de movimento. Em movimentos mais rápidos, a intensidade de ativação da musculatura agonista é maior e a ativação da musculatura antagonista ocorreria mais cedo

(SANTOS; MARCONI, 2008). Ainda nesse contexto, Jaric et al. (1995) verificaram o papel da força dos músculos agonistas e antagonistas no desempenho de movimentos rápidos, concluindo que a força de ambos era importante: agonistas fortes poderiam aumentar a aceleração do membro a ser movido e antagonistas fortes poderiam facilitar a detenção do movimento do membro de maneira rápida, proporcionando assim mais tempo para a aceleração.

A associação da fadiga e da inibição neural dos antagonistas pode reciprocamente facilitar o aumento da ativação neural dos agonistas na técnica de séries pareadas. Porém não se tem referências sobre qual seria a influência de diferentes velocidades de execução do exercício antagonista sobre o exercício agonista, em relação ao número de repetições e ativação muscular. Em grande parte dos estudos previamente citados sobre séries pareadas (PAZ et al., 2013, 2014, 2015), a velocidade de execução utilizada em ambos os exercícios (agonista e antagonista) durante os protocolos experimentais foi constante. Sabe-se que a velocidade é uma importante variável de carga do TR e que pode afetar as respostas neurais, hipertróficas e metabólicas nos exercícios resistidos (ACSM, 2009). Verifica-se assim a necessidade de investigações acerca desta lacuna na literatura, ou seja, sobre a influência da velocidade do movimento no sistema de treinamento de séries pareadas.

Desta forma levanta-se o seguinte questionamento: haverá alterações no número de repetições e atividade eletromiográfica dos músculos extensores do joelho realizado no método de séries pareadas (agonista-antagonista) com diferentes velocidades de execução dos antagonistas (flexores do joelho)?

1.2 OBJETIVOS

Serão apresentados a seguir o objetivo geral e os específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL) e vasto medial (VM) e o número de repetições durante o exercício de extensão de joelho realizado no método de séries pareadas (agonista-antagonista) com diferentes velocidades de execução dos antagonistas (flexores do joelho).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar e comparar a atividade EMG dos músculos RF, VL e VM durante o exercício de extensão de joelho realizado no método PAA, entre protocolos, séries e fases, sendo o exercício antagonista (flexão do joelho) realizado em velocidade lenta (40 bpm);
- Avaliar e comparar a atividade EMG dos músculos RF, VL e VM durante o exercício de extensão de joelho realizado no método PAA, entre os protocolos, séries e fases, sendo o exercício antagonista (flexão do joelho) realizado em velocidade rápida (90 bpm);
- Comparar a atividade EMG dos músculos VL, VM e RF entre os três protocolos testados;
- Avaliar o número de repetições executadas e a percepção subjetiva de esforço (PSE) durante o exercício de extensão de joelho realizado no método PAA com diferentes velocidades de execução dos antagonistas (flexores do joelho).

1.3 JUSTIFICATIVA

Os diversos benefícios do treinamento resistido (TR) já estão fundamentados e comprovados de maneira explícita, e abrangem desde fatores fisiológicos, motores e cognitivos, até os psicológicos e sociais (PRESTES et al., 2016). Porém, a pouca disponibilidade de tempo para o TR está cada vez mais em evidência, necessitando assim de sistemas e métodos de treinamento inovadores, cada vez mais eficientes e de curta duração (PAZ et al., 2014; PRESTES et al., 2016).

No qual, quando comparados aos tradicionais, passam a ser uma alternativa válida e atraente (PAZ et al., 2014). Métodos os quais também podem ser aproveitados por atletas, que ao utilizar menos tempo no TR, tem a oportunidade de aprimorar outros pontos importantes para a modalidade em específico (PAZ et al., 2014). Porém, é necessário um maior aprofundamento científico, visto que a maioria dos métodos elaborados se baseiam apenas no empirismo (FRY, 1999).

Segundo Paz et al. (2014) o método PAA atende a essa eficiência, porém, é de extrema importância a investigação das diferentes variáveis que podem influenciar e aperfeiçoar esse modelo. A velocidade de execução pode ser considerada uma lacuna, visto que é um fator diretamente relacionado a intensidade do TR e que não esteve em evidência na maioria dos estudos, onde se apresentou somente de maneira constante (ACSM, 2009; PAZ et al., 2013, 2014, 2015).

Sendo assim, avaliar o número de repetições e atividade eletromiográfica dos músculos agonistas do exercício de extensão de joelho realizado no método PAA com diferentes velocidades de execução dos antagonistas (flexores do joelho) será o enfoque dessa pesquisa, que poderá também auxiliar e agregar conhecimento aos profissionais da área na prescrição de exercícios.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nos tópicos a seguir da revisão de literatura serão abordados os seguintes assuntos: treinamento resistido (variáveis do treinamento resistido, sistemas de treinamento resistido), séries pareadas: estudos realizados, e eletromiografia.

2.1 TREINAMENTO RESISTIDO

Para melhor compreensão do treinamento resistido (TR) é necessário entender um pouco mais sobre o conceito de força muscular, que segundo Komi (2006) é a força ou o torque máximo que a musculatura pode gerar em determinada velocidade. De uma maneira mais clássica pode-se dizer ainda que a força muscular é a superação de dada resistência através da contração muscular (UCHIDA et al., 2008). Sendo assim, o termo treinamento resistido vem sendo utilizado para descrever exercícios que requerem que os músculos se movam contra certa força de oposição, normalmente advinda de equipamentos (FLECK; KRAEMER, 1999).

A prática do TR vem crescendo e se tornando cada vez mais popular, isso se deve principalmente por seu papel fundamental na melhoria do desempenho motor, aumento da força muscular, potência, velocidade, hipertrofia, resistência muscular localizada, equilíbrio e coordenação (KRAEMER; RATAMESS, 2004). Os benefícios abrangem também outros parâmetros fisiológicos, como melhora dos sistemas cardiovascular e endócrino, do perfil lipídico, da composição corporal, aumento da densidade mineral óssea, controle da taxa metabólica basal e da pressão arterial (PRESTES et al., 2016).

Sendo assim, o TR tem a possibilidade de reduzir diversos fatores de risco associados a inúmeras doenças, além de aprimorar a capacidade funcional, resultando em uma melhor qualidade de vida. Sendo recomendado por organizações como a *American College of Sports Medicine* (ACSM), *American Heart Association*, e *American Association for Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation*, em conjunto com outras modalidades de exercícios (aeróbios e de flexibilidade, por exemplo), para a manutenção e melhoria da saúde e desempenho (KRAEMER; RATAMESS; FRENCH, 2002).

Diversos estudos suportam a inclusão do TR nos programas de exercício, tanto para jovens, adultos, idosos e até mesmo para pessoas com certas patologias. Porém, é necessário, além da idade, considerar as características específicas dos indivíduos, como o nível de condicionamento físico, histórico de treinamento, peculiaridades psicológicas e físicas (KRAEMER; FRAGALA, 2006). Os efeitos do TR também são influenciados pelos aspectos

do estilo de vida que o sujeito leva, como hábitos alimentares, qualidade e quantidade de sono, além de fatores sociais, econômicos e culturais (PRESTES et al., 2016).

Além disso, deve-se atentar ainda às técnicas de execução, biomecânica dos exercícios e variáveis que podem influenciar o treinamento, principalmente pelos profissionais da área, para assim prevenir lesões e maximizar os benefícios associados (MAZZETTI et al., 2000).

2.1.1 Variáveis do treinamento resistido

Visando uma melhor organização e melhorias na prescrição do TR, Kraemer (1983) estabeleceu o conceito das variáveis agudas do treinamento: as variáveis de volume e intensidade de carga e a frequência de treinamento.

As variáveis de volume de carga (amplitude de movimento, número de exercícios, séries e repetições) são aquelas que podem aumentar ou diminuir a quantidade de estímulos aplicados durante uma sessão de treinamento. Já as variáveis de intensidade de carga (peso/sobrecarga, velocidade de execução, intervalo entre séries e exercícios) são aquelas nas quais para um mesmo número de estímulos há alteração no grau de dificuldade e estresse com que o exercício é realizado. Sendo assim, é possível modificar o treinamento através da manipulação dessas variáveis (DESCHENES; KRAEMER, 2002).

Quanto a primeira variável de volume de carga, a amplitude de movimento, Baroni et al. (2016) investigaram o efeito agudo do exercício de flexão de cotovelo utilizando amplitude de movimento completa e parcial, nos marcadores de danos musculares. O torque máximo, a sensibilidade a palpação e a circunferência do braço foram estatisticamente semelhantes entre as duas condições, embora os valores médios tenham sugerido um dano muscular mais expressivo para a condição de amplitude de movimento completa. Apesar de a carga absoluta ter sido maior quando o exercício de flexão de cotovelo foi realizado de forma parcial, a amplitude de movimento completa pareceu produzir um maior dano muscular.

Já no que diz respeito a escolha dos exercícios, ela é definida pelos grupos musculares ativados, e a sequência a ser utilizada durante a sessão de treinamento tem relação direta com o rendimento, a produção de força e a fadiga muscular (HÄKKINEN et al., 1987; SPREUWENBERG et al., 2006). Sendo assim, Gil et al. (2011) estudaram o efeito da ordem dos exercícios para membros inferiores no número de repetições, concluindo que uma variável possui influência sobre a outra, onde os exercícios que foram realizados no final da sessão apresentaram um decréscimo no número de repetições realizadas. Segundo o parecer da ACSM (2002, 2009) recomenda-se a que a sessão de TR tenha início com os exercícios que envolvam

grandes grupamentos musculares, visto que a quantidade de massa muscular recrutada pode afetar diretamente as respostas hormonais e metabólicas ao TR. Contudo, segundo Dias et al. (2010), se determinado exercício, independentemente de envolver grandes ou pequenos grupos musculares, é importante ou prioritário para a sessão de treinamento e objetivo do indivíduo, ele deve ser colocado no início da sessão.

Quanto a variável série, Gotshalk et al. (1997) estudaram as respostas hormonais de múltiplas séries *vs* série única em protocolos de exercícios resistidos pesados, concluindo que um TR com múltiplas séries, comparado a um de série única, promove maiores respostas do hormônio de crescimento (GH) e da testosterona. Ainda nesse contexto, Radaelli et al. (2015) analisaram o efeito de diferentes séries (1, 3 e 5) de exercícios resistidos sobre a força, resistência muscular e hipertrofia em sujeitos sem experiência prévia em TR, concluindo que apesar de todos os grupos apresentarem melhoras significativas na força e resistência muscular, o treinamento com múltiplas séries (3 e 5) foi mais efetivo que o de série única para os ganhos de força.

Com relação a carga, segundo Prestes et al. (2016) ela pode ser definida como a quantidade de peso ou a resistência utilizada durante determinado exercício. A intensidade máxima de carga a ser empregada, por sua vez, sofre influência de outras variáveis do treinamento, como a ordem dos exercícios, intervalos entre séries, número de repetições, entre outros. Para a prescrição da intensidade da carga no TR tem-se utilizado as repetições máximas (RM), ou seja, a utilização de uma carga máxima para a zona de repetições estipulada (PRESTES et al., 2016).

Quanto às ações musculares, a maioria dos programas de TR apresenta em sua composição ações concêntricas, excêntricas e secundariamente as isométricas (PRESTES et al., 2016). No geral, a capacidade de desenvolver uma maior força é mais comum em ações excêntricas (força excêntrica máxima), seguida das isométricas e depois das concêntricas (FLECK; FIGUEIRA JÚNIOR, 2003). Segundo Komi, Kaneko e Aura (1987) as ações excêntricas têm uma menor ativação de unidades motoras, o que exige uma menor quantidade de energia para geração de força. Nesse contexto, Foschini, Prestes, Charro (2007) estudaram a relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio, e constataram que as ações musculares excêntricas têm um melhor efeito sobre essas variáveis comparado às ações concêntricas.

Em relação à velocidade da contração muscular, ela pode ser caracterizada em três tipos: lenta (duração da fase concêntrica e excêntrica maior que 4 segundos), moderada (duração da fase concêntrica e excêntrica maior que 2 segundos e menor que 4 segundos) e

rápida (duração da fase concêntrica e excêntrica menor que 2 segundos) (PRESTES et al., 2016). A duração total de uma repetição deve levar em conta as três ações musculares, a concêntrica, a excêntrica e a isométrica, que é a fase de transição entre as fases concêntrica e excêntrica (SCHOENFELD et al., 2015).

Deste modo, Farthing e Chilibeck (2003) examinaram o efeito do treinamento isocinético excêntrico (ECC) e concêntrico (CON) em duas velocidades distintas (rápida: $180^{\circ} s^{-1}$ e lenta: $30^{\circ} s^{-1}$) sobre a hipertrofia muscular. Neste estudo, 24 sujeitos não treinados foram divididos entre os treinamentos rápido e lento, que consistiram de 8 semanas de treinamento ECC para um dos braços, seguido de mais 8 semanas de treinamento CON para o outro braço. Os resultados demonstraram que o treinamento ECC resultou em maior hipertrofia que o treinamento CON. O treinamento ECC rápido resultou em maior hipertrofia que o treinamento CON rápido e lento. O treinamento ECC lento resultou em maior hipertrofia somente comparado ao treinamento CON rápido, porém não ao treinamento CON lento. O treinamento ECC rápido resultou nos maiores ganhos de força, concluindo assim que ele é o mais efetivo para os ganhos de força e hipertrofia muscular.

Ainda nesse contexto, Pereira, Gomes e Bhambhani (2007) comparam o número máximo de repetições (REPS) até a fadiga voluntária no exercício cadeira extensora com diferentes cargas e velocidades, em indivíduos fisicamente ativos. REPS foram significativamente maiores na carga leve do que na pesada, na velocidade lenta (leve = $8,8 \pm 1,3$; pesada = $5,9 \pm 0,9$) e na rápida (leve = $16,3 \pm 3,9$; pesada = $9,4 \pm 1,9$) e significativamente maiores na velocidade rápida do que na lenta, para ambas as cargas. Concluindo assim que uma maior velocidade de movimento permite um maior número de repetições máximas para uma mesma carga, seja ela leve (60% de 1 RM) ou pesada (80% de 1 RM).

Adicionalmente, o estudo de Pereira e Gomes (2007) comparou o efeito do treinamento contra-resistência isotônico em duas velocidades de movimento sobre os ganhos de força muscular nos exercícios agachamento e supino. Os resultados mostraram ganhos significativos ($P < 0,05$) em ambos os grupos de treinamento (grupo lento = GL e grupo rápido = GR) e em ambos os exercícios para 1 RM (GL: $27,6 \pm 16,8\%$ e $16,8 \pm 11,8\%$; GR: $21,4 \pm 12,6\%$ e $16,2 \pm 14,1\%$, agachamento e supino, respectivamente) e 8-10 RM testado a 25° (GL: $36,0 \pm 22,4\%$ e $14,7 \pm 9,2\%$; GR: $31,1 \pm 19,2\%$ e $18,8 \pm 8,7\%$) e 100° (GL: $27,2 \pm 11,1\%$ e $15,2 \pm 11,4\%$; GR: $23,6 \pm 19,2\%$ e $20,9 \pm 9,8\%$), sem diferenças significativas entre os grupos.

No que diz respeito ao intervalo de descanso entre as séries, ele é mais facilmente definido através dos objetivos, sendo os principais a força máxima, potência, hipertrofia e a resistência muscular (PRESTES et al., 2016). Para hipertrofia e resistência muscular 30

segundos a 2 minutos de intervalo são recomendados, pois promovem maior estado de fadiga, já para a potência e a força máxima são recomendados intervalos acima de 2 minutos, visto que intervalos mais longos promovem maior grau de potência neural (ACSM, 2009; PRESTES et al., 2016).

Por fim, com relação a frequência de treinamento, Prestes et al. (2016) definiram como sendo a quantidade de vezes que uma musculatura ou um grupo muscular é exercitado durante a semana. Sendo ela diretamente relacionada às variáveis do treinamento, ao nível de aptidão física do indivíduo e a capacidade de recuperação da musculatura (ZATSIORSKY; KRAEMER, 2008). Nesse contexto, Schoenfeld, Ogborn e Krieger (2016) realizaram uma revisão sistemática e meta-análise para determinar os efeitos da frequência de TR sobre a hipertrofia muscular. Os resultados revelaram que a mesma tem um impacto significativo sobre a hipertrofia, visto que, baseado nas evidências encontradas, a frequência de duas vezes por semana promoveu resultados hipertróficos superiores a uma vez por semana. Sugere-se então que os grupos musculares devem ser treinados, pelo menos duas vezes por semana para maximizar o crescimento muscular.

Através da manipulação das variáveis apresentadas acima é possível também formular diferentes sistemas de treinamento, que, no geral, são utilizados para gerar e maximizar as adaptações neuromusculares para o TR (RATAMESS et al., 2009; GARCIA et al., 2014). Ainda segundo Ratamess et al. (2009) as variações no TR são essenciais para a evolução ocorrer, visto que o corpo humano se adapta rapidamente aos estímulos recebidos.

2.1.2 Sistemas de treinamento resistido

A pouca disponibilidade de tempo para o TR foi um dos fatores determinantes para o surgimento dos sistemas de treinamento, que nada mais são do que o resultado da manipulação e/ou combinação das diferentes variáveis do treinamento, visando determinados objetivos e adaptações (PRESTES et al., 2016). Fry (1999) destaca ainda que é possível criar mais de um milhão de métodos através do manejo das variáveis, porém, muitos dos métodos elaborados não possuem embasamento científico.

Apesar do conceito de variáveis agudas do treinamento, visto anteriormente, auxiliar na prescrição do TR, os sistemas manejam essas variáveis agudas de diferentes formas, inferindo-se assim que as respostas e alterações no organismo também sejam particulares de cada um deles (PRESTES et al., 2016). Sendo assim, serão apresentadas as definições de alguns a seguir.

O sistema supersérie vem sendo utilizado para descrever diferentes protocolos, visto que na literatura esse termo pode ser encontrado também como bi-set, tri-set, série combinada, entre outros (PRESTES et al., 2016). Geralmente, ele é utilizado para descrever o conjunto de exercícios executados de forma sucessiva para o mesmo grupamento muscular, porém pode também ser visto para descrever protocolos para grupos musculares distintos (ROBBINS et al., 2010).

Nesse contexto, Uchida et al. (2006) compararam os efeitos do método tri-set (TS) e do treinamento convencional de múltiplas séries (MS) sobre a força muscular (1 RM), composição corporal e respostas hormonais em homens treinados. Não houveram diferenças significativas entre os grupos para a força muscular e composição corporal. Quanto as respostas hormonais, não foram encontradas diferenças significativas para a testosterona, porém, para o cortisol, o grupo TS apresentou aumento significativo ($p < 0,05$), fato esse atribuído a maior demanda metabólica imposta pelo método.

Outro sistema similar é o chamado treinamento complexo, que pode ser definido como o conjunto de exercícios biomecanicamente similares executados de forma sucessiva com o intuito de aumentar a potência do segundo exercício via potenciação pós ativação, que é o fenômeno pelo qual a produção de força muscular aguda e a taxa de desenvolvimento de força são reforçadas, como resultado de uma pré-contração (ROBBINS et al., 2010a).

Desta forma, Talpey, Young e Saunders (2016) avaliaram a efetividade do treinamento complexo, sobre as variáveis altura, pico de potência, de força e de velocidade do salto vertical contramovimento (CMJ), e desempenho na corrida de velocidade e salto vertical (parado e com corrida), comparado ao método convencional de treinamento. O grupo de treinamento complexo realizou séries de agachamento parcial antes das séries de salto com agachamento, já o grupo de treinamento convencional realizou os exercícios de forma inversa. Não houveram melhoras significativas no desempenho da corrida de velocidade em nenhum dos grupos, porém o grupo de treinamento complexo teve melhoras no desempenho do salto vertical com corrida comparado ao outro grupo.

Há também um sistema de treinamento que refere-se ao conjunto de exercícios executados de forma sucessiva, porém, para grupos musculares com relação exclusivamente agonista-antagonista, chamado de séries pareadas agonista-antagonistas (ROBBINS et al., 2010b). Esse sistema tem como um dos pressupostos a inibição neural dos músculos antagonistas após a pré ativação no primeiro exercício, o que possivelmente reduz a coativação muscular e aumenta a ativação neural e força dos agonistas (MACKENZIE; RANNELLI; YURCHEVICH, 2010; ROBBINS et al., 2010b). A coativação muscular nada mais é do que a

ação conjunta dos músculos agonistas e antagonistas, sendo assim, através da redução dessa coativação as musculaturas são capazes de se contrair e relaxar de maneira mais organizada e eficaz durante determinado movimento (WILMORE; COSTILL, 1999).

Adicionalmente, Balsamo et al. (2012) também associaram os resultados positivos do método às alterações neurais (órgão tendinoso de Golgi) promovidas pelos antagonistas, o que possibilitaria assim o aperfeiçoamento da atuação dos agonistas via armazenamento de energia elástica e alteração no padrão trifásico. O órgão tendinoso de Golgi (OTG), que localiza-se no tendão, pode descarregar um impulso nervoso capaz de inibir a contração muscular e provocar o relaxamento da musculatura, esse mecanismo funciona como um dispositivo de segurança, pois impede que a musculatura gere uma força excessiva durante a contração (POWERS; HOWLEY, 2009).

Já o padrão trifásico pode ser entendido como a geração de um padrão recíproco de atividade muscular (agonista-antagonista-agonista). Por exemplo, quando executamos uma flexão de cotovelo, o músculo agonista é ativado para gerar a força necessária para acelerar o membro, em seguida inicia-se a atividade da musculatura antagonista, que tem a função de desacelerar o movimento, por fim, tem-se novamente a ativação da musculatura agonista, que desacelerará o membro na posição inicial (SANTOS; MARCONI, 2008). Ainda segundo Santos e Marconi (2008) o sistema nervoso central pode utilizar diferentes estratégias para controlar esses padrões de ativação muscular, dependendo de fatores como amplitude e velocidade de movimento.

2.2 SÉRIES PAREADAS: ESTUDOS REALIZADOS

Evidências recentes têm sugerido que exercitar a musculatura antagonista aumenta de forma aguda o desempenho subsequente da musculatura agonista, um método de treinamento conhecido como séries pareadas agonista-antagonista (PAA) (MAIA et al., 2014).

Logo, Robbins, Young e Behm (2010) investigaram os efeitos agudos no volume de carga (carga X repetições) realizado no método PAA comparado a MT. O MT consistiu na realização de 3 séries dos exercícios remada e supino, adotando-se dois minutos de intervalo entre as séries e utilizando cargas de 4 RM's previamente determinadas. No PAA os procedimentos foram similares, porém, os exercícios eram realizados de maneira alternada. O volume de carga (VC) teve uma queda significativa ($p > 0,05$) na primeira série comparada a segunda, e da segunda para a terceira em ambos os protocolos. O VC de ambos os exercícios foi significativamente menor durante o MT comparado ao PAA em todas as séries, com exceção

da primeira série do exercício remada ($p > 0,05$). O protocolo PAA mostrou-se mais eficiente (VC vs tempo) comparado ao MT. Os dados sugerem ainda que o treinamento de séries pareadas pode ser mais eficaz do que tradicional em termos de manutenção de carga.

Ainda nesse contexto Paz et al. (2014) estudaram o efeito do método PAA comparado ao MT sobre o volume total do treinamento (VTT) ou eficácia, a eficiência (VTT/tempo) e sinal EMG. No MT foram realizadas 3 séries dos exercícios supino vertical (SV) e remada aberta (RA), e no PAA 3 séries pareadas entre o SV e a RA. Adotou-se 2 minutos de intervalo entre as séries em ambos os protocolos, utilizando-se cargas de 10 RM's previamente determinadas. A atividade EMG dos músculos latíssimo do dorso e bíceps braquial foi significativamente maior no PAA em comparação ao MT, já nos músculos peitoral maior e tríceps braquial cabeça longa verificou-se redução significativa no PAA comparado ao MT. Constatou-se ainda um aumento significativo no VTT no método PAA comparado ao MT nos exercícios SV ($p = 0,02$) e RA ($p = 0,001$), conseqüentemente, o PAA apresentou maior eficiência comparado ao MT para os exercícios de SV ($p = 0,0001$) e RA ($p = 0,0001$). Conclui-se assim que o método PAA apresentou maior eficiência e eficácia comparado ao MT, possibilitando maior volume de treinamento (eficácia) em aproximadamente metade do tempo (eficiência).

Adicionalmente, Maia et al. (2014) estudaram os efeitos de diferentes intervalos de descanso entre séries pareadas agonista-antagonista sobre o número de repetições e a EMG. Foram realizados seis diferentes protocolos, utilizando-se cargas de 10 RM previamente determinadas: a) protocolo tradicional (PT): 1 série de CE até a falha; b) séries pareadas com o mínimo de intervalo possível (PMI), ou seja, 1 série de CF seguida imediatamente de 1 série de CE; c) P30: 30 segundos de intervalo entre as séries pareadas de CF e CE; d) P1: 1 minuto de intervalo entre as séries pareadas; e) P3: 3 minutos de intervalo entre as séries pareadas; f) P5: 5 minutos de intervalo entre as séries pareadas. Verificou-se um número significativamente maior de repetições na CE durante os protocolos PMI, P30 e P1 comparado ao protocolo PT. Uma maior ativação EMG do músculo reto femoral foi encontrada durante o exercício CE nos protocolos PMI e P1 comparado aos protocolos PT, P3 e P5, respectivamente. Além disso, uma maior ativação EMG do músculo vasto medial foi encontrada durante o PMI comparado a todos os outros protocolos. Os resultados indicaram que nenhum intervalo ou intervalos curtos (30 segundos a 1 minuto) entre séries pareadas podem ser mais eficazes para promover um melhor desempenho nas repetições dos músculos agonistas e na ativação muscular.

Nessa perspectiva, Nobre, Figueiredo e Simão (2010) estudaram a influência do método PAA sobre o desempenho do movimento de extensão de joelho em homens com experiência em TR. Foram realizados testes de 10 RM nos exercícios CE e mesa flexora. No

protocolo PAA foi realizada uma série pareada dos mesmos exercícios, utilizando-se as cargas adquiridas nos testes de 10 RM. A médias de repetições máximas foram sempre de 10 para o treinamento tradicional (teste de 10 RM) e $13 \pm 1,41$ para o método PAA. Demonstrando assim um aumento no número de repetições máximas (30%) no método PAA quando comparado ao MT.

Deste modo, Paz et al. (2016) tiveram como objetivo verificar o efeito do método PAA na determinação de carga no teste de 10 RM no exercício supino reto no *smith* (SRS). Nas sessões 1 e 2 foram aplicados o teste e reteste de 10 RM no exercício remada aberta sentada (RAS). Nas sessões 3, 4, 5 e 6, aplicou-se o teste e reteste para o exercício SRS em duas condições: tradicional, sem a pré ativação dos antagonistas (SPA), e dentro do método PAA, que consistiu na execução de uma série de RAS até a falha seguida pela tentativa no exercício SRS. Na condição SPA atingiu-se uma média de $99 \pm 10,5$ kg, já no método PAA, com a pré ativação na RAS, obteve-se $102,7 \pm 12,7$ kg. Concluiu-se assim que a pré ativação dos antagonistas pode promover aumento significativo na carga para 10 RM comparado ao modelo tradicional de teste.

Nesse seguimento, Paz et al. (2013) investigaram os efeitos de diferentes protocolos antagonistas no desempenho de repetições máximas e ativação muscular no exercício remada sentada (RS). Foram realizados 4 protocolos distintos: a) protocolo tradicional (PT) - uma série da RS até a falha; b) alongamento do antagonista (AA) - uma série de alongamento estático (40s) para o peitoral maior (PM) seguido por uma série da RS; c) facilitação neuromuscular proprioceptiva antagonista (FNPA) – alongamento (20s de tensão isométrica e 20s de alongamento passivo) para o PM seguido por uma série da RS; d) PAA - uma série de supino até a falha seguido por uma série da RS. Os protocolos foram precedidos por duas sessões de testes de 10 RM para os exercícios supino e RS. Foram registradas as repetições máximas e a atividade eletromiográfica dos músculos grande dorsal (GD), bíceps braquial (BB), cabeça lateral do tríceps braquial (TB) e PM. Constatou-se um aumento significativo no desempenho das repetições no protocolo PAA (14 ± 1) comparado aos protocolos PT ($9 \pm 1,2$), FNPA ($10 \pm 1,5$) e AA ($12 \pm 1,5$). A ativação muscular dos músculos BB e GD foi significativamente maior durante os protocolos PAA e AA comparado aos protocolos PT e FNPA. Esses resultados sugerem que a utilização das abordagens PAA ou AA pode facilitar o aumento no desempenho das repetições na RS comparado a séries de exercícios resistidos tradicionais.

Já Carregaro et al. (2011a) comparam os efeitos de um protocolo de ação recíproca e outro de PAA no desempenho dos extensores do joelho durante um exercício isocinético concêntrico. Foram aplicados 3 protocolos distintos, com 1 minuto de intervalo entre as séries:

o controle (3 séries de 10 repetições de extensão de joelho), o de ação recíproca (3 séries de 10 repetições recíprocas de extensão e flexão de joelho) e o de PAA (3 séries de 10 repetições de flexão de joelho seguida imediatamente por 10 repetições de extensão de joelho). Os testes foram realizados nas velocidades de $60^{\circ} s^{-1}$ e $180^{\circ} s^{-1}$. Não houveram diferenças significativas na percepção de esforço e pico de torque entre os protocolos, em ambas as velocidades.

Ainda nesse contexto, Carregaro et al. (2011b) estudaram o impacto de duas diferentes estratégias de pré-ativação da musculatura antagonista no desempenho neuromuscular e na EMG dos extensores do joelho. Foram realizados dois protocolos de ações musculares isocinéticas com quatro séries de dez repetições a $60^{\circ} s^{-1}$ e intervalo de 1 minuto entre as séries. O primeiro foi de contração recíproca (CR): uma repetição de flexão de joelho (FJ) seguida imediatamente por uma de extensão de joelho (EJ). E o segundo de PAA: dez repetições de FJ seguidas por dez de EJ. Não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre protocolos para o pico de torque e trabalho total, concluindo-se assim que a queda na força muscular não é influenciada pelas diferentes formas de pré-ativação da musculatura antagonista.

Quanto a potência muscular no método PAA, Baker e Newton (2005) estudaram o efeito do método durante lançamentos no supino realizado em um aparelho similar ao *smith*. Eles observaram um aumento na potência no exercício supino com lançamentos três minutos após uma série balística de remada (4,7%), comparado a potência em uma série de supino com arremesso sem intervenção (grupo controle). Porém, segundo Robbins et al. (2010b) foi dado um intervalo mais longo entre as séries de supino para o grupo experimental em comparação ao grupo controle, o que pode ter influenciado os resultados. Ainda, segundo Robbins et al. (2010b) se a intenção do treinamento é o ganho de potência via intervenção antagonista, é provável que a natureza dessa intervenção seja importante. Onde, levando em consideração o princípio da especificidade, movimentos balísticos para membros superiores podem ser aumentados através de movimentos balísticos antagonistas.

Adicionalmente Robbins et al. (2009) estudaram os efeitos de um treinamento no sistema PAA na força de membros superiores e desenvolvimento de potência. Foram avaliados: altura de arremesso (barra), pico de velocidade e de potência no supino com arremesso, e uma repetição máxima (1 RM) nos exercícios supino e remada, antes e depois de um programa de intervenção de 8 semanas. O grupo do protocolo tradicional (PT) realizou as séries de exercícios de puxar antes dos de empurrar, já o grupo PAA realizou os exercícios de forma alternada. As sessões de treinamento do grupo PAA foram completadas em aproximadamente metade do

tempo. Embora não tenham sido encontradas diferenças significativas ($P < 0,001$) nas variáveis dependentes entre as duas condições, houve aumento significativo no 1 RM do supino e remada na condição PAA, já o pico de potência aumentou significativamente sob o PT. Além disso, o tamanho do efeito sugere que o método PAA é mais eficiente (VTT/tempo) do que o PT no que diz respeito ao desenvolvimento de 1 RM no supino e na remada, pico de velocidade, e pico de potência. A atividade eletromiográfica não foi afetada. Os autores concluíram que o sistema de treinamento PAA parece ser um método eficaz de exercício em relação a eficiência e desenvolvimento de força.

O treinamento de séries pareadas agonista-antagonista, baseado no corpo de literatura existente, parece ser um método eficaz e eficiente de desenvolver força, e em menor medida, potência, porém, para melhor entender os possíveis benefícios do método e os mecanismos a ele associados, é necessária mais investigação, sendo necessário também abordagens de pesquisa mais padronizadas (ROBBINS et al., 2010b).

2.3 ELETROMIOGRAFIA

A eletromiografia pode ser definida como uma técnica experimental responsável pelo desenvolvimento, registro e análise dos sinais mioelétricos. Esses sinais, por sua vez, são formados por variações fisiológicas no estado da membrana da fibra muscular, e podem ser influenciados pelas propriedades musculares e anatômicas, além do controle do sistema nervoso periférico e dos instrumentos utilizados para a aquisição dos sinais (ENOKA, 2000; KONRAD, 2005).

Ainda segundo Konrad (2005), o equilíbrio iônico entre o interior e exterior de uma célula muscular forma um potencial de repouso na membrana de sua fibra (cerca de -80 a -90 mV quando não está contraída). A ativação de um motoneurônio alfa do corno anterior (induzida pelo sistema nervoso central) resulta na condução da excitação ao longo do nervo motor. Após a liberação de substâncias transmissoras nas placas motoras, um potencial é formado na fibra muscular inervada por esta unidade motora. As características de difusão da membrana da fibra muscular são brevemente modificadas e os íons sódio fluem.

Esse processo é conhecido como despolarização, que nada mais é do que o aumento na permeabilidade aos íons sódio, que fluem para dentro da célula por meio de sua membrana (potencial passa de - 80 mV para até +30 mV), a repolarização é a segunda fase do potencial de ação, e ocorre logo após a despolarização, onde os íons sódio que estavam no interior da célula

são transportados novamente para fora através de um mecanismo chamado bomba de íons, fazendo assim com que o potencial da membrana volte a ser negativo (KONRAD, 2005).

De forma mais simplificada pode-se dizer que a origem do sinal EMG baseia-se nos potenciais de ação da membrana da fibra muscular, resultante dos processos de despolarização e repolarização da mesma, e reflete diretamente as características de recrutamento e disparo das unidades motoras ativas durante a contração muscular (KONRAD, 2005). Ou seja, é a soma da atividade de todas as unidades motoras que formam o sinal eletromiográfico, e que ao fim poderá ser captada pelos eletrodos posicionados na pele.

Segundo Marchetti e Duarte (2006) o sinal EMG é adquirido por um eletromiógrafo que normalmente está acoplado a um computador. Esse sinal captado no corpo humano é um sinal analógico (sinal contínuo no tempo), que deve então ser convertido para sinal digital (sinal discreto, para certos intervalos de tempo), para assim poder ser registrado pelo computador. Para tanto, torna-se necessário ajustar certos parâmetros durante a aquisição do sinal EMG, dependendo da tarefa e objetivos.

A qualidade da mensuração do sinal EMG depende de fatores como preparação adequada da pele e posicionamento dos eletrodos, que devem estar em contato estável com a mesma (KONRAD, 2005). Dentre os principais procedimentos de preparação tem-se: a) remoção dos pelos: melhora a aderência dos eletrodos, especialmente sob condições de umidade (suor) ou situações que envolvem movimentos dinâmicos; b) limpeza da pele: existem diferentes formas de limpeza, porém, a mais comumente utilizada é a abrasão da pele com algodão embebido em álcool 70%. Os eletrodos mais utilizados na maioria dos estudos cinesiológicos são os de superfície, principalmente devido a sua natureza não invasiva. Porém, sua principal limitação é que apenas músculos superficiais podem ser detectados (HERMENS; FRERIKS, 2000)

O sinal EMG bruto coletado já contém muitas informações importantes, porém, para uma melhor análise quantitativa ele precisa passar por algumas etapas de processamento, aumentando assim a confiabilidade e validade dos dados. Dentre esses processos encontra-se o de retificação, onde primeiramente todas as amplitudes negativas do sinal são convertidas em amplitudes positivas, os picos negativos são “movidos para cima”, para além da linha base. Além de facilitar a leitura, os principais parâmetros de amplitude, como média, pico/valor máximo e área podem ser transcritos para a curva (KONRAD, 2005).

O padrão de interferência da EMG é de natureza aleatória, visto que o conjunto de unidades motoras recrutadas muda constantemente, e assim o sinal EMG bruto não pode ser reproduzido exatamente igual uma segunda vez (KONRAD, 2005). E aí entra mais um dos

processos, a filtragem, que é responsável por minimizar a parte não reprodutível do sinal através de algoritmos de filtragem digital, os quais traçam uma tendência média de desenvolvimento do sinal. Os picos exorbitantes de amplitude são cortados. Um dos algoritmos mais utilizados para a filtragem do sinal é o chamado *Root Mean Square* (RMS), que baseado no cálculo da raiz quadrada, reflete a potência média do sinal (KONRAD, 2005).

Uma das desvantagens na análise EMG é que a amplitude dos dados pode ser fortemente influenciada, podendo variar entre sujeitos, dias e locais dos eletrodos. A normalização do valor de referência é empregada para resolver este problema, onde tem-se utilizado o valor de uma contração isométrica voluntária máxima (CIMV) como referência. A ideia básica é adquirir um percentual máximo da capacidade de inervação. O principal benefício da normalização é a de possibilitar eliminar a influência de determinada condição, como as previamente citadas (KONRAD, 2005).

Na chamada eletromiografia cinesiológica o estudo da ativação neuromuscular dos músculos é realizado em tarefas posturais, movimentos funcionais, condições de trabalho, treinamento, entre outros. Alguns dos benefícios da sua utilização são: detectar o grau e a duração da atividade muscular, avaliar a ocorrência de fadiga, viabiliza também análises para melhoras nas atividades esportivas (FERREIRA; GUIMARÃES; SILVA, 2010). Ainda segundo Ferreira, Guimarães e Silva (2010) a força gerada pelos músculos tem relação com a amplitude do sinal EMG devido às estratégias de recrutamento das unidades motoras.

3 MÉTODOS

Neste tópico serão abordados os seguintes assuntos: tipo de estudo, participantes, procedimentos e delineamento do estudo, protocolo de avaliações (testes de 10 RM, avaliação eletromiográfica) e análise estatística.

3.1 TIPO DE ESTUDO

Quanto a abordagem do problema este estudo pode ser definido como quantitativo, que caracteriza-se pela transformação de informações e dados em números passíveis de análise e classificação, esse tipo de pesquisa considera que tudo pode ser quantificável, e por isso, demanda o uso de técnicas estatísticas (SANTOS, 2011). Quanto a natureza, o estudo classifica-se como aplicado, que tem o objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática (SANTOS, 2011). Segundo Andrade (2001), esse tipo de pesquisa busca transformar os resultados do trabalho em ações concretas. Quanto aos objetivos, pode ser definido como descritivo, que se caracteriza pela explicação de um fenômeno, fato ou evento (MALHOTRA, 2001).

3.2 PARTICIPANTES

Participaram dessa pesquisa 12 homens (24,1±3,3 anos, 177,9±5,8 cm, 78,3±9,7 kg, 11,92±3,29 % gordura corporal), praticantes de TR. Foram adotados como critérios de inclusão: ser praticante de TR pelo menos 6 meses, não apresentar questionário PAR-Q positivo e não ter histórico de lesões osteomusculares no membro inferior preferido. Já os critérios de exclusão foram: não concluir os protocolos experimentais, bem como, realizar sessões de treinamento para membros inferiores nas 48h antes dos testes.

3.3 PROCEDIMENTOS E DELINEAMENTO DO ESTUDO

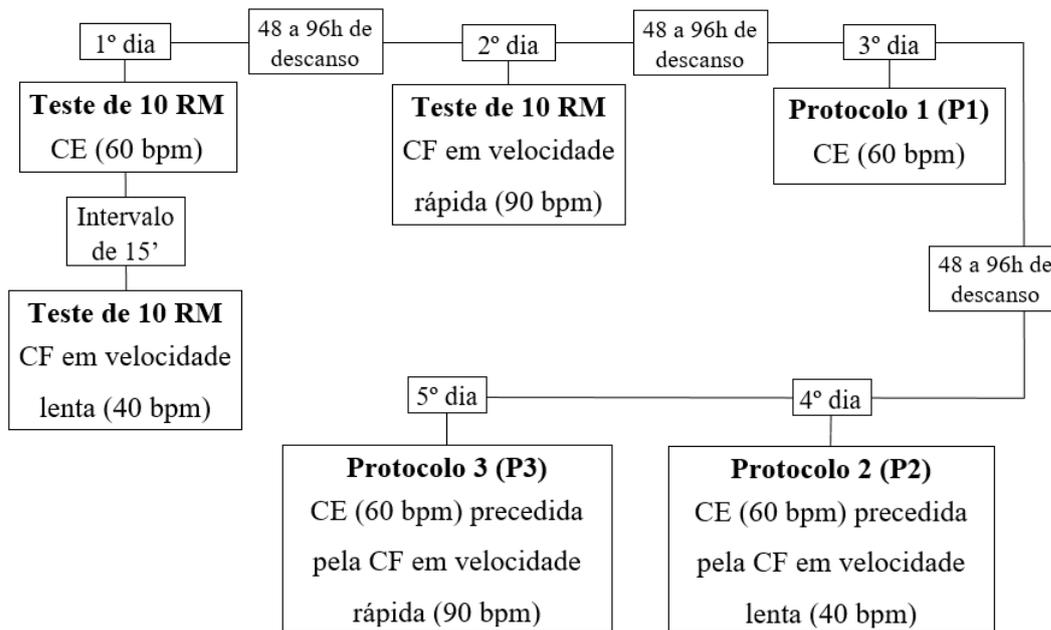
O estudo foi conduzido ao longo de cinco dias de testes não consecutivos realizados no Laboratório de Biomecânica (BIOMECA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Foram avaliados o número de repetições e a atividade eletromiográfica durante o exercício de extensão de joelho (cadeira extensora) realizado no método de séries pareadas (agonista-antagonista), manipulando as velocidades de execução do exercício antagonista (cadeira flexora). Ambos os exercícios foram realizados de forma unilateral, com o membro inferior

dominante, no mesmo aparelho (cadeira extensora/flexora TRG *Fitness* LTDA – *Progress Mix*). Foi considerada a angulação de 80° para flexão total do joelho e 160° para extensão total.

O delineamento do estudo foi o seguinte: nos dois primeiros dias foram realizados os testes para a determinação da carga referente a dez repetições máximas (10 RM), sendo no 1° dia os testes de 10 RM para os exercícios cadeira extensora (CE) e cadeira flexora (CF) executada em velocidade lenta (40 bpm). Respeitou-se o intervalo de 15 minutos entre os referidos exercícios. No 2° dia realizou-se o teste de 10 RM para o exercício CF, dessa vez executada em velocidade rápida (90 bpm). Os testes de 10 RM tiveram como finalidade determinar as cargas a serem utilizadas durante os protocolos experimentais. 3° dia: realizou-se o protocolo 1 (P1), considerado como situação controle, que consistiu na realização do exercício CE sem nenhum exercício prévio. 4° dia: protocolo 2 (P2), realização do exercício CE, precedido pelo exercício CF executado em velocidade lenta (40 bpm). 5° dia: protocolo 3 (P3), realização do exercício CE, precedido pelo exercício CF executado em velocidade rápida (90 bpm).

Em todos os protocolos a velocidade de execução da CE foi fixa (60 bpm). Adicionalmente, foram realizadas 3 séries com repetições até a falha concêntrica para todos os protocolos (em ambos os exercícios), com intervalo de 1 minuto entre as mesmas. Nos protocolos 2 e 3 o intervalo entre a CF e a CE foi apenas para a regulagem da máquina, não ultrapassando o tempo de 15 segundos, seguindo as recomendações de Maia et al. (2014). Foi estabelecido também o intervalo de 48 a 96 horas de descanso entre os dias de teste. As velocidades de execução foram controladas com o auxílio de um metrônomo. O delineamento do estudo está ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Delineamento do estudo.



Fonte: dados do autor.

Notas: CE: cadeira extensora; CF: cadeira flexora; bpm: batimentos por minuto.

O número de repetições realizadas e a atividade eletromiográfica dos músculos RF, VL e VM foram registradas em todos os protocolos durante a execução das séries de CE. Ao final de cada série também foi solicitado aos participantes que fornecessem a percepção subjetiva de esforço (PSE) utilizando-se a escala OMNI para exercícios resistidos (anexo) (ROBERTSON et al., 2003). Antes de todos os protocolos foi realizado um aquecimento para os respectivos exercícios, consistindo de duas séries de 15 repetições com 40% da carga obtida nos testes de 10 RM. As velocidades de execução utilizadas durante o aquecimento foram iguais às do protocolo a ser realizado no dia, também controladas com o auxílio de um metrônomo. Foi determinado o intervalo de 1 minuto antes do início dos protocolos.

3.4 PROTOCOLO DE AVALIAÇÕES

Dentre os protocolos de avaliações tem-se o dos testes de 10 RM e a avaliação eletromiográfica, que serão apresentados a seguir.

3.4.1 Testes de 10 RM

A carga de 10 RM foi definida como o peso máximo levantado por 10 repetições consecutivas respeitando-se as velocidades determinadas. Os testes de 10 RM tiveram como finalidade determinar as cargas a serem utilizadas durante os protocolos experimentais. Antes do início dos testes foi realizado um aquecimento de duas séries de 15 repetições utilizando-se as velocidades de execução pré determinadas para os exercícios, controladas com o auxílio de um metrônomo. Adotou-se o intervalo de um minuto entre as séries de aquecimento e o início do teste. Se as 10 RM não fossem cumpridas na primeira tentativa, o peso era ajustado e era dado um intervalo de 3 a 5 minutos antes da próxima tentativa. Foram permitidas no máximo 5 tentativas por sessão. Foi considerada válida a tentativa em que o sujeito realizasse 10 repetições com o máximo de carga possível, dentro da velocidade pré estabelecida. Foram desconsideradas tentativas em que o sujeito executou o movimento com a técnica incorreta, ou que ocorreu falha concêntrica voluntária antes da décima repetição.

Visando padronizar as execuções e assim reduzir a margem de erro nos testes, foram adotadas as seguintes estratégias (SIMÃO, 2012): a) instruções padronizadas foram fornecidas antes do teste, de modo que o avaliado estivesse ciente de toda a rotina da coleta de dados; b) o avaliado foi instruído sobre a técnica de execução do exercício; c) o avaliador ficou atento quanto à posição adotada pelo praticante no momento do teste; d) estímulos verbais foram dados com o intuito de manter o nível de motivação elevado.

3.4.2 Avaliação eletromiográfica

A atividade eletromiográfica dos músculos RF, VL e VM foi registrada em todos os protocolos durante a execução da CE, utilizando-se a eletromiografia de superfície. Todo o procedimento de EMG foi realizado de acordo com as recomendações da Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia (MERLETTI, 1999). Os eletrodos de superfície bipolares foram posicionados paralelos às fibras musculares e fixos com fita adesiva nos respectivos locais. Previamente a colocação dos eletrodos foi realizada tricotomia e abrasão com álcool 70% sobre a pele. Para o posicionamento dos eletrodos foram adotadas as recomendações anatômicas de Cram e Kasman (1998). Foi realizada também uma marcação na pele para determinar a localização dos eletrodos na primeira sessão de testes, com a finalidade de aplicar o posicionamento idêntico nas sessões seguintes. O sinal EMG foi coletado através

de um eletromiógrafo Wireless de 8 canais (Trigno Wireless EMG Systems - Delsys[®], Califórnia, EUA), com frequência de aquisição 1926 Hz, acoplado a um microcomputador.

Posteriormente os dados brutos coletados foram filtrados, utilizando-se um filtro de passa banda, com frequência de corte de 20-450 Hz. Após a filtragem, foi calculado a média *Root Mean Square* (RMS) do sinal dos músculos envolvidos durante a fase inicial e final do exercício CE, em cada uma das séries. Os valores RMS foram expressos a partir de normalização do sinal EMG. Para tal, foi realizada a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) dos músculos extensores do joelho. Duas CIVM's foram executadas contra uma resistência fixa, a uma angulação de 130°, no mesmo aparelho que foram realizados os exercícios dinâmicos, seguindo as recomendações de Kendall et al. (2005). Cada ativação foi mantida por 5 segundos, com 30 segundos de intervalo entre as duas séries. Para análise da CIVM foi considerada uma janela de 3 segundos estabelecida entre o 2° e 4° segundo do tempo de coleta. O maior valor de RMS das duas CIVM's foi utilizado para normalização.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram inicialmente apresentados utilizando a estatística descritiva (média e desvio-padrão). Após, o teste Shapiro-Wilk foi aplicado para testar a normalidade dos dados. Uma ANOVA multifatorial (protocolo e fase) com medidas repetidas (séries temporais) seguida do post hoc de Bonferroni foi aplicado para determinar se ocorreu diferença significativa ou interação entre os protocolos (P1, P2 e P3). O valor de $p \leq 0,05$ foi adotado para todas as análises inferenciais. O programa utilizado para as análises estatísticas foi o SPSS versão 17.0.

4 RESULTADOS

Na Tabela 1 a seguir está apresentado a média e desvio-padrão do número de repetições realizadas em cada umas das três séries do exercício cadeira extensora em seus respectivos protocolos.

Tabela 1: Número de repetições realizadas nas respectivas séries dos três protocolos testados.

Séries	P1	P2	P3
S1	10±0,43 ^{a*}	12,42±1,93 ^a	12,58±2,23 ^a
S2	7,42±1 ^{b*}	9,17±1,11 ^b	8,92±0,79 ^b
S3	5,83±1,53 ^{c*}	7,75±1,82 ^c	7,75±1,54 ^c
Média	7,75±2,1	9,78±2,39	9,75±2,52

Fonte: dados do autor.

Notas: S1: série 1; S2: série 2; S3: série 3; P1: protocolo 1; P2: protocolo 2; P3: protocolo 3.

As letras a, b e c representam diferença significativa entre as séries, dentro de cada protocolo.

* Representa a diferença do protocolo P1 para os protocolos P2 e P3, em todas as séries.

Foi encontrado interação entre a situação série vs protocolo, onde verificou-se diferença entre os protocolos 1 e 2 em todas as séries: S1 ($p < 0,01$), S2 ($p < 0,01$) e S3 ($p = 0,01$), assim como entre os protocolos 1 e 3: S1 ($p < 0,01$), S2 ($p < 0,01$) e S3 ($p = 0,01$). Contudo, entre os protocolos 2 e 3 não encontrou-se diferença: S1 ($p = 0,83$), S2 ($p = 0,21$) e S3 ($p = 0,81$).

Na Tabela 2 a seguir está apresentado a média da percepção subjetiva de esforço (PSE), que foi obtida ao fim das três séries do exercício cadeira extensora em seus respectivos protocolos, com base na escala OMNI.

Tabela 2: Percepção subjetiva de esforço nas respectivas séries dos três protocolos testados.

Séries	P1	P2	P3
S1	8,92±0,9 ^a	9,08±0,51 ^a	8,75±0,87 ^a
S2	9,58±0,51 ^b	9,75±0,45 ^b	9,33±0,49 ^b
S3	9,92±0,29 ^c	9,83±0,39 ^b	9,92±0,29 ^c
Média	9,47±0,51	9,55±0,41	9,33±0,59

Fonte: dados do autor.

Notas: S1: série 1; S2: série 2; S3: série 3; P1: protocolo 1; P2: protocolo 2; P3: protocolo 3.

As letras a, b e c representam diferença significativa entre as séries, dentro de cada protocolo.

Não obteve-se interação entre as situações série vs protocolo para a PSE. Observou-se efeito apenas entre as séries, em todos os protocolos, em que no P1 verificou-se diferença entre a S1 comparada a S2 ($p < 0,01$) e S3 ($p = 0,01$), e entre a S2 comparada a S3 ($p = 0,05$). No P2 encontrou-se diferença entre a S1 comparada a S2 ($p = 0,01$) e S3 ($p < 0,01$), porém, não encontrou-se diferença entre a S2 comparada a S3 ($p = 0,31$). No P3 verificou-se diferença entre a S1 comparada a S2 ($p = 0,04$) e S3 ($p < 0,01$) e entre a S2 comparada a S3 ($p < 0,01$).

Em relação a análise eletromiográfica (EMG), na Tabela 3 a seguir está apresentada a atividade EMG (% da CVM) do músculo reto femoral, para a repetição inicial (INI) e final (FIM), registradas durante três séries do exercício cadeira extensora, nos três protocolos experimentais.

Tabela 3: Ativação eletromiográfica (% da CVM) do músculo reto femoral durante os protocolos testados.

	P1		P2		P3	
	INI	FIM	INI	FIM	INI	FIM
S1	49,83±18,84	50±16,36	59,58±17,31	68,25±18,19	51±12,55	67,83±18,80
S2	53,66±22,92	61,75±22,45	59,5±14,27	71,25±21,26	53±9,8	61,91±10,29
S3	54,58±19	57,25±19,96	60,58±16	64,83±18,07	57±12,16	63,83±18,16

Fonte: dados do autor.

Notas: S1: série 1; S2: série 2; S3: série 3; P1: protocolo 1; P2: protocolo 2; P3: protocolo 3; INI: repetição inicial; FIM: repetição final.

Não foi observado interação das situações série vs protocolo ($p = 0,12$), série vs fase ($p = 0,28$) e série vs fase vs protocolo ($p = 0,34$). Da mesma forma, não houve efeito entre as séries ($p = 0,30$) (fator tempo). Porém, foi verificado efeito para o fator “fase”, mostrando valores superiores ($p = 0,04$) para a fase final (62,99±2,57) comparado a fase inicial (55,41±2,57), considerando a média dos três protocolos e das três séries.

Na Tabela 4 está apresentada a atividade EMG (% da CVM) do músculo vasto medial para a repetição inicial e final, registradas durante três séries do exercício cadeira extensora, nos três protocolos experimentais.

Tabela 4: Ativação eletromiográfica (% da CVM) do músculo vasto medial durante os protocolos testados.

	P1		P2		P3	
	INI	FIM	INI	FIM	INI	FIM
S1	56,83±25,39	64,16±19,8	50,66±23,03	62,75±27,95	48,25±23,03	63,75±23,86
S2	56,66±20,43	57,08±18,19	48,5±19,97	54,66±21,41	50,83±18,78	64±26,66
S3	60,08±25,94	65,75±29,23	51,66±19,76	54,75±21,49	54,08±17,74	59,58±21,15

Fonte: dados do autor.

Notas: S1: série 1; S2: série 2; S3: série 3; P1: protocolo 1; P2: protocolo 2; P3: protocolo 3; INI: repetição inicial; FIM: repetição final.

Não foi observado interação das situações série vs protocolo ($p = 0,33$), série vs fase ($p = 0,14$) e série vs fase vs protocolo ($p = 0,62$). Nenhum efeito foi observado no fator tempo, ou seja, entre as séries ($p = 0,29$), bem como para os fatores “fase” ($p = 0,12$) e “protocolo” ($p = 0,58$).

Por último, está apresentado na Tabela 5 a atividade EMG (% da CVM) do músculo vasto lateral para a repetição inicial e final, registradas durante três séries do exercício cadeira extensora, nos três protocolos experimentais.

Tabela 5: Ativação eletromiográfica (%) do músculo vasto lateral durante os protocolos testados.

	P1		P2		P3	
	INI	FIM	INI	FIM	INI	FIM
S1	61,25±25,79	65,08±25,9	56,25±23,95	71,58±24,79	53,75±16,38	73,25±23,95
S2	79±31,25	72±21,97	62,66±22,48	76,08±25,53	62,75±24,02	74,66±27,58
S3	74,66±27,01	68,33±19,86	65,25±22,87	71,16±22,26	72,25±29,04	77,16±28,39

Fonte: dados do autor.

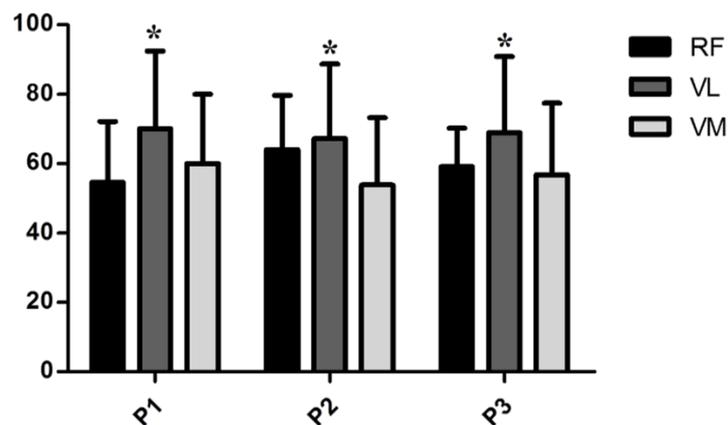
Notas: S1: série 1; S2: série 2; S3: série 3; P1: protocolo 1; P2: protocolo 2; P3: protocolo 3; INI: repetição inicial; FIM: repetição final.

Não foram verificadas interações para as situações série vs protocolo ($p = 0,17$) e série vs fase vs protocolo ($p = 0,81$). Por outro lado, verificou-se interação entre os fatores série vs fase ($p = 0,01$), sendo que a análise post-hoc apontou diferença da fase inicial ($57,67±21,9$)

comparado a fase final ($70,49 \pm 24,52$) ($p = 0,02$) na série 1 (S1) do exercício cadeira extensora. Da mesma forma, verificou-se diferença na S1 ($64,08 \pm 23,97$) comparado a S2 ($71,70 \pm 25,50$; $p < 0,01$) e S3 ($71,96 \pm 24,50$; $p = 0,03$), considerando a média das fases e protocolos.

Analisou-se também a atividade eletromiográfica dos três músculos testados (RF, VM e VL), considerando-se a média das três séries, das duas fases (inicial e final) nos três protocolos, apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Comparação da ativação eletromiográfica dos músculos RF, VL e VM, nos três protocolos testados.



Fonte: dados do autor.

Notas: P1: protocolo 1; P2: protocolo 2; P3: protocolo 3/ RF: reto femoral; VL: vasto lateral; VM: vasto medial

* Diferença significativa do músculo VL comparado aos demais músculos, quando considerada a média dos três protocolos.

Não houve interação entre músculos vs protocolos ($p = 0,69$). Porém verificou-se diferença entre os três músculos analisados ($p = 0,05$), quando considerada a média dos três protocolos. Valores superiores foram obtidos no VL ($68,75 \pm 3,65$) comparado ao VM ($56,86 \pm 3,33$; $p = 0,05$) e ao RF ($59,22 \pm 2,45$; $p = 0,05$), entre RF e VM não houve diferença ($p = 1,0$).

5 DISCUSSÃO

Para a correta formulação e prescrição de diferentes métodos de treinamento resistido (TR) é de extrema importância compreender sobre as variáveis que os influenciam, desta forma, o objetivo central desse estudo foi avaliar a atividade eletromiográfica dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL) e vasto medial (VM) e o número de repetições durante o exercício de extensão de joelho realizado no método de séries pareadas (agonista-antagonista) com diferentes velocidades de execução dos antagonistas (flexores do joelho).

No que diz respeito ao desempenho nas repetições, os resultados mostraram que houve um decréscimo gradativo do número de repetições da primeira para a última série no exercício CE, em todos os três protocolos testados. Essa redução do desempenho ao longo das séries nos protocolos controle (P1) e PAA (P2 e P3) já era esperada, visto que as séries foram realizadas com recuperação incompleta, que foi de 1 minuto. Tal intervalo possivelmente não permitiu a ressíntese dos estoques de fosfocreatina e adenosina trifosfato intramuscular, bem como remoção de metabólitos (MIRANDA et al., 2007), levando os sujeitos a apresentarem fadiga muscular e conseqüentemente redução do desempenho muscular.

Comparando o desempenho entre os protocolos, verificou-se que o número de repetições realizadas no protocolo P1 foi significativamente menor que nos protocolos P2 e P3. Isso sugere que a pré ativação dos antagonistas no exercício de flexão de joelho (P2 e P3) permitiu um maior número de repetições do exercício agonista (extensão de joelho) comparado a um protocolo tradicional (P1), sem pré ativação. Esses resultados corroboram com os achados de outros estudos (ROBBINS; YOUNG; BEHM, 2010; NOBRE; FIGUEIREDO; SIMÃO, 2010; PAZ et al., 2013) que também utilizaram a manipulação da musculatura antagonista como estímulo prévio para favorecer o desempenho da musculatura agonista. Desta forma, a aplicação do método PAA parece facilitar o aumento do número de repetições comparado a exercícios resistidos tradicionais. Contudo, não houve diferenças significativas no número de repetições realizadas na cadeira extensora entre os protocolos P2 e P3, não suportando a hipótese de que diferentes velocidades de execução do antagonista têm efeito sobre o desempenho dos agonistas no método PAA.

Quanto a PSE, os resultados demonstraram uma diferença significativa entre as séries em todos os protocolos testados, com tendência a um aumento gradativo da percepção de esforço da primeira para a última série do exercício cadeira extensora. Porém, quando comparou-se a PSE entre os protocolos não se obteve diferenças significativas, corroborando

com os resultados do estudo de Carregaro et al. (2011a), em que também não obtiveram diferenças significativas na PSE entre um protocolo de PAA e outro tradicional.

Em relação a atividade eletromiográfica, não observou-se interação dos protocolos testados com as séries, bem como considerando as fases do exercício CE (série vs protocolo vs fase), para nenhum dos músculos analisados. Contudo, observou-se interação entre série vs fase para o músculo VL, em que obteve-se maior atividade EMG na fase final comparada a fase inicial na primeira série (S1) do exercício CE, considerando a média de todos os protocolos. Da mesma forma, verificou-se diferença na S1 comparada a S2 e S3, considerando a média de todas fases e protocolos. Quando considerada a média dos três protocolos testados e das três séries encontrou-se maior atividade EMG para a fase final comparada a fase inicial no músculo RF. Nenhum efeito foi observado no fator tempo, ou seja, entre as séries, bem como para os fatores “fase” e “protocolo” para o músculo VM.

Os resultados acima sugerem então que a atividade EMG dos músculos testados não é alterada em função dos protocolos (P1 vs P2 vs P3), ou seja, diferentes velocidades de execução dos antagonistas (flexores do joelho) não têm influência sobre a ativação muscular dos agonistas (extensores do joelho).

Realizando uma comparação entre os músculos avaliados (RF vs VL vs VM), não observou-se interação dos mesmos com os protocolos. Porém, verificou-se diferença entre os três músculos analisados quando considerada a média de todos os protocolos, em que obteve-se maiores valores de EMG do músculo VL comparado ao VM e ao RF; entre RF e VM não encontrou-se diferença. Sendo assim, com base nesses resultados, infere-se que durante a realização do exercício cadeira extensora, independente do protocolo, o músculo do quadríceps mais solicitado seja o VL.

Os achados do presente estudo corroboram com alguns estudos da literatura, que também examinaram aspectos do método de séries pareadas e demonstraram não haver diferenças na atividade EMG comparado a protocolos tradicionais (ROBBINS et al., 2009, 2010a; 2010b). Por outro lado, nossos resultados diferem dos encontrados por Maia et al. (2014) que, apesar de também encontrarem um maior número de repetições dos agonistas, após pré ativação dos antagonistas, ela foi possivelmente associada à maior ativação EMG dos músculos RF e VM, sem diferenças para o músculo VL, comparado a um protocolo tradicional. Porém, cabe ressaltar que a velocidade de execução dos exercícios era constante (dois segundos para a fase concêntrica e dois segundos para a fase excêntrica) e foi realizada apenas uma série de cada exercício. Ainda, segundo Santos e Marconi (2008), para movimentos realizados em

diferentes velocidades, o sistema nervoso central parece modificar a estratégia para modular a atividade EMG agonista e antagonista, o que também poderia explicar a diferença.

Os mecanismos por trás do método de séries pareadas ainda não são completamente esclarecidos. Têm-se sugerido que as alterações do padrão trifásico de coativação, como resultado da pré ativação antagonista, podem ser um possível mecanismo para o aumento do desempenho agonista (BAKER; NEWTON, 2005; BALSAMO et al., 2012). A influência do padrão trifásico tem sido associada a movimentos balísticos, em que há primeiramente uma ação potente da musculatura agonista, responsável pela aceleração inicial do membro, seguida pela ação dos antagonistas, que tem a função de desacelerar o movimento, e por fim tem-se novamente a ação dos agonistas, que auxiliam no redirecionamento do membro a posição inicial (ROBBINS et al., 2010b; SANTOS; MARCONI, 2008). Sendo assim, um encurtamento da fase de desaceleração promovida pelos antagonistas permitiria um período maior de ação da musculatura agonista, que poderia contrair por mais tempo, resultando assim em uma melhoria do desempenho (ROBBINS; YOUNG; BEHM, 2010).

Balsamo et al. (2012) associaram os resultados encontrados a alterações neurais (órgãos tendinosos de Golgi) promovidas pela pré-fadiga dos flexores de joelhos, possibilitando o aprimoramento da ação dos extensores do joelho através do armazenamento de energia elástica e alteração no padrão trifásico. Onde foi verificado um aumento no volume total do treinamento (VTT) em séries múltiplas com cargas de 10 RM nos exercícios cadeira extensora e mesa flexora. Baker e Newton (2005) verificaram aumento significativo na potência muscular durante lançamentos no supino três minutos após uma série de 8RM no exercício de remada e associaram esses resultados à inibição neural dos antagonistas e alteração no padrão trifásico de ativação (agonista-antagonista-agonista). Porém, deve-se considerar que Baker e Newton (2005) e Balsamo et al. (2012) não utilizaram técnicas como a eletromiografia para avaliar respostas neurais durante os protocolos experimentais.

Adicionalmente, Roy et al. (1990) também sugerem que a pré ativação característica do método PAA tem um efeito positivo sobre os músculos agonistas devido ao estímulo facilitador do órgão tendinoso de Golgi (inibidor) dos músculos flexores do joelho e dos fusos musculares (excitatório) dos extensores do joelho. No estudo, a ação dos antagonistas (isquiotibiais), que precedeu a ação dos agonistas (quadríceps), pode ter dessensibilizado os fusos musculares dos isquiotibiais e facilitado neuralmente o desempenho contrátil dos agonistas. Além disso, Aagaard et al. (2000) observaram em seu estudo que impulsos antagonistas dos isquiotibiais neutralizam o cisalhamento do músculo tibial anterior e rotação interna excessiva da tibia, induzidas pelas forças contráteis do quadríceps próximo a extensão total do joelho.

Ainda nesse contexto, Robbins, Young e Behm (2010) observaram que três séries com cargas de 4RM nos exercícios de remada seguida pelo supino reto promoveram aumento significativo no número de repetições no supino reto durante o PAA comparado ao MT. A melhora no desempenho foi associada aos efeitos potenciais da fadiga acumulada devido à pré-ativação dos antagonistas.

Não foram encontrados na literatura estudos que evidenciaram o efeito de diferentes velocidades de execução dos antagonistas (flexores do joelho) sobre os agonistas (extensores do joelho) no método de séries pareadas. Os dados encontrados nesse estudo sugerem que diferentes velocidades de execução dos antagonistas não tem efeito sobre o número de repetições e a ativação muscular dos agonistas. Entretanto, observou-se um maior número de repetições nos protocolos que utilizaram a pré ativação dos antagonistas (P2 e P3) comparados ao protocolo controle (P1), sem pré ativação. De acordo com Robbins et al. (2010b), pausas na fase de ativação dos antagonistas durante o padrão trifásico são usualmente observadas após movimentos balísticos ou rápidos. Sendo assim, alterações no padrão trifásico podem estar associados aos achados desse estudo, principalmente no que diz respeito ao protocolo P2, no qual a velocidade de execução do exercício antagonista foi rápida (90 bpm).

Um ponto importante a ser destacado no presente estudo é que utilizou-se uma máquina convencional de exercícios resistidos para a realização dos testes e a execução de múltiplas séries em cada um dos protocolos, se aproximando assim da realidade dos praticantes da modalidade de treinamento resistido. Outros estudos sobre o método PAA utilizaram equipamentos isocinéticos e realizaram apenas uma série dos exercícios. Por outro lado, como limitações desse estudo, pode-se destacar que a atividade EMG dos isquiotibiais não foi registrada, além disso deve-se considerar também que foram realizados apenas dois exercícios para os membros inferiores, sendo que um programa tradicional de TR normalmente é composto por múltiplos exercícios.

6 CONCLUSÃO

Observou-se um efeito no número de repetições nos protocolos que utilizaram a pré ativação dos antagonistas (P2 e P3) comparados ao protocolo controle (P1), sem pré ativação. Porém, os resultados sugerem que as diferentes velocidades de execução dos antagonistas não têm influência sobre o número de repetições durante o exercício agonista. Quanto a PSE, não houve diferenças significativas entre os protocolos.

Em relação a ativação muscular, não foi encontrado efeito entre os protocolos testados, mostrando que a presença do exercício prévio não altera a ativação dos músculos extensores do joelho. Quando considerada a média de todos os protocolos, obteve-se maior ativação muscular do músculo VL comparado ao VM e ao RF, sugerindo que durante a realização do exercício cadeira extensora, independente do protocolo, o músculo do quadríceps mais solicitado seja o VL.

Conclui-se então que diferentes velocidades de execução dos antagonistas não tem efeito sobre o número de repetições e a ativação muscular dos agonistas. Porém a pré ativação dos antagonistas permite um maior desempenho no número de repetições do exercício agonista comparado a um protocolo tradicional. Sendo assim, o PAA parece ser um método eficaz e eficiente para quem visa obter alto volume de treinamento e, simultaneamente, reduzir a duração da sessão de treinamento.

REFERÊNCIAS

- AAGAARD, P. et al. Antagonist muscle coactivation during isokinetic knee extension. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, Copenhagen, v. 10, n. 2, p. 58-67, abr. 2000.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 34, n. 2, p.364-380, fev. 2002.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Guidelines for exercise testing and prescription**. 8.ed. Philadelphia: The Point, 2009.
- ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- BAKER, D.; NEWTON, R. U. Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 19, n. 1, p.202-205, fev. 2005.
- BALSAMO, S. et al. Exercise order affects the total training volume and the ratings of perceived exertion in response to a super-set resistance training session. **International Journal of General Medicine**, Auckland, v. 5, n. 1, p.123–127, fev. 2012.
- BARONI, B. M. et al. Full range of motion induces greater muscle damage than partial range of motion in elbow flexion exercise with free weights. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, jul. 2016. Epub. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27398917>>. Acesso em: 15 out.
- CARREGARO, R. L. et al. Effects of antagonist pre-load on knee extensor isokinetic muscle performance. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 29, n. 3, p.271-278, fev. 2011a.
- CARREGARO, R. L. et al. Efeitos da ordem de pré-ativação dos músculos antagonistas nas respostas neuromusculares dos extensores do joelho. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. São Carlos, v. 15, n. 6, p. 452-459, dez. 2011b.
- CRAM, J. R.; KASMAN G. S. **Introduction to Surface Electromyography**. ASPEM: Gaithersburg, 1998.
- DESCHENES, M. R.; KRAEMER W. J. Performance and physiologic adaptations to resistance training. **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**, Baltimore, v. 81, n. 11, p. 3-16, nov. 2002.
- DIAS, I. et al. Influence of exercise order on maximum strength in untrained young men. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v. 13, n. 1, p.65-69, jan. 2010.
- ENOKA, R. M. **Bases neuromecânicas da cinesiologia**. São Paulo: Manole, 2000.
- FARTHING, J. P.; CHILIBECK, P. D. The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 89, n. 6, p.578-586, ago. 2003.
- FERREIRA, A. S.; GUIMARÃES, F. S.; SILVA, J. G. Aspectos metodológicos da eletromiografia de superfície: considerações sobre os sinais e processamentos para estudo da

função neuromuscular. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, Campinas, v. 31, n. 2, p.11-30, jan. 2010.

FLECK, S. J.; KRAEMER, J. W. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1999.

FLECK, S. J.; FIGUEIRA JUNIOR, A. **Treinamento de força para fitness & saúde**. São Paulo: Phorte, 2003.

FOSCHINI, D. F.; PRESTES, J.; CHARRO, M. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desenvolvimento Humano**, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 101-106, 2007.

FRY, A. C. Overload and Regeneration during Resistance Exercise. In: LEHMANN, M. et al. **Overload, performance incompetence, and regeneration in sport**. New York: Kluwer Academic/plenum Publishers, 1999. p. 149-161.

GARCIA, P. et al. Comparison between the multiple-set plus 2 weeks of tri-set and traditional multiple-set method on strength and body composition in trained women: a pilot study. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, [S.l.], v. 36, n. 1, p.47-52, 12 set. 2014.

GENTIL, P. **Bases científicas do treinamento de hipertrofia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Sprint, 2014.

GIL, S. et al. Efeito da ordem dos exercícios no número de repetições e na percepção subjetiva de esforço em homens treinados em força. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 25, n. 1, p.127-135, mar. 2011.

GOTSHALK, L. A. et al. Hormonal responses of multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Champaign, v. 22, n. 3, p. 244-255, jun. 1997.

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement producers. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, New York, v. 10, n. 5, p. 361-374, out. 2000.

HÄKKINEN, K. et al. Relationships between training volume, physical performance capacity, and serum hormone concentrations during prolonged training in elite weight lifters. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 8, n. 1, p.61-65, mar. 1987.

JARIC, S. et al. Role of agonist and antagonist muscle strength in performance of rapid movements. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v. 5, n. 71, p.464-468, set. 1995.

KARST, G. M.; HASAN, Z. Antagonist muscle activity during human forearm movements under varying kinematic and loading conditions. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 67, n. 2, p.391-401, jul. 1987.

KENDALL, F. P. et al. **Muscles, testing and function with posture and pain**. 5 ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 2005.

KOMI, P.V. **Força e potência no esporte**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

KOMI, P. V.; KANEKO, M.; AURA, O. EMG activity of the leg extensor muscles with special reference to mechanical efficiency in concentric and eccentric exercise. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 8, n. 5, p. 22-29, mar. 1987.

- KONRAD, P. **The ABC of EMG: A practical introduction to kinesiological electromyography.** Scottsdale: Noraxon, 2005.
- KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 36, n. 4, p.674-688, abr. 2004.
- KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A.; FRENCH, D. N. Resistance training for health and performance. **Current Sports Medicine Reports**, Philadelphia, v. 1, n. 3, p.165-171, jun. 2002.
- KRAEMER, W. J.; FRAGALA, M. S. Personalize it: program design in resistance training. **ACSM'S Health and Fitness Journal**, [S.l.], v. 10, n. 4, p. 7-17, jul. 2006.
- KRAEMER, W. J. Exercise prescription in weight training: a needs analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S.l.], v. 5, n. 1, p.64-65, fev. 1983.
- MACKENZIE, S. J.; RANNELLI, L. A.; YURCHEVICH, J. J. Neuromuscular adaptations following antagonist resisted training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 24, n.1, p.156-164, jan. 2010.
- MAIA, M. F. et al. Effects of different rest intervals between antagonist paired sets on repetition performance and muscle activation. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 28, n. 9, p.2529-2535, set. 2014.
- MALHOTRA, N.K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- MARCHETTI, P. H.; DUARTE, M. **Instrumentação em eletromiografia.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.
- MAZZETTI, S. A. et al. The influence of direct supervision of resistance training on strength performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 32, n. 6, p.1175-1184, jun. 2000.
- MERLETTI, R. Standards for Reporting EMG Data. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. I-II, fev. 1999.
- MIRANDA, H. et al. Effect of two different rest period lengths on the number of repetitions performed during resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 21, n. 4, p.1032-1036, dez. 2007.
- NOBRE, M.; FIGUEIREDO, T.; SIMÃO, R. Influência do método agonista-antagonista no desempenho do treinamento de força para membros inferiores. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v. 4, n. 22, p. 397-401, ago. 2010.
- PAZ, G. A. et al. Effects of different antagonist protocols on repetition performance and muscle activation – original research. **Medicina Sportiva**, [S.l.], v. 17, n. 3, p.106-112, 26 set. 2013.
- PAZ, G. A. et al. Efeito do método agonista-antagonista comparado ao tradicional no volume e ativação muscular. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Pelotas, v. 19, n. 1, p.54-63, jan. 2014.
- PAZ, G. A. et al. Volume load and neuromuscular fatigue during an acute bout of agonist-antagonist paired-set versus traditional-set training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S.l.], v. 24, n. 5, p.1-27, jun. 2015.

- PAZ, G. A. et al. Efeito da pré-ativação dos antagonistas sobre a determinação da carga no teste de 10 repetições máximas no exercício supino reto. **ConsScientiae Saúde**, [S.l.], v. 15, n. 1, p.71-77, mar. 2016.
- PEREIRA, M. I. R.; GOMES, P. S. C.; BHAMBHANI, Y. Número máximo de repetições em exercícios isotônicos: influência da carga, velocidade e intervalo de recuperação entre séries. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S.l.], v. 5, n. 13, p.287-291, out. 2007.
- PEREIRA, M. I. R.; GOMES, P. S. C. Efeito do treinamento contra-resistência isotônico com duas velocidades de movimento sobre os ganhos de força. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S.l.], v. 13, n. 2, p.91-96, abr. 2007.
- PRESTES, J. et al. **Prescrição e periodização do treinamento de força em academias**. 2.ed. Barueri: Manole, 2016.
- POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do Exercício: Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 6. ed. São Paulo: Manole, 2009.
- RADAELLI, R. et al. Dose-response of 1, 2 and 5 sets of resistance exercise on strength, local muscular endurance, and hypertrophy. **Journal of Strength and Conditioning Research**. Champaign, v. 29, n. 5, p. 1349-1358, mai. 2015.
- RATAMESS, N.A. et al. American College of Sports Medicine position stand: progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 41, n. 3, p.687-708, 2009.
- ROBBINS, D. W. et al. Effects of agonist–antagonist complex resistance training on upper body strength and power development. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 27, n. 14, p.1617-1625, dez. 2009.
- ROBBINS, D. W. et al. The effect of a complex agonist and antagonist resistance training protocol on volume load, power output, electromyographic responses, and efficiency. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 24, n. 7, p.1782-1789, jul. 2010a.
- ROBBINS, D. W. et al. Agonist-antagonist paired set resistance training: a brief review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 24, n. 10, p.2873-2882, out. 2010b.
- ROBBINS, D. W. et al. Physical performance and electromyographic responses to an acute bout of paired set strength training versus traditional strength training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 24, n. 5, p.1237-1245, maio. 2010c.
- ROBBINS, D. W.; YOUNG, W. B.; BEHM, D. G. The effect of an upper-body agonist-antagonist resistance training protocol on volume load and efficiency. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 24, n. 10, p.2632-2640, out. 2010.
- ROBERTSON, R. J. et al. Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale for Resistance Exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 35, n. 2, p.333-341, fev. 2003.
- ROY, M. A. et al. Proprioceptive facilitation of muscle tension during unilateral and bilateral knee extension. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 11, n. 4, p.289-292, ago. 1990.
- SANTOS, I.; MARCONI, N. F. A importância das variáveis intrínsecas e extrínsecas no controle dos movimentos. **ConsScientiae Saúde**, São Paulo, v. 3, n. 7, p.385-390, ago. 2008.

SANTOS, S. G. (Org.). **Métodos e técnicas de pesquisa quantitativa aplicada à educação física**. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2011.

SCHOENFELD, B. J. et al. Effects of low-versus high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 29, n. 10, p. 2954-2963, abr. 2015.

SCHOENFELD, B. J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. W. Effects of resistance training frequency on measures of muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, Auckland, v. 46, n. 11, p. 2-13, 21 abr. 2016.

SIMÃO R. et al. Exercise order in resistance training. **Sports Medicine**, Auckland, v. 42, n. 3, p. 251-265, mar. 2012.

SPREUWENBERG, L. P. B et al. Influence of exercise order in a resistance-training exercise session. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 20, n. 1, p.141-144, fev. 2006.

TALPEY, S. W.; YOUNG, W. B.; SAUNDERS, N. Is nine weeks of complex training effective for improving lower body strength, explosive muscle function, sprint and jumping performance? **International Journal of Sports Science and Coaching**, [S.l.], v. 11, n. 5, p.736-745, 7 set. 2016.

UCHIDA, M.C. **Manual de musculação**. Uma abordagem teórico-prática do treinamento de força. 5. ed. São Paulo: Phorte, 2008.

UCHIDA, M. C. et al. Efeito de diferentes protocolos de treinamento de força sobre parâmetros morfofuncionais, hormonais e imunológicos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S.l.], v. 12, n. 1, p.21-26, fev. 2006.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Physiology of Sport and Exercise**. 2. ed. Champaign: Human Kinetics, 1999.

ZATSIORKY, V. M.; KRAEMER, W. J. **Ciência e prática do treinamento de força**. São Paulo: Phorte, 2008.