

Daniela Guimarães Pereira

**EFEITO DA AMPLITUDE DE MOVIMENTO NO NÚMERO MÁXIMO DE
REPETIÇÕES NO EXERCÍCIO SUPINO LIVRE**

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Belo Horizonte
2009

Daniela Guimarães Pereira

**EFEITO DA AMPLITUDE DE MOVIMENTO NO NÚMERO MÁXIMO DE
REPETIÇÕES NO EXERCÍCIO SUPINO LIVRE**

Monografia apresentada à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção dos títulos de Bacharel e Licenciado em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Vitor Lima

Co-orientador: Ms. Rodrigo César Ribeiro Diniz

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Belo Horizonte
2009

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Primeiramente a Deus por me iluminar e guiar durante toda essa jornada.

Aos meus pais, Madalena e João Batista, pelo esforço, apoio e amor que demonstraram por mim durante toda minha vida.

Aos meus irmãos pela paciência.

Ao Cachaça (vulgo Rodrigo) por tudo!!! Pela disponibilidade, paciência, ensinamentos, incentivo. Você foi essencial na realização desse trabalho.

Ao Fernando por acreditar e confiar em mim. Pelo aprendizado que me proporcionou e pelo reconhecimento.

Ao Mauro pelo exemplo de profissionalismo e amor a Educação Física.

A todos os professores e funcionários da EEFFTO.

À Bet e a Dani por compartilharem comigo a coleta dos dados e torná-la mais amena e prazerosa.

A todas as pessoas que nos ajudaram na coletas, em especial ao Willian, e a todos os voluntários que participaram da pesquisa. Sem vocês não seria possível desenvolver esse estudo.

À galera do projeto de Extensão em Musculação: Cinara, Lu, Carlão, Diego, Rafa, Sandrinha, Boi, Guilherme e a todos os outros membros do projeto. Agradeço também aos alunos da academia Malhe Direito e da EF pela confiança e por auxiliarem no meu aprendizado.

Às minhas amigas Débora e Aline (Frouxa) por serem tão especiais na minha vida. Vocês são presentes de Deus para mim.

À Cássia, pela amizade sincera e essencial que construímos durante todo o curso e principalmente durante esse ano. Você não pode imaginar o quanto te admiro.

À Angel pela amizade, carinho, risadas, companheirismo e por corrigir minha monografia mesmo com tão pouco tempo disponível.

Ao Breno, Henrique, Lê, Cris, Fê, Baiana (Aline), Renatinha e ao Manguito por me proporcionar momentos inesquecíveis na faculdade.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a elaboração desse trabalho.

MUITO OBRIGADA!!!

“O pensamento é como a águia que só alça vôo nos espaços vazios do desconhecido. Pensar é voar sobre o que não se sabe.”

Rubem Alves, *A alegria de ensinar*

RESUMO

A amplitude de movimento (ADM) é uma variável capaz de influenciar a carga de treinamento, sendo que essa influência pode ser verificada nos componentes, como o volume e a intensidade. No treinamento na musculação o volume pode ser quantificado pelo número de séries e repetições. Desta forma, sendo o volume um dos componentes que determina as características de um programa de treinamento e consequentemente as adaptações resultantes, o objetivo do presente estudo foi comparar o número máximo de repetições (NMR) realizado no exercício supino livre, em um protocolo de treinamento considerando duas amplitudes de movimento: completa e parcial. Participaram desse estudo 14 voluntários do sexo masculino, treinados na musculação há pelo menos seis meses. A coleta ocorreu no Laboratório do Treinamento em Musculação, em 4 dias diferentes. Na primeira sessão foi realizada uma familiarização ao teste de uma repetição máxima (RM), juntamente com a determinação do posicionamento dos indivíduos para a execução do exercício. Na segunda sessão, foi repetido o teste com o mesmo protocolo adotado no primeiro dia. No terceiro e quarto dias foram executadas as sessões de treinamento com ADM parcial (ADM_P) e completa (ADM_C), determinadas de forma aleatória e balanceada para cada voluntário. O protocolo de treinamento consistiu do NMR realizado em quatro séries a 50% de 1RM, com um minuto de pausa entre as séries. A ADM_C foi delimitada pelo toque da barra em um anteparo de borracha, posicionado sobre o esterno, e pela extensão completa dos cotovelos. A ADM_P foi caracterizada pela metade do deslocamento vertical da barra realizado durante a ADM_C . Para comparação das situações experimentais, foi utilizada uma análise de variância (ANOVA) *two-way* (fator 1 – ADM; fator 2 – séries) com medidas repetidas, seguida pelo *Post hoc Scheffé*. Os resultados mostraram que o NMR realizado em todas as séries da ADM_P foi significativamente maior que o realizado na ADM_C . Durante o treinamento houve uma diminuição significativa no número de repetições realizadas em todas as séries, exceto da terceira para a quarta série, em ambas as amplitudes de movimento. Esses resultados demonstram que a redução da amplitude de movimento durante a realização do exercício supino pode interferir no volume, verificado através do NMR e consequentemente ocasionar alterações nas adaptações que serão obtidas com o treinamento. Entretanto, o NMR apresentou a mesma dinâmica de redução independente da ADM.

Palavras-chave: amplitude de movimento, número máximo de repetições.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Categorias das curvas de torque.....	16
Figura 2	Curva comprimento-tensão de um sarcômero isolado.....	17
Figura 3	Relação comprimento-tensão de um músculo.....	18
Figura 4	Curva força-tempo para as condições de 90% e 75% de 1RM.....	19
Figura 5	Curva força-tempo para a condição de 100% de 1RM.....	20
Figura 6	Curva velocidade-força de um músculo estimulado eletricamente.....	22
Figura 7	Cadeia de comando durante a ativação voluntária de um músculo esquelético.....	23
Figura 8	Relação entre força e velocidade para a condição controle e para a condição de fadiga.....	25
Figura 9	Variáveis estruturais do programa de treinamento na musculação.....	27
Figura 10	Equipamento utilizado.....	33
Figura 11	Delineamento experimental.....	34
Figura 12	Limite superior das amplitudes de movimento completa e parcial.....	35
Figura 13	Limite inferior da amplitude de movimento completa.....	35
Figura 14	Limite inferior da amplitude de movimento parcial.....	36
Gráfico 1	Análise inferencial e médias do NMR em cada série da ADM _C e ADM _P	41
Quadro 1	Componentes da carga de treinamento.....	38

LISTA DE TABELAS

1	Caracterização da amostra.....	40
---	--------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ADM	Amplitude de movimento
ADM _C	Amplitude de movimento completa
ADM _P	Amplitude de movimento parcial
AP	Fase de aceleração
DP	Fase de desaceleração
MSR	Região de força máxima
NMR	Número máximo de repetições
OP	Fase de oscilação
RM	Repetição máxima
SR	<i>Sticking region</i>
UM	Unidade motora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS.....	12
3	HIPÓTESE	13
4	JUSTIFICATIVA	14
5	REVISÃO DE LITERATURA	15
5.1	Força muscular	15
5.2	Fatores que afetam a produção de força muscular	15
5.2.1	Ângulos articulares	16
5.2.2	Ações musculares	21
5.2.3	Relação força-velocidade	22
5.2.4	Fadiga muscular	23
5.3	Carga de treinamento	25
5.4	Variáveis estruturais	27
5.4.1	Amplitude de movimento	28
5.5	Treinamento de força e amplitude de movimento	29
6	METODOLOGIA	32
6.1	Amostras	32
6.2	Instrumentos	32
6.3	Procedimentos	33
6.3.1	Sessões 1 e 2 – Familiarização e teste de 1 RM	34
6.3.2	Sessões 3 e 4 – Treinamento	37
6.4	Análise estatística.....	39
7	RESULTADOS	40
8	DISCUSSÃO	42
9	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	APÊNDICE	53

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o treinamento de força na musculação tornou-se muito popular. Apesar das inúmeras pesquisas científicas desenvolvidas nessa área, a prática de muitos profissionais de Educação Física está marcada por concepções equivocadas, explicações imaginadas e repetição de procedimentos, os quais não contribuem para a consolidação do conhecimento científico e para a prescrição segura e adequada de um programa de treinamento (CHAGAS; LIMA, 2008; KRAEMER; HAKKINEN, 2004).

O treinamento deve provocar adaptações no organismo do indivíduo através de uma determinada carga de treinamento. Essa carga é tradicionalmente dimensionada pelos componentes volume, intensidade, duração, densidade e frequência (WEINECK, 1999). Contudo, esses componentes podem ser influenciados por diversas variáveis, tais como o número de séries, o número de repetições, a pausa, o peso a ser levantado, a duração da repetição e a amplitude de movimento (ADM) (CHAGAS; LIMA, 2008; KRAEMER; RATAMESS, 2004; TAN, 1999). Dessa forma, uma mudança nessas variáveis pode alterar os componentes da carga e conseqüentemente a carga de treinamento.

A amplitude de movimento é definida como deslocamento angular de uma articulação (ENOKA, 1999). Quando esse deslocamento é máximo ela é nomeada amplitude de movimento completa (ADM_C). Entretanto, o movimento pode ocorrer em amplitudes menores que a completa e nesse caso a ADM é denominada parcial (ADM_P). Por exemplo, para o exercício supino, diversos estudos têm utilizado diferentes ADM_P , através de procedimentos diversificados: ângulo de 90° do cotovelo mensurado com goniômetro (MOOKERJEE; RATAMES, 1999), 5 a 12 cm da extensão completa dos cotovelos (MASSEY *et al.*, 2004; MASSEY *et al.*, 2005), $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$ da distância entre tórax e a extensão completa dos cotovelos (CLARK *et al.*, 2008). Entretanto, na prática, a amplitude de movimento é pouco controlada. Este descaso com o controle e manipulação da ADM, resulta em uma limitação no processo de exploração das variáveis do treinamento, pois, a ADM é uma variável capaz de influenciar os componentes da carga de treinamento (CLARK

et al., 2008; MASSEY *et al.*, 2004; MASSEY *et al.*, 2005; MOOKERJEE; RATAMES, 1999; SULLIVAN *et al.*, 1996).

Os estudos que avaliaram o papel do treinamento com diferentes ADM no ganho de força máxima (GRAVES *et al.*, 1989; GRAVES *et al.*, 1992; MASSEY *et al.*, 2004; MASSEY *et al.*, 2005) observaram que todas as ADM investigadas são efetivas para aumentar a força na ADM completa. Contudo, ainda não há um consenso sobre qual amplitude de movimento, completa ou parcial, é mais efetiva para o aumento da força máxima. As distintas metodologias empregadas por esses estudos, os quais utilizaram diferentes critérios para avaliar o ganho de força, diferentes amostras, cargas de treinamento e grupos musculares, tornam o esclarecimento dessa questão mais difícil. Dessa forma, o entendimento sobre a influência de diferentes amplitudes de movimento nos componentes da carga de treinamento, em especial na relação entre volume e intensidade, pode auxiliar na elucidação das respostas encontradas por esses estudos.

2 OBJETIVO

Comparar o número máximo de repetições (NMR) realizado no exercício supino livre, em um protocolo de treinamento considerando duas amplitudes de movimento: completa e parcial.

3 HIPÓTESE

O número máximo de repetições realizadas em todas as séries no supino livre com a ADM parcial será maior quando comparado a ADM completa.

4 JUSTIFICATIVA

No treinamento na musculação o volume pode ser quantificado pelo número de séries e repetições (BAKER *et al.*, 1994; KRAEMER; RATAMESS, 2004). Dessa forma, sendo o volume um dos componentes que determina a característica de um programa de treinamento e conseqüentemente as adaptações resultantes (BIRD *et al.*, 2005; KRAEMER; RATAMESS, 2004; PAULSEN *et al.*, 2003; STARKEY *et al.*, 1996) torna-se necessário ampliar o entendimento sobre a relação entre a ADM e o número máximo de repetições realizadas.

Através desse estudo será possível obter informações importantes, as quais poderão contribuir para a prescrição mais adequada dos programas de treinamento e, assim, auxiliar o trabalho dos profissionais de Educação Física nas salas de musculação.

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Força muscular

O treinamento na musculação é um meio efetivo para aumentar a força muscular. Esse aumento pode ser alcançado através de adaptações neurais e morfológicas (FOLLAND; WILLIAMS, 2007; GABRIEL *et al.*, 2006; HIGBIE *et al.*, 1996; KRAEMER; SPIERING, 2006; SALE, 1988; SEYNNES *et al.*, 2007).

As adaptações neurais são as principais responsáveis pelo aumento da força nas fases iniciais do treinamento (SEYNNES *et al.*, 2007). Essas adaptações ocorrem por melhora da capacidade da coordenação inter e intramuscular, as quais podem ser devidas ao aumento da sincronização e recrutamento das unidades motoras, diminuição dos processos inibitórios e inibição dos Órgãos Tendinosos de Golgi (McARDLE *et al.*, 2003; SALE, 2006).

Após um determinado período de treinamento, incrementos na força são predominantes por adaptações morfológicas (SALE, 2006). Essas adaptações são mais estáveis e envolvem aumento da área de secção transversa do músculo, principalmente pelo aumento da área das fibras musculares (KRAEMER; RATAMESS, 2004; ZATSIORSKY, 1999).

As adaptações neurais e morfológicas promovem aumento crônico da força. Entretanto, existem vários fatores que podem influenciar a produção de força durante um procedimento de avaliação. Estes fatores podem modificar a carga de treinamento e consequentemente as adaptações produzidas a longo prazo.

5.2 Fatores que afetam a produção de força muscular

A magnitude do registro da força externa em um movimento articular não depende somente da ativação muscular, mas também dos ângulos

articulares, da velocidade de contração, das ações musculares e do estado de fadiga.

5.2.1 Ângulos articulares

Durante a realização de um exercício a força produzida varia ao longo da amplitude de movimento treinada. Fatores como tipo de fibra muscular, número de articulações envolvidas no movimento e influência do ângulo articular no braço de momento podem alterar a relação torque x ângulo em diferentes músculos (KULIG *et al.*, 1984). O torque é a eficácia de uma força em produzir rotação de determinado segmento sobre uma articulação. Ele é o produto da força pelo braço de momento dessa força. O braço de momento é a menor distância (perpendicular) entre a linha de ação do músculo e o centro da articulação (HALL, 2005; NEUMANN, 2006). As curvas de torque x ângulo articular geralmente assumem três formas principais: ascendente, descendente e ascendente-descendente (FIG. 1).

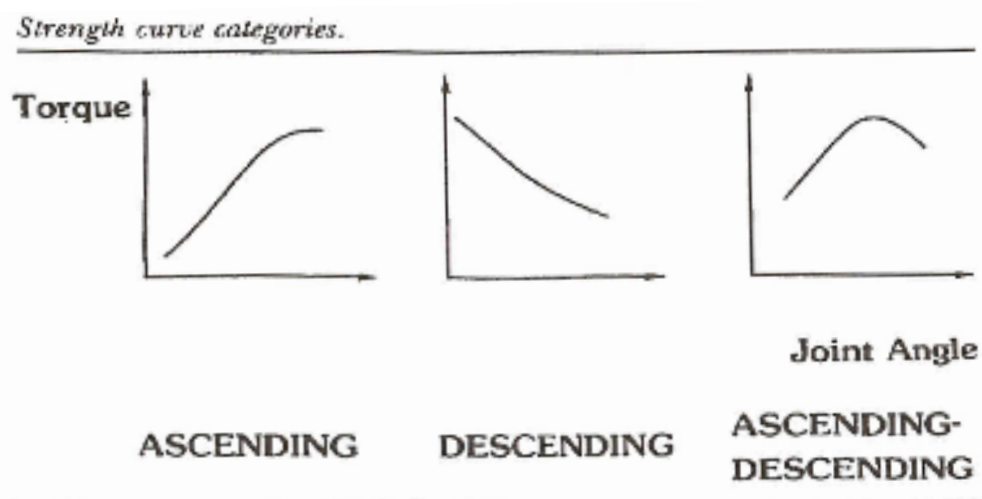


FIGURA 1 – Categorias das curvas de torque.
 Fonte: KULIG *et al.*, 1984, p. 422.

Os principais fatores que determinam alterações na produção de torque de um movimento quando o ângulo articular varia são as mudanças no comprimento muscular e no braço de momento (ZATSIORSKY, 1999).

Mudanças no comprimento muscular estão relacionadas à interação entre a actina e a miosina para a formação de pontes cruzadas e são descritas através da relação comprimento-tensão. A curva comprimento-tensão de uma fibra isolada expressa a relação entre o comprimento do sarcômero e o grau de sobreposição dos filamentos de actina e miosina em função da força gerada. Essa relação mostra que a força de contração máxima concêntrica é produzida quando há uma maior sobreposição dos filamentos de actina e miosina (ponto B e C, FIG. 2). Entretanto, quando esse comprimento ótimo é alterado a produção de força diminui. Isso pode ocorrer quando os sarcômeros estão afastados, portanto há menor sobreposição dos filamentos contráteis (ponto D, FIG. 2), e quando os sarcômeros estão muito encurtados, causando uma dupla sobreposição dos filamentos (ponto A, FIG. 2) (GUYTON; HALL 2006).

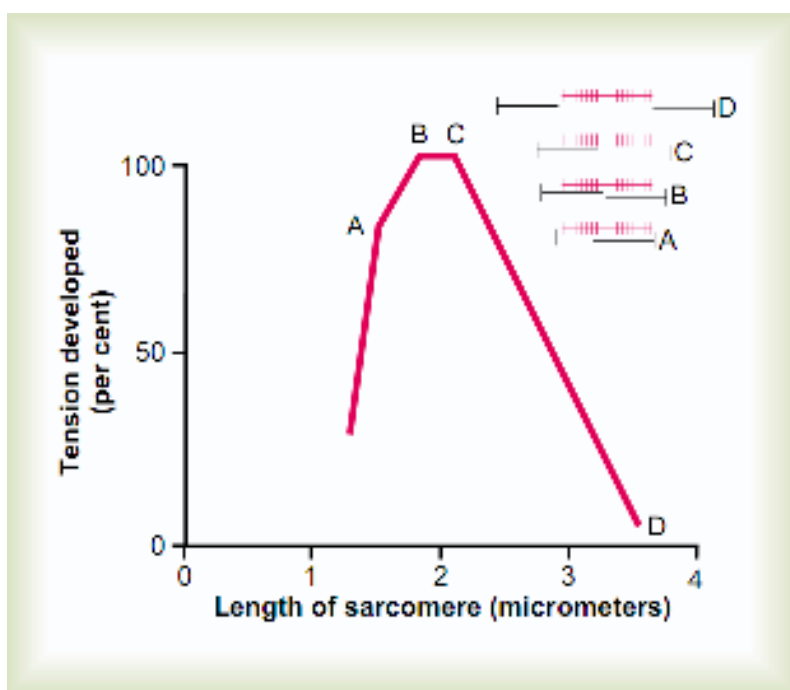


FIGURA 2 - Curva comprimento-tensão de um sarcômero isolado. No canto superior à direita são mostradas as posições relativas dos filamentos de actina e miosina, para diferentes comprimentos dos sarcômeros, do ponto A ao D na curva.

Fonte: GUYTON; HALL, 2006, p.78.

A curva comprimento-tensão não depende somente das forças ativas, como nas curvas obtidas de um sarcomêro único, mas também das forças passivas. Essas forças são representadas pelo tecido conectivo (ex.: epimísio, perimísio e endomísio) e componentes citoesqueléticos (ex.: titina, nebulina) e aumentam à medida que a articulação se aproxima do limite da ADM. Assim, em comprimentos musculares menores a força de um músculo é devida especialmente ao componente ativo e em comprimentos maiores a força é devida às tensões passivas (ENOKA, 2000) (FIG. 3).

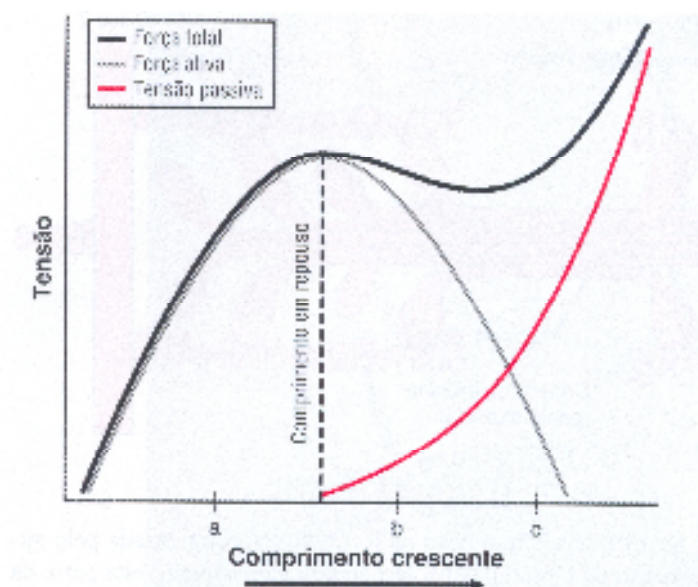


FIGURA 3 – Relação comprimento-tensão de um músculo. A curva cinza representa a tensão produzida pela força ativa e a curva vermelha representa a tensão produzida pelas forças passivas. A interação entre essas duas tensões está representada pela curva preta (força total).

Fonte: NEUMANN, 2006, p. 48.

A relação força-comprimento para um músculo isolado é derivada de uma sucessão de ações isométricas máximas em diferentes comprimentos. Porém, ainda não se sabe como essa relação se altera, por exemplo, em contrações submáximas, dinâmicas e em condições de fadiga (HERZOG; HADDOU, 2006).

Mudanças no braço de momento, devido a alterações no ângulo articular afetam diretamente o torque articular gerado pelo músculo. O braço de

momento pode assumir valores máximos e mínimos ao longo da ADM. Para que um músculo consiga gerar um torque articular constante, é necessário aumentar a produção de força à medida que o braço de momento diminui (HALL, 2005).

Variações na força ao longo do tempo para o exercício supino foram descritas por Lander e colaboradores (1985). Para a ação muscular concêntrica eles observaram três fases principais na curva força-tempo:

Fase de aceleração (AP): porção inicial da atividade na qual acontece o período de aceleração máxima.

Fase de desaceleração (DP): porção final da atividade em que ocorre o período de máxima desaceleração.

Fase de oscilação (OP): porção em que as forças aplicadas e a aceleração são constantes ou variam apenas moderadamente (FIG. 4).

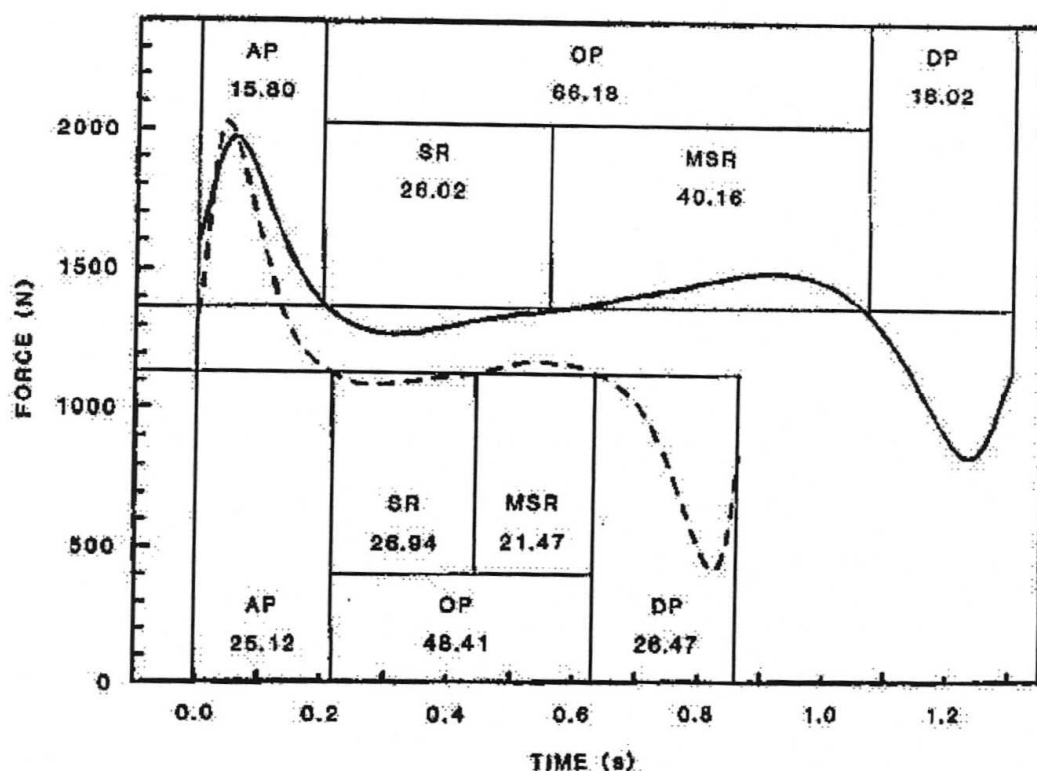


FIGURA 4 – Curva força-tempo para as condições de 90% de 1RM (linha sólida) e 75% de 1RM (linha tracejada). AP representa a fase de aceleração; OP a fase de oscilação; SR a *sticking region*; MSR a região de força máxima e DP a fase de desaceleração.

Fonte: LANDER *et al.*, 1985, p. 346.

Ainda na fase de oscilação, foram determinadas mais duas regiões: a primeira porção da fase de oscilação foi denominada região de desvantagem

mecânica ou *sticking region* (SR) durante a qual a aplicação de força dos sujeitos foi menor que o peso da barra. A segunda porção corresponde à região de força máxima (MSR) gerada na fase de oscilação, na qual a aplicação de força foi maior que o peso da barra. Dessa forma, a região de desvantagem mecânica foi o período entre o pico de velocidade (ponto 3, FIG. 5) e a velocidade mínima (ponto 5, FIG. 5) e a região de força máxima começou depois que a velocidade mínima foi alcançada (ELLIOT *et al.*, 1989).

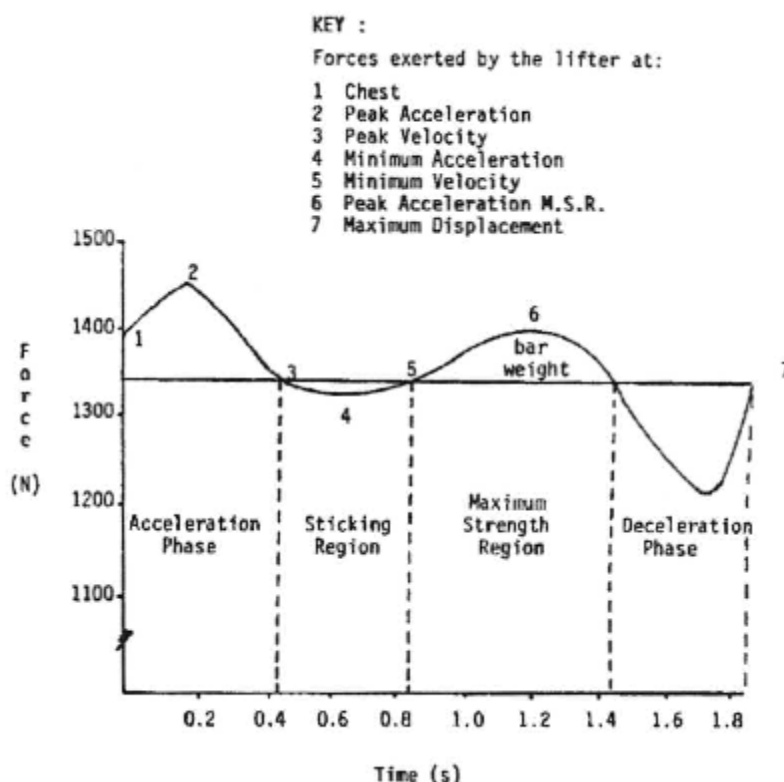


FIGURA 5 – Curva força-tempo para a condição de 100% de 1RM.

Fonte: ELLIOT *et al.*, 1989, p. 453.

Lander e colaboradores (1985) descreveram a região de desvantagem mecânica como sendo a “região da curva força-tempo em que a falha é mais provável de acontecer se o impulso inicial durante a aceleração ou a força aplicada no decorrer do movimento é insuficiente”. Quando a *sticking region* é ultrapassada o potencial de falha diminui, pois a força aplicada é aumentada e equivale ao peso da barra.

Durante a execução do exercício supino a 75% 1RM, Lander e colaboradores (1985) observaram que o pico de força ocorreu a 0,86 cm do

peito, o que corresponde a uma posição relativa, expressa em percentual da ADM total, de 1,78% e a um tempo relativo de 6,96%. Durante a fase de oscilação, o nível de força permaneceu relativamente estável e compreendeu quase 50% do tempo de movimento. A SR ocorreu a 23,77cm do peito, referindo-se a 49,52% da ADM. Os dados dos autores sugerem que esse ponto é relativamente constante entre os sujeitos, independente do peso utilizado (75 ou 90% de 1RM). Entretanto, o peso afeta a duração absoluta da SR, sendo que maiores pesos (90% 1RM) promoveram maiores durações. Na fase de desaceleração houve uma queda expressiva da força, a qual correspondeu a 26,47% do tempo total de movimento.

Dessa forma, a produção de força varia devido a mudanças no braço de momento e no grau de interação dos filamentos de actina e miosina. Esses fatores também determinam a produção de força gerada em cada ação muscular.

5.2.2 Ações musculares

A capacidade de um músculo desenvolver força depende da ação muscular executada. Quando o músculo realiza uma contração sem mudança visível na posição articular a ação muscular é denominada isométrica. Uma ação muscular concêntrica é caracterizada pelo encurtamento da musculatura e nesse caso o torque do músculo é maior que o torque do peso. Já na ação excêntrica o torque do músculo é menor que o torque do peso e dessa forma ocorre um alongamento da musculatura (HAMILL; KNUTZEN, 1999).

Maior força pode ser produzida durante uma contração excêntrica máxima em comparação a uma ação isométrica máxima e concêntrica máxima. (CLARKSON, 1999). Isso ocorre porque durante a contração excêntrica um alongamento dos sarcômeros provoca também um alongamento das estruturas passivas. Dessa forma, à tensão ativa é somada também a tensão passiva e assim a força gerada durante a ação excêntrica é maior (BARROSO *et. al.*, 2005).

5.2.3 Relação força-velocidade

A força produzida por um músculo depende da sua velocidade de contração. A relação força-velocidade indica que à medida que a velocidade de contração aumenta, a capacidade do músculo gerar força reduz (FIG. 6). Isso ocorre porque com o aumento da velocidade pode ocorrer menor formação de pontes cruzadas e dessa forma a força exercida pode diminuir (ENOKA, 2000).

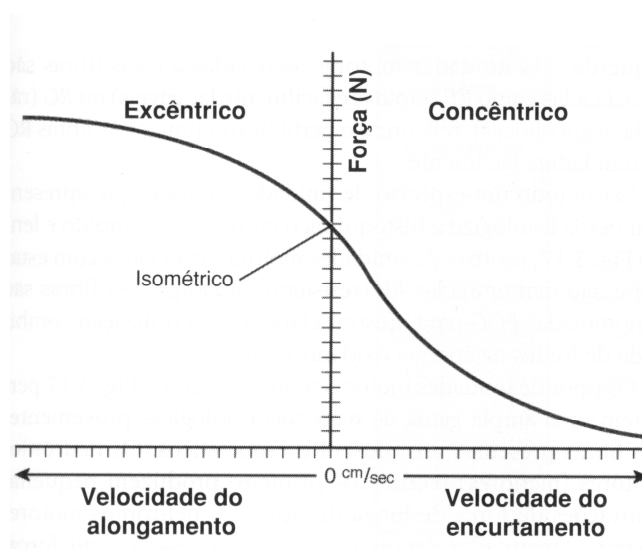


FIGURA 6 – Curva velocidade-força de um músculo estimulado eletricamente. A ativação concêntrica está mostrada à direita e a ativação excêntrica à esquerda. A ativação isométrica ocorre no ponto em que a velocidade corresponde a zero no gráfico.

Fonte: NEUMANN, 2006, p. 51.

Quando a resistência a ser movida ultrapassa o torque muscular isométrico máximo o músculo começa a alongar-se (contração excêntrica) e a velocidade de contração tende a aumentar novamente (EDMAN, 2006).

5.2.4 Fadiga

A fadiga é um fenômeno multifatorial e complexo. Ela pode ser definida como a incapacidade de um indivíduo permanecer por mais tempo realizando um exercício em uma determinada intensidade e duração (RODRIGUES; GARCIA, 1998) ou como a redução na capacidade de um músculo em gerar força (GANDEVIA, 1992).

A atividade muscular voluntária envolve uma seqüência de eventos, desde o aparecimento do estímulo nervoso no cérebro até a produção de força pelo músculo (FIG. 7). Dessa forma, se os mecanismos de fadiga estiverem localizados no cérebro e na medula espinhal a denominação recebida é fadiga central, enquanto que a expressão fadiga periférica é utilizada caso os mecanismos estejam localizados a partir da junção neuromuscular em direção caudal (MaCLAREN *et al.*, 1989).

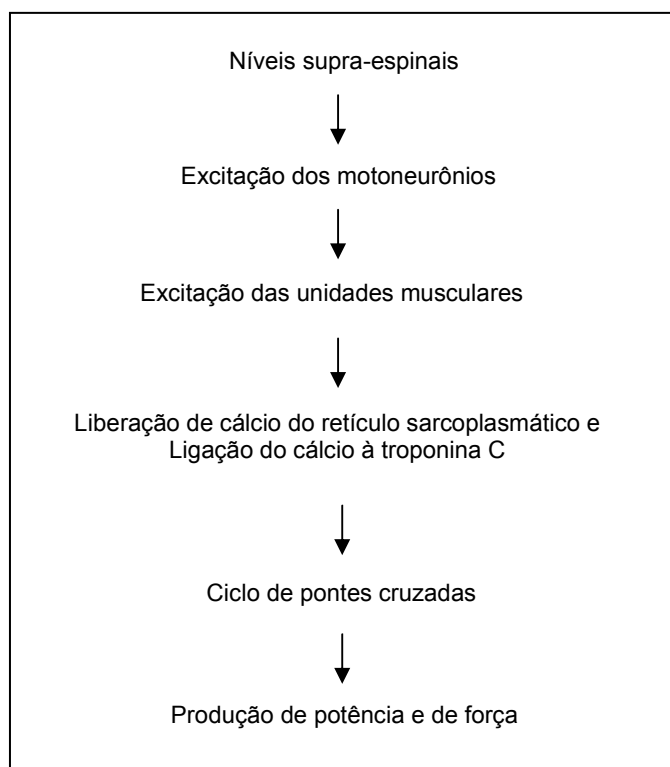


FIGURA 7– Cadeia de comando durante a ativação voluntária de um músculo esquelético.

Fonte: Adaptado de ASTRAND *et al.*, 2006, p. 405.

Segundo MaClaren e colaboradores (1989) a fadiga pode acontecer por uma falha em algum momento da sequência de eventos que desencadeiam a atividade muscular voluntária. Esse modelo parece satisfatório para explicar situações de lesões e patologias específicas, entretanto, há evidências de que em situações fisiológicas o exercício é interrompido antes do organismo ser exposto a um risco na homeostase (NOAKES, 2000; RODRIGUES; GARCIA, 1998). Assim, diante das limitações propostas pelo modelo de falha, Rodrigues e Garcia (1998) desenvolveram o modelo de limites integrados, segundo o qual a fadiga é um mecanismo de defesa, no qual diferentes fatores (temperatura corporal, equilíbrio ácido-básico e hidroeletrólítico, fluxo sangüíneo, ventilação pulmonar, atividade neural e disponibilidade de substratos) podem promover a interrupção voluntária do exercício. Ainda, de acordo com esse modelo, um determinado sistema pode se sobrepôr em relação a outros dependendo das condições ambientais, da intensidade e duração do exercício. Entretanto, o modelo de limites integrados ainda necessita de estudos que o comprove.

O modelo de limites integrados (RODRIGUES; GARCIA, 1998) foi desenvolvido para explicar a fadiga em atividades aeróbias. A aplicação desse modelo em exercícios de força, por exemplo, na musculação, não foi esclarecida e, portanto deve ser realizada com cuidado. Acredita-se que na musculação a fadiga pode estar associada ao volume, intensidade, pausa, distribuição das fibras musculares e tipo de treinamento (KRAEMER; HAKKINEN, 2004). Dessa forma, diferentes cargas de treinamento podem afetar os sistemas que influenciam a fadiga de forma distinta. Machado (2007) realizou um levantamento bibliográfico dos mecanismos envolvidos com a fadiga propostos por Rodrigues e Garcia (1998) durante o treinamento na musculação. Com base nas informações obtidas concluiu-se que provavelmente exista uma influência direta dos sistemas ácido-básico, enzimático, neurohumoral e do acúmulo de metabólitos no desencadeamento do mecanismo de fadiga nessa modalidade. Entretanto, os fatores cardiovasculares e termorregulatórios e a disponibilidade de substratos parecem exercer uma influência indireta na fadiga.

A fadiga não altera somente a capacidade muscular de produzir força, mas também diminui a velocidade de encurtamento muscular. Curtin e Edman (1994) investigaram fibras únicas intactas de sapos e observaram que

sob condições de fadiga a força isométrica diminuiu e a velocidade máxima de encurtamento também (FIG. 8).

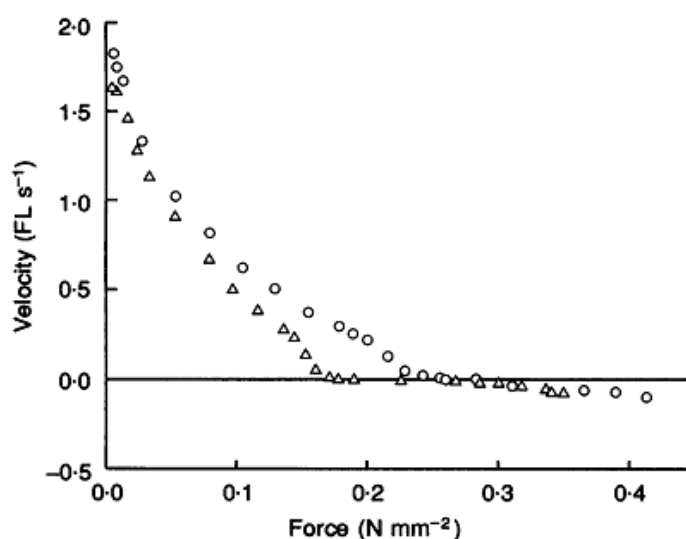


FIGURA 8 – Relação entre força e velocidade para a condição controle (O) e para a condição de fadiga (△).

Fonte: CURTIN; EDMAN, 1994, p. 486.

Portanto, a capacidade de um músculo gerar força pode ser alterada por diversos fatores, os quais podem afetar a capacidade do indivíduo manter uma determinada carga de treinamento.

5.3 Carga de treinamento

A efetividade de um treinamento em promover adaptações ao organismo depende da carga de treinamento aplicada aos exercícios. Carga de treinamento é um estímulo capaz de provocar adaptações ao organismo (ZAKHAROV, 1992), a qual é tradicionalmente composta pelos componentes intensidade, volume, duração, densidade e frequência (WEINECK, 1999).

A intensidade, na musculação, é frequentemente caracterizada pela porcentagem do desempenho individual máximo (WEINECK, 1999). Considerando o peso utilizado, ela pode ser caracterizada como absoluta (peso

levantado por repetição) e relativa (percentual de 1RM) (TAN, 1999). A caracterização da intensidade como percentual do desempenho máximo tem sido utilizada com maior frequência pelos pesquisadores (RHEA *et al.*, 2003).

O volume de treinamento pode ser calculado pelo número de séries e repetições (BARAK *et al.*, 1994; KRAEMER; HAKKINEN, 2004; KRAEMER; RATAMESS, 2004), pelo trabalho total realizado em um determinado tempo, ou seja, pela força (ou peso) vezes deslocamento (TAN, 1999, FLECK; KRAEMER, 1999) e pelo número total de repetições realizadas na sessão de treinamento vezes o peso utilizado (ACSM, 2009). O volume pode ser alterado por mudanças no número de exercícios realizados em cada sessão de treinamento, pelo número de séries por exercício e pelo número de repetições realizados por séries (ACSM, 2009).

Existe uma relação entre o volume e a intensidade de treinamento. Conforme aumenta o volume, a intensidade do exercício tende a diminuir e vice-versa (HOEGER *et al.*, 1990; SHIMANO *et al.*, 2006; WEINECK, 1999).

A duração é entendida como o tempo de aplicação do estímulo desconsiderando as pausas (BADILLO; AYESTARÁN, 2001) e deve ser expressa através de medidas de tempo (CHAGAS; LIMA, 2008).

A densidade é definida como a relação temporal entre a fase de esforço ou de carga pela fase de recuperação (WEINECK, 1999). Segundo Chagas e Lima (2008) na musculação é apropriado considerar nessa relação a pausa imediatamente após o estímulo.

A frequência do treinamento é geralmente estimada pelo número de sessões de treinamento realizado em um dado período de tempo, por exemplo, uma semana (BAECHLE *et al.*, 2000; KRAEMER; RATAMESS, 2004). Ela também pode ser entendida como o número de sessões realizadas por semana por grupo muscular (WERNBOM *et al.*, 2007).

Na musculação, os componentes da carga de treinamento podem sofrer influência de diferentes variáveis, as quais podem intervir nas adaptações agudas e crônicas resultantes (ACSM, 2009; BIRD *et al.*, 2005; TAN, 1999).

5.4 Variáveis estruturais

Segundo Chagas e Lima (2008), na musculação, quatorze variáveis podem interferir nos componentes da carga de treinamento, as quais são: ação muscular, posição dos segmentos corporais, duração da repetição, amplitude de movimento, trajetória, movimentos acessórios, regulagem do equipamento, auxílio externo ao executante, peso, pausa, número de sessões, de exercícios, de séries e de repetições. Essas variáveis se influenciam mutuamente e, segundo esses autores, elas são denominadas variáveis estruturais (FIG. 9).



FIGURA 9 – Variáveis estruturais do programa de treinamento na musculação.

Fonte: CHAGAS; LIMA, 2008, p. 32.

O número de sessões de treinamento, a duração da repetição, o tempo de pausa, o peso, e o número de séries, de repetições e de exercícios estão relacionados diretamente com a quantificação dos componentes frequência, duração, densidade, intensidade e volume, respectivamente. Essas

variáveis, juntamente com a ação muscular recebem investigações constantes de pesquisadores (ACSM, 2009; BIRD *et al.*, 2005; KRAEMER; RATAMESS, 2004; TAN, 1999). Entretanto, a amplitude de movimento, por exemplo, recebe menor atenção da literatura e o entendimento de sua relação com os componentes da carga é de fundamental importância para a compreensão das adaptações obtidas.

5.4.1 Amplitude de movimento

Amplitude de movimento é o deslocamento angular de uma articulação (ENOKA, 1999). Quando esse deslocamento é máximo ela é definida como amplitude de movimento completa (ADM_C). Entretanto, o movimento pode ocorrer em amplitudes menores que a completa e nesse caso a ADM é denominada parcial (ADM_P).

A capacidade de um músculo produzir força depende da ADM que está sendo treinada. A ADM influencia no comprimento em que o músculo é mantido e nos diferentes braços de momento alcançados durante a execução do exercício. Dessa forma, ao manipular a ADM de um exercício, a carga de treinamento também poderá ser alterada, o que poderá ser verificado nos seus componentes (CLARK *et al.*, 2008; MASSEY *et al.*, 2004; MASSEY *et al.*, 2005; MOOKERJEE; RATAMES, 1999; SULLIVAN *et al.*, 1996). Uma alteração na ADM poderá modificar, por exemplo, a intensidade do treinamento, pois o exercício poderá ser realizado em uma posição desfavorável na curva de comprimento-tensão, diminuindo o peso a ser movido (CHAGAS; LIMA, 2008). Além disto, uma mudança na amplitude poderá também modificar o torque de resistência aplicado pelo peso, resultando em diferentes níveis de dificuldade para a execução do exercício (SMITH *et al.*, 1997). Essa mudança no torque poderá alterar, por exemplo, o número de repetições realizadas (volume de treinamento).

5.5 Treinamento de força e ADM

Muitos atletas de diferentes esportes utilizam frequentemente exercícios com ADM parcial em seus treinamentos de força. O objetivo é treinar a força na amplitude principal do movimento em que a demanda por uma alta produção de força é grande (ZATSIORSKY, 1999). O treinamento com ADM_P permite que o indivíduo seja submetido a pesos supra-máximos, ou seja, maiores que 100% de uma repetição máxima mensurada no teste com amplitude de movimento completa (MOOKERJEE; RATAMES, 1999). Isto é possível porque a região de desvantagem mecânica da ADM_C é evitada.

O papel da ADM no desenvolvimento da força máxima foi investigado em alguns estudos (GRAVES *et al.*, 1989; GRAVES *et al.*, 1992; MASSEY *et al.*, 2004; MASSEY *et al.*, 2005). Todos reportaram que o treinamento com ADM_P é eficaz para melhorar a força na ADM_C.

Massey *et al.* (2004) e Massey *et al.* (2005) avaliaram o ganho de força através de teste de 1RM com ADM_C no exercício supino livre, após 10 semanas de treinamento em homens e mulheres destreinados em força, respectivamente. O protocolo de treinamento consistiu de 3 séries de 15 repetições sendo que a intensidade foi alterada dependendo da ADM utilizada. No treinamento com ADM_C os indivíduos treinaram a 65% de 1RM e no treinamento com ADM_P a intensidade foi de 100%. O primeiro estudo não encontrou diferença significativa no ganho de força entre os grupos que treinaram com ADM completa, parcial e mista (completa e parcial). Entretanto, no segundo estudo, em que a amostra foi composta por mulheres, o grupo que treinou com ADM_C obteve um ganho de força superior aos demais grupos. Os autores acreditam que devido à menor experiência das mulheres com o treinamento de força, elas não possuíam os pré-requisitos necessários para aproveitar os benefícios da técnica parcial. Contudo, Massey *et al.* (2004) também utilizaram voluntários destreinados e, no entanto obtiveram uma resposta diferente. Dessa forma, outros mecanismos podem estar relacionados às respostas observadas no treinamento com diferentes amplitudes, reforçando assim a necessidade de sua investigação.

O ganho de força avaliado através do torque isométrico mensurado em vários ângulos foi investigado por Graves *et al.* (1989) e Graves *et al.* (1992). No primeiro estudo todos os grupos de treinamento aumentaram a força dos extensores do joelho quando comparados ao controle e não foi encontrada diferença significativa entre os grupos. Já no segundo estudo, os extensores da coluna lombar foram investigados e notou-se um maior ganho de força nos grupos que treinaram parcial em seus respectivos ângulos de treinamento, mas eles não diferiram significativamente do completo. Os argumentos apresentados pelos autores para explicar essas diferenças foram que no treinamento dos extensores do joelho (Graves *et al.*, 1989) os voluntários treinaram em uma ADM de 60° e foram testados em uma ADM de 120°. Já no dos extensores da coluna lombar (Graves *et al.*, 1992), os indivíduos treinaram com uma amplitude de movimento de 36° e foram avaliados em 72°. Dessa forma, no estudo de Graves *et al.* (1989) os voluntários foram testados em uma ADM parcial significativamente maior que no trabalho de Graves *et al.* (1992), 60° comparado a 36°, mas que não foi treinada.

Dessa forma, fica evidente que os estudos longitudinais envolvendo ADM no treinamento de força não são conclusivos e parecem depender do sexo, do grupo muscular analisado e da metodologia utilizada. Portanto, um melhor entendimento sobre os componentes da carga de treinamento pode auxiliar na compreensão das respostas apresentadas por esses trabalhos.

Alguns estudos têm verificado o efeito agudo da ADM na intensidade e no volume do treinamento de força. No que se refere a intensidade, Clark *et al.* (2008) demonstraram um aumento no peso deslocado e no pico de força com a diminuição da ADM. SULLIVAN *et al.* (1996) observaram a mesma resposta da intensidade mediante a redução da ADM, entretanto estes autores utilizaram o torque para mensurar a intensidade.

O trabalho (peso x deslocamento) é uma das formas utilizadas para mensurar o volume de treinamento (TAN, 1999, FLECK; KRAEMER, 1999). Clark *et al.* (2008) pesquisaram o trabalho concêntrico no exercício supino guiado durante a realização de testes de 6 RM e observaram que com a diminuição da ADM o peso aumentou, entretanto o trabalho concêntrico diminuiu devido a redução do deslocamento vertical da barra.

Como citado anteriormente, os estudos envolvendo variações na amplitude de movimento ainda não são consensuais sobre seu efeito no ganho de força muscular. Entretanto, os estudos transversais demonstram que alterações na ADM podem influenciar os componentes da carga intensidade e volume. Sabendo que estes componentes podem interferir as adaptações decorrentes do treinamento de força, um melhor entendimento sobre a relação entre o volume e a intensidade em treinamentos com diferentes amplitudes pode auxiliar na compreensão das respostas obtidas no treinamento com a ADM_P.

6 METODOLOGIA

6.1 Amostra

Participaram desse estudo 14 voluntários do sexo masculino, treinados em musculação há, pelo menos, seis meses ininterruptos. Eles não possuíam histórico de lesão músculo-tendínea nas articulações do ombro, cotovelo e punho e todos realizaram uma repetição no exercício supino com o peso equivalente, no mínimo, a massa corporal.

Este estudo respeitou todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional em Saúde (1997) envolvendo pesquisas com seres humanos. Todos os voluntários foram informados sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE 1), aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (Parecer nº ETIC 245/09).

6.2 Instrumentos

Para a realização do experimento foram utilizados um banco reto, uma barra e dois suportes verticais de madeira dispostos paralelamente. Fitas métricas foram afixadas verticalmente nos suportes e dois elásticos foram colocados perpendiculares a esses (FIG. 10).



FIGURA 10 – Equipamento utilizado.

A finalidade da fita métrica foi demarcar o deslocamento vertical de cada voluntário para as amplitudes de movimento utilizadas no estudo. Em seguida os elásticos foram colocados para determinar o limite superior da ADM_C e da ADM_P e inferior da ADM_P . Foram utilizadas também anilhas de diversos pesos, sendo a massa de todas aferida numa balança FILLIZOLA® previamente calibrada.

6.3 Procedimentos

A coleta foi realizada no Laboratório do Treinamento em Musculação (LAMUSC) da UFMG em quatro sessões, separadas por um período mínimo de 48 e máximo de 72 horas.

Na primeira sessão ocorreu a familiarização ao teste de 1RM e na segunda sessão o teste de 1RM propriamente dito, cujo valor foi utilizado para a prescrição dos treinamentos. Na terceira e quarta sessões os indivíduos

realizaram treinamento com ADM parcial e completa. A ordem das duas últimas sessões foi aleatória e balanceada entre os voluntários. A FIG. 11 ilustra o delineamento experimental do estudo.

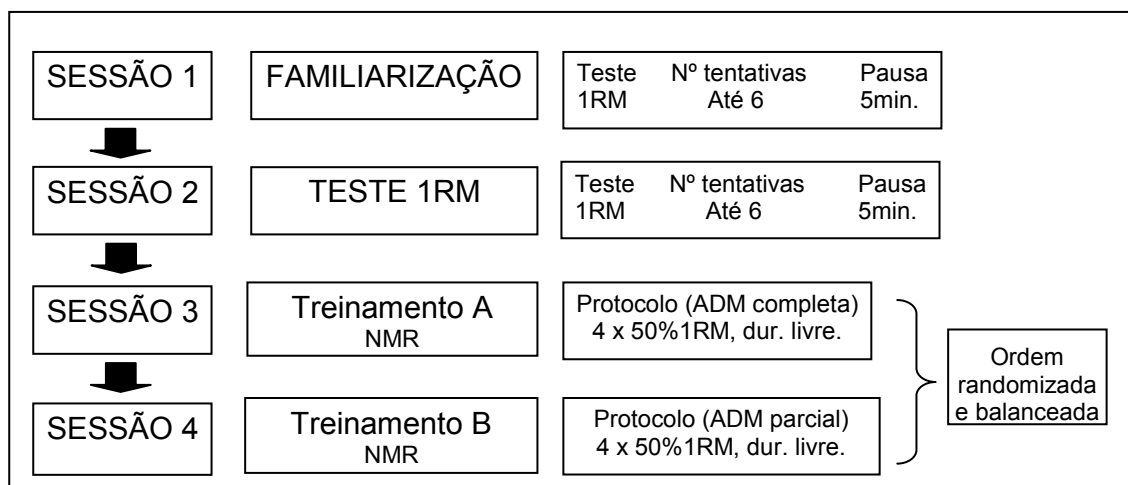


FIGURA 11 – Delineamento experimental

6.3.1 Sessões 1 e 2 – Familiarização e teste de 1RM

No primeiro dia, os voluntários responderam a uma anamnese constituída por questões referentes ao treinamento e a dados pessoais. Foi realizada também a mensuração da massa corporal e da estatura de cada sujeito. Ainda nessa sessão, os voluntários realizaram uma familiarização ao teste de 1RM, a qual seguiu o mesmo protocolo do teste. Foi solicitado que o sujeito se posicionasse no aparelho da maneira mais próxima a sua rotina de treinamento com o exercício supino e que ele executasse algumas repetições sem peso adicional a barra. Após esses procedimentos, as posições das mãos na barra foram padronizadas. Inicialmente foram demarcados os limites de movimento da ADM_C. O limite superior correspondeu à extensão completa dos cotovelos (FIG. 12) e o inferior foi indicado por um anteparo de borracha localizado sobre o processo xifóide (FIG. 13).



FIGURA 12 – Limite superior das amplitudes de movimento completa e parcial.



FIGURA 13 – Limite inferior da amplitude de movimento completa.

Em seguida, o limite inferior da ADM parcial foi determinado. A amplitude de movimento parcial foi caracterizada pela metade do deslocamento vertical da barra realizado durante a ADM completa. Um elástico foi utilizado para padronizar esse limite (FIG. 14).

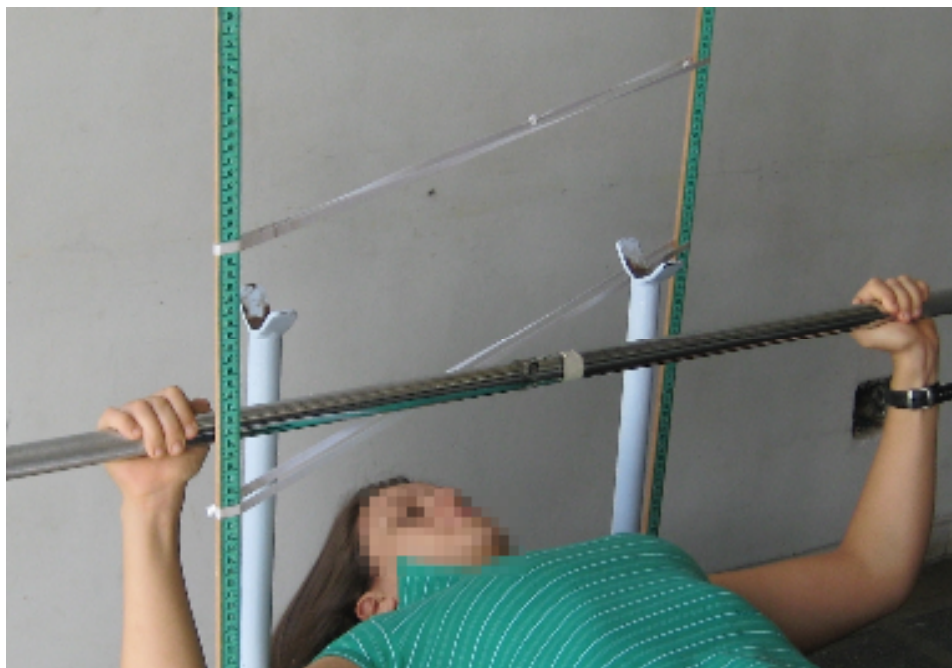


FIGURA 14 – Limite inferior da amplitude de movimento parcial.

Antes de iniciar o teste, os voluntários realizaram dez repetições com a barra, sem peso adicional, nas ADM_C e ADM_P . Estas repetições foram realizadas para antecipadamente familiarizar o voluntário com as ADM utilizadas para o treinamento, além de padronizar esta atividade preparatória para as situações de teste e treinamento.

Para realizar a familiarização ao teste de 1RM os voluntários foram posicionados no banco em decúbito dorsal. Primeiramente, com a barra posicionada no limite superior (FIG. 12), o voluntário realizou uma ação excêntrica até a barra tocar um anteparo de borracha, que ficava posicionado sobre o esterno do voluntário (FIG. 13) e, em seguida, ele realizou uma ação concêntrica finalizando o movimento até a completa extensão dos cotovelos. A velocidade de execução de cada ação muscular foi livre. O protocolo de 1RM utilizado consistiu na realização de seis tentativas, no máximo (MAYHEW; MAYHEW, 2002), com intervalo de cinco minutos entre elas (ANDERSON; KEARNEY, 1982). O teste iniciou com pesos submáximos, estimado subjetivamente e maiores acréscimos de peso foram realizados de maneira gradual, não fixa, até que o voluntário não conseguisse finalizar a ação

concêntrica. Desta forma, o valor de 1RM correspondeu ao peso levantado na tentativa anterior.

A tentativa foi considerada inválida se o indivíduo não realizasse a amplitude de movimento completa ou realizasse uma acentuada extensão de quadril a ponto de causar uma elevação desse segmento ou da coluna vertebral (região lombar) do banco.

Na sessão 2 foi realizado o teste de 1RM com amplitude de movimento completa (idêntico a familiarização).

6.3.2 Sessões 3 e 4 - Treinamento

No terceiro e quarto dia, os voluntários realizaram um protocolo de treinamento no exercício supino com a amplitude de movimento completa em uma sessão e parcial na outra. A ordem de realização das sessões com ADM_P e ADM_C foi definida de forma aleatória e balanceada entre os voluntários. A padronização da posição das mãos na barra de cada sujeito para realização do teste de 1RM foi mantida durante os treinamentos. No protocolo de treinamento com ADM_C, os limites superior e inferior foram idênticos ao teste de 1RM (FIG. 12 e 13). Na ADM_P, o limite superior foi o mesmo da ADM_C, entretanto foi adotado um limite inferior com uma localização na metade da trajetória da ADM_C. O mesmo é mostrado na figura 14 e foi demarcado com o elástico.

Após todas as padronizações, os voluntários realizaram o número máximo de repetições (NMR) em quatro séries a 50% de 1RM, com um minuto de pausa entre as séries. O valor do 1RM utilizado foi o alcançado na sessão 2. A duração da repetição foi livre. O QUADRO 1 apresenta os protocolos de treinamento utilizados nas sessões 3 e 4.

QUADRO1
Componentes da Carga de Treinamento

Protocolo	Séries	Repetições	Intensidade (%1RM)	Pausa (s)	Duração da repetição (s)	Amplitude de movimento
A	4	máximas	50%	60	livre	completa
B	4	máximas	50%	60	livre	parcial

Os sujeitos deveriam realizar o NMR até a falha concêntrica. A série era interrompida se o indivíduo, por duas vezes consecutivas, não tocasse a barra nos limites determinados ou se retirasse a coluna lombar ou os glúteos do banco durante a execução. Foi solicitado que os voluntários mantivessem suas rotinas de treinamento, sendo que esta foi adaptada pelos responsáveis pela coleta de forma a permitir que os indivíduos não realizassem exercícios com as musculaturas peitoral maior, deltóide anterior e tríceps braquial 24h antes de qualquer sessão de coleta.

6.4 Análise estatística

Inicialmente, foi utilizado o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade dos dados. A homogeneidade das variâncias foi verificada através do teste de *Hartley*. Como a variável principal, NMR, não apresentou distribuição normal, foi adotado um procedimento para realizar uma transformação logarítmica dos dados. Após a transformação os dados passaram a ter distribuição normal e homogeneidade das variâncias. Em seguida foi realizada uma ANOVA *Two-Way* (fator 1 - amplitude de movimento; fator 2 - séries) com medidas repetidas, seguido pelo *Post Hoc Scheffe*. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no software *Statistica 7.0*.

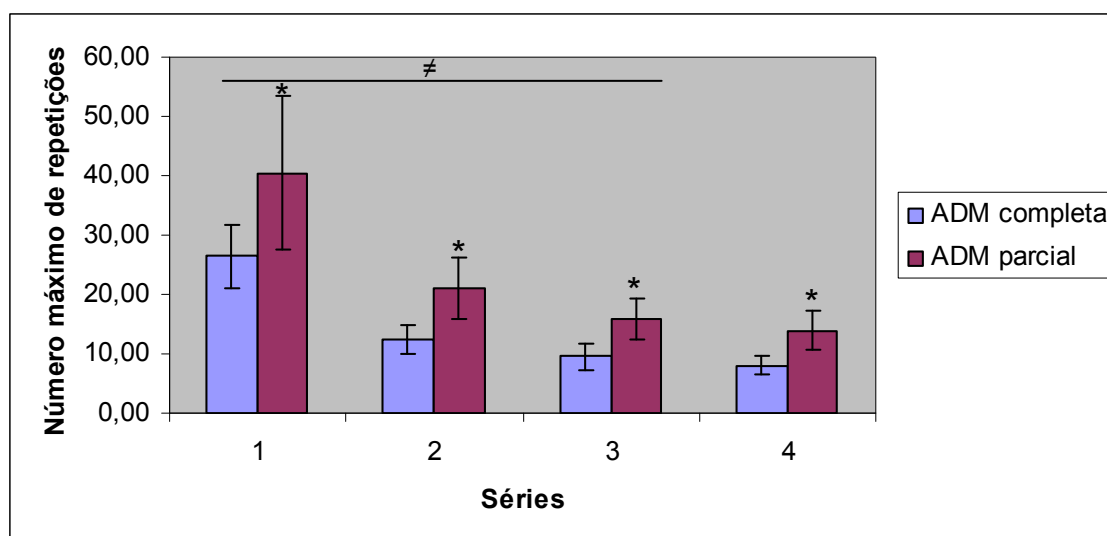
7 RESULTADOS

A análise descritiva sobre a caracterização da amostra (idade, massa corporal, estatura, tempo de treinamento, peso levantado no teste de 1RM e deslocamento vertical da barra no treinamento com ADM_C e ADM_P) está presente na TAB. 1.

TABELA 1
Caracterização da amostra (n=14).

	Média	Desvio padrão
Idade (anos)	23,93	3,95
Massa corporal (kg)	78,37	9,85
Estatura (cm)	177,24	6,18
Tempo de treinamento (meses)	48,57	32
Teste de 1RM (kg)	105,65	21,64
Deslocamento vertical ADM _C (cm)	35,08	4,38
Deslocamento vertical ADM _P (cm)	17,63	2,60

A ANOVA indicou que os efeitos principais (ADM e Séries) foram significativos, sendo o poder de análise adequado (poder >0,99). O GRÁF. 1 apresenta as médias do NMR em cada série nas ADM_C e ADM_P e os resultados obtidos com o *Post Hoc Scheffe*.



Diferença significativa entre as séries considerando a mesma ADM.

* Diferença significativa entre as ADM.

GRÁFICO 1 – Análise inferencial e médias do NMR em cada série da ADM_C e ADM_P.

O número de repetições realizado durante as quatro séries no treinamento com ADM_P ($26,43 \pm 5,32$; $12,50 \pm 2,44$; $9,50 \pm 2,14$ e $8,07 \pm 1,59$) foi significativamente maior que o realizado no treinamento com ADM_C ($40,50 \pm 12,89$; $21,00 \pm 5,25$; $16,00 \pm 3,46$ e $13,93 \pm 3,17$). Houve uma redução significativa no NMR realizado em todas as séries, exceto da terceira para a quarta séries, em ambas as amplitudes.

8 DISCUSSÃO

O principal resultado deste estudo foi que o NMR realizado em todas as séries da ADM_P foi maior que o realizado na ADM_C. Não foram encontrados outros estudos que investigassem a relação de intensidade e volume em treinamentos com diferentes ADM.

Uma perspectiva que permite a interpretação dos resultados está relacionada com o efeito de diferentes ADM sobre os componentes intensidade e volume. Um estudo prévio que avaliou o treinamento com diferentes ADM observou que maiores torques foram produzidos durante o treinamento com ADM_P (SULLIVAN *et al.*, 1996). CLARK *et al.* (2008) mostraram que a força máxima no exercício supino, mensurada através do teste de 6RM, foi maior quando menores ADM foram executadas (força máxima da ADM completa $< \frac{3}{4} < \frac{1}{2} < \frac{1}{4}$ da ADM_C). Esses estudos permitem concluir que no treinamento com ADM_P maiores intensidades podem ser alcançadas. Provavelmente, isso ocorre porque a região de desvantagem mecânica (*sticking region*) da ADM_C foi evitada em cada repetição. Lander *et al.* (1985) demonstraram que a *sticking region* no exercício supino reto ocorre em uma posição relativamente estável na ADM dos voluntários, aproximadamente a 23,77 cm do peito, independente da intensidade treinada (75 ou 90% de 1RM).

Assim, considerando a relação existente entre o volume e a intensidade de treinamento, sabe-se que menores intensidades permitem que maiores volumes sejam realizados. No presente estudo o peso a ser deslocado foi padronizado para ambos os protocolos de treinamento, 50% de 1RM. Entretanto, no treinamento com ADM_P possivelmente os voluntários treinaram em uma intensidade relativa mais baixa, pois como foi demonstrado por Clark *et al.* (2008) e Sullivan *et al.* (1996), com essa amplitude é possível atingir uma maior intensidade máxima, ou seja, se fosse realizado um teste de 1RM com ADM_P no presente estudo, possivelmente o valor encontrado seria maior do que o da ADM_C. Dessa forma, devido à menor intensidade relativa durante o treinamento com ADM_P, os voluntários conseguiram realizar um maior volume.

Outro resultado obtido no presente estudo foi que durante o treinamento houve uma redução significativa no número de repetições

realizado em todas as séries, exceto da terceira para a quarta série, em ambas as amplitudes de movimento. Resultado semelhante foi encontrado por Lima *et al.* (2006) que verificaram queda no número de repetições ao longo de 4 séries a 70% de 1RM no exercício supino em barra guiada, com pausas de 90 e 120 segundos.

Uma possível justificativa para isto está relacionada com a pausa adotada no presente estudo. Possivelmente, o período de intervalo proposto, 60 segundos, não foi suficiente para a recuperação dos sistemas de fornecimento de energia e dessa forma os voluntários potencializaram o processo de fadiga. Estudos que investigaram diferentes durações de pausas e o número de repetições realizado demonstraram uma redução do volume de treinamento quando pausas menores foram empregadas (MIRANDA *et al.*, 2007; RATAMESS *et al.*, 2007; WILLARDSON; BURKETT, 2005).

As causas da fadiga durante o treinamento de força podem estar relacionadas às características fisiológicas dessa atividade. O treinamento de força é uma atividade predominantemente anaeróbica, na qual há exigência de alta taxa de produção de ATP. As principais fontes energéticas dessa atividade são o sistema ATP-CP e a glicose anaeróbica (MACDOUGALL *et al.*, 1999). De acordo com Lambert e Flynn (2002), as razões da fadiga durante as primeiras séries no treinamento na musculação até a “falha momentânea” (10 RM) são devidas à redução da concentração de fosfocreatina muscular e à acidose metabólica. Dessa forma, esses fatores podem justificar a redução do volume observada no presente estudo, durante as três primeiras séries do treinamento, em ambas as ADM. Entretanto, da terceira para a quarta série não houve diferença significativa no NMR. Uma justificativa admissível pode ser dada considerando a ordem de recrutamento das unidades motoras (UM). Durante um treinamento de força, as unidades motoras lentas são recrutadas primeiro, seguidas pelas UM rápidas. Durante a execução do exercício as UM são progressivamente fadigadas e não conseguem mais gerar força suficiente. Quando as UM disponíveis são fadigadas a série é encerrada (SALE, 1987; ZATSIORSKY, 1999). Contudo, considerando o período de recuperação entre as séries, as UM rápidas precisam de uma maior pausa devido às suas características glicolíticas (SALE, 1987), pois o fornecimento de energia através da glicólise aeróbica promove maior acúmulo de ácido lático nas fibras

rápidas. Esse acúmulo é associado a uma diminuição do pH intracelular através da dissociação dos íons hidrogênicos (H^+), podendo resultar em fadiga muscular. Assim, para que a redução na força não fosse tão acentuada nas UM rápidas seria necessária uma maior pausa. Segundo Hultman e Sjöholm (1986), o tempo necessário para que a concentração de ácido láctico diminua significativamente durante um exercício de alta intensidade é de 4-10min. Dessa forma, possivelmente no presente estudo as UM rápidas foram fadigadas durante as primeiras séries do treinamento, pois o intervalo proposto não promoveu uma recuperação adequada. Já as UM lentas, as quais necessitam de um menor período de recuperação por possuírem maior capacidade oxidativa (SALE, 1987), provavelmente resistiram mais à fadiga e mantiveram o desempenho da terceira para a quarta série.

Uma limitação desse estudo foi o emprego da duração da repetição livre. A velocidade de execução de cada repetição não foi controlada e nem registrada. Outros estudos que investigaram treinamentos com diferentes amplitudes de movimentos padronizaram a duração da repetição em 2s para a ação concêntrica e 4s para a excêntrica (GRAVES *et al.*, 1989; GRAVES *et al.*, 1992; MASSEY *et al.*, 2004; MASSEY *et al.*, 2005). Entretanto, cabe ressaltar que não se sabe se a duração da repetição teria uma maior influência que a adoção de diferentes ADM no volume de treinamento, durante a realização de séries com número máximo de repetições. Dessa forma, estudos que controlem e/ou registrem a duração da repetição são necessários para um melhor esclarecimento sobre a relação entre o volume e o aumento da força máxima durante treinamentos com diferentes ADM.

9 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que a redução da amplitude de movimento durante a realização do exercício supino modifica a relação entre intensidade e volume, resultando na realização de um maior número de repetições em séries máximas para uma mesma intensidade absoluta. Contudo, em ambas as amplitudes de movimento o número máximo de repetições reduziu a cada série, exceto da terceira para quarta séries.

Recomenda-se que estudos futuros realizem protocolos de treinamentos, nos quais a intensidade relativa seja igualada para ambas as amplitudes de movimento e que a duração da repetição seja registrada e/ou controlada.

REFERÊNCIAS

ACSM (American College of Sports Medicine). Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 41, n. 3, p. 687-708, 2009.

ACSM (American College of Sports Medicine). Position stand on Progression models in resistance training for healthy adults: exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.34, n.2, p.364-380, 2002.

ANDERSON, T.; KEARNEY, J. T. Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Research Quarterly*. n. 53, p. 1-7, 1982.

ASTRAND, P.O.; RODAHL, K.; DAHL, H. A.; STROMME, S. B. *Tratado de Fisiologia do Trabalho*. 4 edição. São Paulo: Artmed, 2006.

BADILLO, J. J. G.; AYESTARÁN, E. G. *Fundamentos do Treinamento de Força: Aplicação ao Alto Rendimento Desportivo*. 2ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2001.

BAECHLE, T.R.; EARLE, R.W.; WATHEN. D. Resistance training. In: BAECHLE T. R.; EARLE, R. W. *Essentials of strength training and conditioning*. 2 edição. Champaign: Human Kinetics, 2000, p. 395-425.

BAKER, D.; WILSON, G.; CARLYON, R. Periodization: effect on strength of manipulating volume and intensity. *Journal of Strength and Condition Research*. V.8, n. 4, p. 235-42, 1994.

BARROSO, R.; TRICOLI, V.; UGRINOWITSCH, C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. *Revista Brasileira Ciência e Movimento*, v.13, n. 2, p. 111-122, 2005.

BIRD, S. P.; TARPENNING, M. K.; MARINO, F. E. Designing Resistance Training Programmes to Enhance Muscular Fitness: A Review of the Acute Programme Variables. *Sports Medicine*, v.35, n.10, p. 841-851, 2005.

CHAGAS, M. H; LIMA, F. V. *Musculação: variáveis estruturais*. Belo Horizonte: Sigla Comunicações, 2008.

CLARK, R. A, BRYANT, A. L.; HUMPHRIES, B. An examination of strength and concentric work ratios during variable range of motion training. *Journal of Strength and Condition Research*, v. 22, n.5, p.1716–1719, 2008.

CLARKSON, H. M. *Musculoskeletal assessment: joint range of motion and manual muscle strength*. 2 edição, Philadelphia: Lippincott, 1999.

CURTIN, N. A.; EDMAN, K. A. P. Force-velocity relation for frog muscle fibres: effects of moderate fatigue and of intracellular acidification. *The Journal of Physiology*, v. 475, n.3, p. 483 – 494, 1994.

EDMAN, K. A. P. Desempenho contrátil das fibras musculares. In: KOMI, P. V. *Força e potência no esporte*. São Paulo: Artimed, 2006, p. 129 - 148.

ELLIOTT, B.; WILSON, G.; KERR, G. A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.21, n.4, p.450-462, 1989.

ENOKA, R. M. *Bases Neuromecânicas da Cinesiologia*. 2ª edição. São Paulo: Manole, 2000.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. *Fundamentos do Treinamento de Força Muscular*. 2ª edição. Porto Alegre: Artmed, 1999.

FOLLAND, J. P.; WILLIAMS, A. G. The Adaptations to Strength Training: Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. *Sports Medicine*, v. 37, n. 2, p. 145-168, 2007.

GABRIEL, D. A.; KAMEN, G.; FROST, G. Neural Adaptations to Resistive Exercise: Mechanisms and Recommendations for Training Practices. *Sports Medicine*, v. 36, n. 2, p.133-149, 2006.

GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, v. 81, n. 4, p. 1725–1789, 2001.

GRAVES, J. E.; POLLOCK, M. L.; JONES, A. E.; COLVIN, A. B.; LEGGETT, S. H. Specificity of limited range of motion variable resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.21, n.1, p.84-89, 1989.

GRAVES, J. E.; POLLOCK, M. L.; LEGGETT, S. H.; CARPENTER, D. M.; FIX, C. K; FULTON, M. N. Limited range-of-motion lumbar extension strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.24, n.1, p.128–133, 1992.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. Textbook of medical physiology. 11 edição. Edinburgh: Elsevier Saunders, 2006.

HALL, S. J. *Biomecânica básica*. 3ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

HAMILL; KNUTZEN. *Bases biomecânicas do movimento humano*. São Paulo: Manole, 1999.

HERZOG, W.; HADDOU, R. Modelos mecânicos musculares e suas aplicações na produção de força e potência. In: KOMI, P. V. Força e potência no esporte. São Paulo: Artimed, 2006, p. 169 - 199.

HIGBIE, E. J.; CURETON, K. J.; WARRENI, G. L.; PRIOR, B. M. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of Applied Physiology*, v. 81, n. 5, p. 2173–218, 1996.

HOEGER, W. W.K.; HOPKINS, D. R.; BARETTE, S. L.; HALE, D. F. Relationship between Repetitions and Selected percentages of One Repetition Maximum: A Comparison between Untrained and Trained Males and Females. *Journal of Applied Sport Sciences Research*, V.4, n. 2, p. 47- 54. 1990.

HULTMAN, E.; SJOHOLM, H. Biomechanical causes of fatigue. In.: JONES. N. L.; MCCARTNEY, M. R.; MCCOMAS, A. J. *Human Muscle Power*. Champaign, IL: Human Kinetics 1986, p. 215 – 238.

KRAEMER, W. J.; HÄKKINEN, K. *Treinamento de força para o esporte*. Porto Alegre: Artmed, 2004.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v. 36, n. 4, p. 674-688, 2004.

KRAEMER, W. J.; SPIERING B. A. Skeletal Muscle Physiology: Plasticity and Responses to Exercise. *Hormone Research*, v. 66 (supplement 1), p. 2–16, 2006.

KULIG, K.; ANDREWS, J. G.; HAY, J.G. Human strength curves. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v. 12, p. 417–466, 1984.

LAMBERT, C.P.; FLYNN, M.G. Fatigue during high-intensity intermittent exercise: Application to bodybuilding. *Sports Medicine*, v. 32, n. 8, p. 511-522, 2002.

LANDER, J. E.; BATES, B. T.; SAWHILL, J. A.; HAMILL, J. A comparison between free weight and isokinetic bench pressing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.17, p.344–353, 1985.

LIMA, F. V.; CHAGAS, M. H.; CORRADI, E. F. F.; SILVA, G. F.; SOUZA, B. B.; JÚNIOR, L. A. M. Análise de dois treinamentos com diferentes durações de pausa entre séries baseadas em normativas previstas para a hipertrofia muscular em indivíduos treinados. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, vol. 12, n. 4, p. 175-178, 2006

MACDOUGALL, J.D.; RAY, S.; SALE, D.G.; MCCARTNEY, P.L.; GARNER, S. Muscle substrate utilization and lactate production during weightlifting. *Canadian Journal of Applied Physiology*, v. 24, n. 3, p. 209-215, 1999.

MACHADO, S. C. *Musculação e mecanismos de fadiga*. Monografia de conclusão de curso – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Belo Horizonte, 2007.

MACLAREN, D. P. M.; GIBSON, H.; PARRY-BILLINGS, M; EDWARDS, R. H. T. A review of the metabolic and physiological factors in fatigue. *Exercise and Sports Review*, v. 17, p. 29-66, 1989.

MASSEY, C D., J. VINCENT, M. MANEVAL; J. T. JOHNSON. Influence of range of motion in resistance training in women: Early phase adaptations. *Journal of Strength and Condition Research*, v.19, n.2, p.409-411, 2005.

MASSEY, D., J. VINCENT, M. MANEVAL, M. MOORE; J.T. JOHNSON. An analysis of full range of motion training vs. partial range of motion training in the development of strength in untrained men. *Journal of Strength and Condition Research*, v.18, n.3, p.518-52, 2004.

MAYHEW, D. L.; MAYHEW, J. L. Cross-validation of the 7-10 RM method for predicting 1-RM bench press performance in high school male athletes. *Journal Health, Physical Education, Recreation and Dance*, v. 12, p. 49-55, 2002.

McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. *Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho humano*. 5ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

MIRANDA, H.; FLECK, S.J.; SIMAO,R.; BARRETO, A.C.; DANTAS, E. H. M.; NOVAES, J. Effect of two different rest period lengths on the number of repetitions performed during resistance training, *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 21, n. 4, p. 1032-1036, 2007.

MOOKERJEE, S.; RATAMESS, N. Comparison of strength differences and joint action durations between full and partial range-of-motion bench press exercise. *Journal of Strength and Condition Research*, v.13, n.1, p.76-81, 1999.

NEUMANN, D. A. *Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos para a reabilitação física*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

NOAKES, TD. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, v. 10, p. 123-145, 2000.

PAULSEN, G.; MYKLESTAD, D.; RAASTAD, T. The influence of volume of exercise on early aptations to strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.17, n. 1, p. 115–120, 2003.

RATAMESS, N. A.; FALVO, M. J.; MANGINE, G. T.; HOFFMAN, J. R.; FAIGENBAUM, A. D.; KANG, J. The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *European Journal of Applied Physiology*, v. 100, n. 1, p. 1-17, 2007.

RHEA, M.R.; ALVAR, B.A.; BURKETT, L.N.; BALL, S.D. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.35, n.3, p.456–464, 2003.

RODRIGUES, L. O. C.; GARCIA, E. S. *Fadiga: falha ou mecanismo de proteção?* Temas Atuais em Educação Física e Esportes. Coletânea de Trabalhos dos professores do Departamento de Esportes da Escola de Educação Física/UFMG. 1ed. Belo Horizonte: Health. 1998.

SALE, D. G. Adaptação neural ao treinamento de força. In: KOMI, P. V. *Força e potência no esporte*. São Paulo: Artimed, 2006, p. 297- 330.

SALE, D. G. Influence of exercise and training on motor unit activation. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v.15, n.1, p. 95-152, 1987.

SALE, D. G. Neural adaptations to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 20, n. 5 (supplement), p. 135-145, 1988.

SEYNNES, O.R.; DE BOER, M.; NARICI, M.V. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *Journal of Applied Physiology*, v. 102, p. 368–373, 2007.

SHIMANO,T.; KRAEMER, W.J.; SPIERING, B. A.; VOLEK, J. S.; HATFIELD, D. L.; SILVESTRE, R.; VINGREN, J. L.; FRAGALA, M. S.; MARESH, C. M.; FLECK, S. J.; NEWTON, R. U.; SPREUWENBERG, L. P. B.; HAKKINEN, K. Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 20, n. 4, p. 819–823, 2006.

SMITH, L. K.; WEISS, E. L.; LEHMKUHL, L. D. *Cinesiologia clínica de Brunnstrom*. São Paulo: Editora Manole, 1997.

STARKEY, D. B.; POLLOCK, M. L.; ISHIDA, Y.; WELSCH, M. A.; BRECHUE, W. F.; GRAVES, J. E.; FEIGENBAUM, M. S. Effect of resistance training volume on strength and muscle thickness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 28, n. 10, p. 1311-1320, 1996.

SULLIVAN, J.; KNOWLTON, R.; DEVITA, P.; BROWN, D. Cardiovascular response to restricted range of motion resistance exercise. *Journal of Strength and Condition Research*, v.10, p. 3-7, 1996.

TAN, B. Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Champaign, v.13, n.3, p.289-304, 1999.

WEINECK, J. *Treinamento ideal*. São Paulo: Manole, 2003

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEÉ, H. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine*, v.37, n.3, p.225-264, 2007.

WILLARDSON, J. M.; BURKETT, L. N. A comparison of 3 different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 19, n.1, p. 23-26, 2005.

ZAKHAROV, A. *Ciência do treinamento desportivo*. Rio de Janeiro: Palestra Sport, 1992.

ZATSIORSKY, V. M. *Ciência e prática do treinamento de força*. São Paulo: Phorte Editora, 1999.

APÊNDICE 1: CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

EFEITO DA AMPLITUDE DE MOVIMENTO NO NÚMERO MÁXIMO DE REPETIÇÕES EM 4 SÉRIES A 50% DE 1RM NO EXERCÍCIO SUPINO LIVRE

O Laboratório do Treinamento em Musculação (LAMUSC) da UFMG está convidando você a participar voluntariamente do projeto de pesquisa “Efeito da amplitude de movimento no número máximo de repetições” sob a orientação do Prof. Dr. Fernando Vítor Lima.

O objetivo do presente estudo é comparar o número máximo de repetições realizados no exercício supino livre, em um protocolo de treinamento considerando duas amplitudes de movimento (ADM): completa e parcial, em indivíduos treinados em força na musculação.

Para isto, você comparecerá ao LAMUSC em 4 dias. Nos dois primeiros dias, serão realizados testes de uma repetição máxima (1RM) no exercício supino livre. No teste de 1RM, você realizará apenas uma repetição, sendo que o peso na barra será progressivamente aumentado até que você não consiga finalizar a ação de subida da barra (fase concêntrica). Será realizado no máximo seis tentativas, sendo que entre cada tentativa será dada uma pausa de cinco minutos. No primeiro dia de coleta, ainda serão realizadas mensurações da massa corporal e estatura. Espera-se que nestes dois primeiros dias seja gasto no máximo 40 minutos para cada sessão de coleta. No terceiro e quarto dias serão executadas sessões de treinamento com amplitudes de movimento completa e parcial. A ordem dessas sessões será determinada de forma aleatória e estima-se que elas durem no máximo 30 minutos.

A participação nesta pesquisa envolve os riscos gerais relacionados à prática de exercícios físicos como lesões músculo-esqueléticas, traumatismos, etc. Contudo, estes riscos não são diferentes dos presentes em seu treinamento cotidiano. Além disto, a frequência com que esses eventos ocorrem em condições laboratoriais é mínima, sendo que sempre haverá pelo menos dois pesquisadores responsáveis pelo estudo presentes.

Será garantido o anonimato quanto à sua participação e os dados obtidos serão utilizados exclusivamente para fins desta pesquisa pelo Laboratório do Treinamento em Musculação.

Depois de esclarecidos os procedimentos da pesquisa, mesmo assim se durante o andamento da pesquisa novas dúvidas surgirem, o voluntário poderá esclarecê-las com a equipe responsável.

Importante lembrar que você poderá se recusar a participar desse estudo ou poderá abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar se justificar e sem qualquer constrangimento.

Não está prevista qualquer forma de remuneração ou pagamento de eventuais despesas médicas para os voluntários. As despesas especificamente relacionadas com o estudo são de responsabilidade do LAMUSC da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

Saiba que os pesquisadores podem decidir sobre sua exclusão do estudo por razões científicas, sobre as quais você será devidamente informado.

Compreendendo os termos presentes neste documento, eu, voluntariamente concordo em participar desta pesquisa que visa comparar o número máximo de repetições realizados no exercício supino livre com amplitudes de movimento completa e parcial.

Portanto, estando de acordo com o que foi exposto acima, dou o meu consentimento.

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2009.

Assinatura do voluntário: _____

Declaro que expliquei os objetivos desse estudo, dentro dos limites dos meus conhecimentos científicos.

Assinatura do pesquisador: _____

Pesquisador: Fernando Vitor Lima
EEFFTO/UFMG Av. Antônio Carlos, 6627. CEP: 31270-901. Pampulha/BH
Tel.: pesquisador (31) 3409-2342

Comitê de Ética de Pesquisa da UFMG, Unidade Administrativa II, 2º andar, sala 2005,
Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha – UFMG – (31)3409-4592. coep@prpq.ufmg.br