

**Universidade de Brasília**

**Juliano Gonzaga, Tiago Russomanno**

**Análise eletromiográfica do tríceps braquial no exercício supino  
reto durante o teste de 1RM e teste de repetições máximas**

**Brasília - DF**

**Juliano Gonzaga, Tiago Russomanno**

**Análise eletromiográfica do tríceps braquial no exercício supino  
reto durante o teste de 1RM e teste de repetições máximas**

Trabalho de conclusão de curso de bacharelado em educação física da Faculdade de Educação Física, da Universidade de Brasília.

**Brasília – DF**

## **Sumário**

<b>Título.....</b>	<b>4</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>5</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>7</b>
<b>Métodos.....</b>	<b>9</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>12</b>
<b>Discussão.....</b>	<b>16</b>
<b>Referências.....</b>	<b>19</b>
<b>Diretrizes para autores da revista.....</b>	<b>20</b>

Análise eletromiográfica do tríceps braquial no exercício supino reto durante o teste de 1RM e teste de repetições máximas

Juliano de C. Gonzaga,<sup>1</sup> Tiago G. Russomanno,<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Educação Física, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil

Declaração de conflito de interesses: Nenhum.

Endereço para Correspondência:

Juliano de C. Gonzaga

Campus Universitário Darcy Ribeiro – Asa Norte – Brasília-DF

Faculdade de Educação Física

Universidade de Brasília

CEP: 70910-970

Telefone: (61) 3107-2500 Email: julianocgedf@gmail.com

Título abreviado: Análise eletromiográfica do tríceps no supino reto

## Resumo

Estudos que analisam a atividade eletromiográfica dos músculos motores primários que atuam no supino reto (SR) utilizam modelos musculares já existente na literatura, porém, a atividade elétrica de alguns feixes musculares não está bem estabelecida, como é o caso do tríceps braquial (TB) e suas diferentes cabeças. O objetivo do estudo foi analisar a atividade eletromiográfica da cabeça lateral e da cabeça longa do TB durante os testes de uma repetição máxima (1RM) e de repetições máximas com 80% da carga de 1RM no exercício SR. Os testes foram conduzidos em 10 estudantes praticantes de musculação (idade:  $22,30 \pm 2,83$  anos; massa corporal:  $80,88 \pm 13,75$  kg; estatura:  $1,76 \pm 0,09$  m;  $1,89 \pm 0,93$  anos de experiência), sendo oito do sexo masculino e duas do sexo feminino. Atividade elétrica da cabeça longa e lateral do TB do braço direito foi medida durante os testes. Os sinais adquiridos foram filtrados, retificados e foi calculado o valor eficaz (*root-mean-squared*, RMS). Há diferença entre ativação das cabeças do TB e entre as fases, porém, somente quando a cabeça lateral na fase concêntrica é comparada com a cabeça longa na fase concêntrica. Uma análise qualitativa dos dados demonstrou maior ativação para cabeça longa nos testes de repetições máximas e maior ativação de ambas as cabeças na fase concêntrica em ambos os testes.

Palavras-chave: eletromiografia, biomecânica, treino de força.

## Abstract

Studies that analyze the electromyographical activity of the prime movers muscles that acts in the flat bench press (FBP) movement use muscles models that already exists in the literature, however, the electrical activity of some muscle portions isn't well stablished, as in the case of the triceps brachii (TB) and its different heads. The aim of this study was to analyze the electromyographical pattern of the lateral and long head of TB under the condition of a one-repetition maximum test (1RM) and a test of maximum repetitions with 80% of 1RM value in the FBP exercise. The tests were conducted in 10 students practicants of resistance training (age:  $22,30 \pm 2,83$  years; body mass:  $80,88 \pm 13,75$  kg; height:  $1,76 \pm 0,09$  m;  $1,89 \pm 0,93$  years of experience with resistance training) being eight males and two females. Electrical activity of the long head and the lateral head of the TB were measured during the two tests. The signals acquired were filtered, rectified, and then the root-mean-squared values (RMS) were calculated. Difference between the heads of the TB and between the phases of the movement were found, but only when the lateral head in the excentric phase is compared with the long head in the concentric phase. A qualitative analysis of the results shows that the long head have higher EMG activity in the maximum repetition test and the EMG activity of the two heads was greater in the concentric phase in both tests.

Keywords: electromyography, biomechanics, strength training

## Introdução

O treinamento resistido com peso é muito utilizado para a melhora de diversas capacidades físicas como força, potência e resistência muscular localizada.<sup>1</sup> Para o treinamento dessas capacidades os exercícios multiarticulares são predominantemente escolhidos, pois visam desenvolver a força muscular de forma global.<sup>2</sup>

O supino reto (SR) é um dos exercícios multiarticulares mais praticados nas academias convencionais e amplamente prescrito por treinadores, pois visa o desenvolvimento dos músculos da parte anterossuperior do tórax e dos membros superiores, como peitoral maior, deltoide e tríceps braquial (TB).<sup>3</sup> A sua prescrição pode ir desde a preparação física geral, até o treinamento para competições de *powerlifting*, da qual o SR é um evento esportivo.

Para execução do exercício SR, o indivíduo assume a posição deitado no banco de supino reto, mantendo a cabeça, costas e nádegas em contato com o banco durante todo o movimento. Os joelhos devem estar flexionados com a sola dos pés em contato com o solo. Com os braços estendidos segurando a barra o indivíduo deve descer a barra (fase excêntrica), tocar no peito, em seguida deve erguer a barra (fase concêntrica), afastando-a do peito, até sua posição inicial. Isso conta como uma repetição completa do movimento.<sup>4stastny</sup>

Diversos estudos utilizam esses três grupos musculares como o modelo muscular de análise eletromiográfica para esse exercício. Porém, esse modelo apresenta algumas limitações quanto a participação de cada músculo, em especial a do TB, que segundo Stastny *et al.*,<sup>4</sup> não existem estudos comparando a contribuição de cada cabeça do TB no exercício SR. Isso dificulta determinar qual cabeça é mais apropriada para analisar uma condição específica, tendo em vista que muitos estudos utilizam apenas uma cabeça do TB para analisar o movimento SR, mas não apresentam uma justificativa para tal escolha.<sup>4</sup>

O TB é um músculo subdividido em três cabeças a longa, a lateral e a média e sua principal função é extensão da articulação do cotovelo. O TB apresenta uma ativação similar à

do peitoral maior durante o SR e é o musculo mais suscetível a mudança no padrão de atividade elétrica quando o exercício SR é executado sob condições de adversidade como intensidade do exercício (carga), velocidade da repetição, fadiga, fase do movimento e condições de instabilidade como vibração da barra e superfícies instáveis.<sup>4</sup> Essa grande ativação ressalta a grande importância que o TB tem para a execução do SR.

Sabendo que o TB responde à fadiga e à intensidade do exercício, que são situações frequentes no treinamento resistido com peso, se faz necessário ter o conhecimento do padrão eletromiográfico do TB nessas situações.

Portanto, esse estudo tem como objetivo analisar o padrão eletromiográfico das cabeças lateral e longa do tríceps braquial durante a execução de uma repetição máxima (1RM) e durante uma série de repetições máximas com 80% de 1RM e verificar se há diferença na contribuição de cada cabeça do tríceps durante os testes



## Métodos

Amostra: 10 alunos de graduação do curso de educação física da Universidade de Brasília (idade:  $22,30 \pm 2,83$  anos (média  $\pm$  desvio padrão); massa corporal:  $80,88 \pm 13,75$  kg; estatura:  $1,76 \pm 0,09$  m) com  $1,89 \pm 0,93$  anos de experiência em treinamento resistido com peso participaram voluntariamente do estudo, sendo oito indivíduos do sexo masculino e dois do sexo feminino. Todos os sujeitos declararam ter experiência com a execução do supino reto e o valor estimado de 1RM foi estabelecido pelos próprios participantes de acordo com sua carga utilizada nos treinos.

Os testes foram realizados na academia do Laboratório de Fisiologia e Saúde da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília – DF.

Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes do início do estudo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade de Brasília – nº 16631413.3.0000.0030.

Antropometria: Os participantes foram pesados em uma balança P 150M (Líder, SP), a estatura foi medida com um estadiômetro profissional (Sanny, SP), o diâmetro biacromial foi medido com um paquímetro antropométrico (Cardiomed, PR).

Durante o aquecimento do teste de 1 RM foi pedido para o participante deitar no banco de supino reto e fazer a largura de pegada na barra da qual ele tivesse familiaridade. Essa largura foi anotada e utilizada em todos os testes.

Procedimentos: O protocolo de coletas consistiu em 2 encontros em dias distintos com intervalo de no mínimo 48 horas. Sendo o primeiro para determinar o valor de 1RM e o segundo para execução do teste de repetições máximas com 80% do 1RM.

O protocolo de 1RM no SR escolhido foi adaptado de van den Tillaar e Ettema.<sup>5</sup> Desta forma, o protocolo sofreu algumas modificações como o peso da barra sem sobrecarga (8,5 kg), os valores mínimos de acréscimo de sobrecarga de 2 kg (anilhas de 1kg em cada lado) e o

número de repetições na primeira série. Essas medidas foram adotadas para serem compatíveis com os materiais disponíveis e com nível de treinamento dos participantes.

O protocolo de 1RM se inicia com o participante na posição deitado no banco em decúbito dorsal, com a cabeça, ombros e glúteos apoiados no banco, mantendo os joelhos flexionados e pés planos no solo. Para aquecer, os participantes, utilizando a largura da pegada da qual fosse familiarizado nos treinos prévios, realizou a seguinte sequência:

- 1 série de 20 repetições somente com a barra como sobrecarga;
- 2 séries de 6 repetições com 40% do valor de 1RM estimado;
- 1 série de 3 repetições com 60% do valor de 1RM estimado;
- 1 série de 2 repetições com 75% do valor de 1RM estimado;
- 1 série de 2 repetições com 85% do valor de 1RM estimado.

Entre cada uma das séries houve um minuto de descanso.

Logo em seguida, os eletrodos eram afixados no membro superior direito, no músculo tríceps braquial (TB), para registrar os sinais eletromiográficos da cabeça longa e cabeça lateral, seguindo as recomendações do SENIAM.<sup>6</sup> Para análise eletromiográfica do teste de 1RM, cada participante teve no máximo 5 tentativas para estabelecer o 1RM e o descanso entre as tentativas foi de 5 minutos.

No segundo encontro, os participantes realizaram a progressão de carga como no primeiro dia até alcançar 75% do valor real da 1RM. Em seguida foram afixados os eletrodos nas suas respectivas posições e o participante realizou uma série de repetições máximas com sobrecarga referente a 80% de 1RM. Foi orientado para que todos os participantes executassem as repetições na cadência estabelecida pelo metrônomo ajustado para 60 bpm, sendo dois batimentos para fase excêntrica (descida da barra até tocar o peito) e dois para a fase concêntrica (elevação da barra afastando-a do peito até a extensão total dos cotovelos).

Eletromiografia: Antes de posicionar os eletrodos foi feito o processo de limpeza e abrasão do local com algodão embebido em álcool. Os sinais adquiridos pelo eletromiógrafo *Delsys-Bagnoli 2 EMG System* (DelSys Inc., Boston, MA) foram pré-amplificados com fator de ganho ajustado para 1000, submetido a um filtro passa banda de 20 Hz a 450 Hz, obtidos por meio de dois eletrodos de superfície ativo, diferenciais simples, compostos de duas barras paralelas de 99,9% prata com 10mm de comprimento, 1mm de diâmetro e 10mm de distância entre elas.

Para definir as fases do movimento em excêntrica e concêntrica foi utilizado um eletrogoniômetro desenvolvido pelo Laboratório de Biomecânica da Faculdade de Educação Física da UnB. Antes de cada coleta o eletrogoniômetro foi calibrado e seus valores aferidos para garantir a definição das fases do movimento.

Os sinais eletromiográficos foram adquiridos com taxa de amostragem de 1000Hz por meio do programa LabVIEW™ (National Instruments, USA) e uma rotina do MATLAB™ (MathWorks, USA) foi utilizada para retificar e filtrar os sinais e calcular o valor eficaz (*root-mean-squared*, RMS) de cada ciclo do movimento (excêntrico e concêntrico) no teste de repetições máximas e no teste de 1RM.

Análise estatística: A avaliação da atuação das cabeças longas e laterais do TB foi conduzido por meio do teste de Friedman (análise de variância por ranks de duas vias com amostras relacionadas) para avaliar a interação entre cabeças e fases do movimento. A análise dos dados por meio da ANOVA de duas vias de medidas repetidas, não foi possível devido ao fato dos dados não apresentarem distribuição normal. Portanto, o teste de Friedman foi adotado como alternativa não-paramétrica para avaliação dos dados.

Para verificar diferença entre as cabeças foi utilizada a comparação a cabeça lateral x cabeça longa nas fases concêntrica e excêntrica para cada indivíduo. Para verificar a diferença

entre as fases foi utilizada a comparação da cabeça lateral fase concêntrica x cabeça lateral fase excêntrica e cabeça longa concêntrica x cabeça longa excentrica.

Para análise estatística utilizou-se o software SPSS<sup>TM</sup> Statistics versão 24 (IBM Corp., USA).

## Resultados

A carga obtida no teste de 1RM foi  $78,7 \pm 20,94$  kg, a largura da pegada e diâmetro biacromial foram de  $66 \pm 6,25$  cm e  $41,7 \pm 3,06$  cm, respectivamente.

O número de repetições executadas no teste de repetições máximas foi de  $7,89 \pm 2,03$ .

Foram analisados os valores de RMS de todos os participantes no teste de 1RM (RM), a média das 5 últimas repetições (5UR), a segunda (2R) e a última repetição (UR) do teste de repetições máximas de todos os participantes (exceto o sujeito 8). Todos esses testes apresentaram nível de significância  $p < .050$  (RM:  $p = .042$ ; 5UR:  $p = .005$ ; 2R:  $p = .020$ ; UR:  $p = .003$ ) para descarte da hipótese nula, de que as cabeças e fases se comportariam da mesma maneira, entretanto, essa diferença só foi encontrada na comparação da cabeça lateral na fase excentrica com a cabeça longa na fase concêntrica nas condições 5UR, 2R e UR. Porém essa comparação não traz nenhuma informação a respeito do padrão eletromiográfico do TB, pois compara dois feixes distintos em fases distintas.

Desta forma os resultados a seguir não são estatisticamente significantes e serão apresentados e discutidos qualitativamente.

Nos gráficos a seguir estão representados os valores de RMS do teste de 1RM (Figura 1), a média dos valores RMS das 5 últimas repetições do teste de repetições máximas (Figura 2), os valores de RMS da segunda (Figura 3) e última repetição (Figura 4) do teste de repetições máximas.

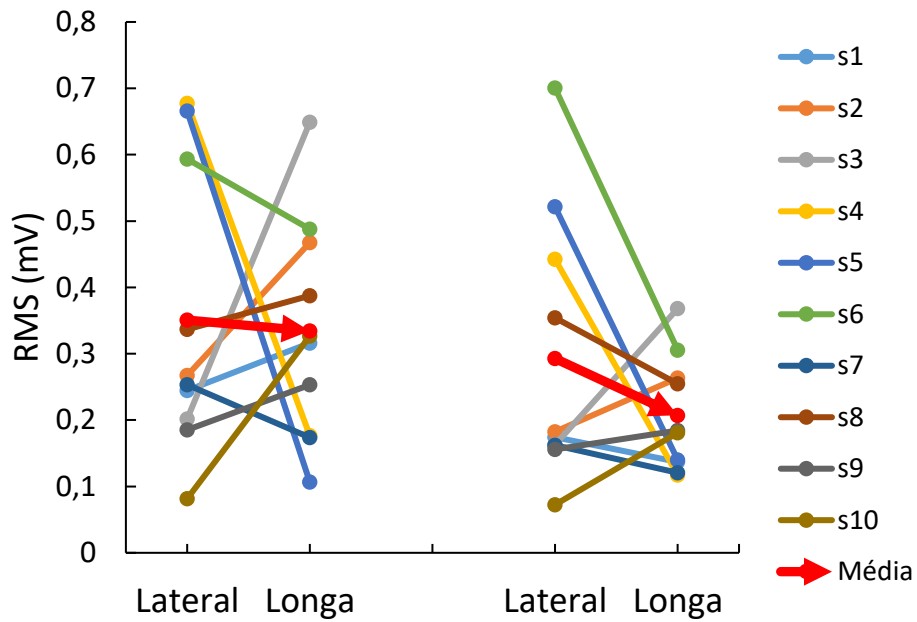


Figura 1. As linhas representam cada sujeito e a comparação entre os valores de RMS (mV) das cabeças lateral e longa do TB na fase concêntrica (esquerda) e excêntrica (direita) do movimento durante o teste de 1RM.

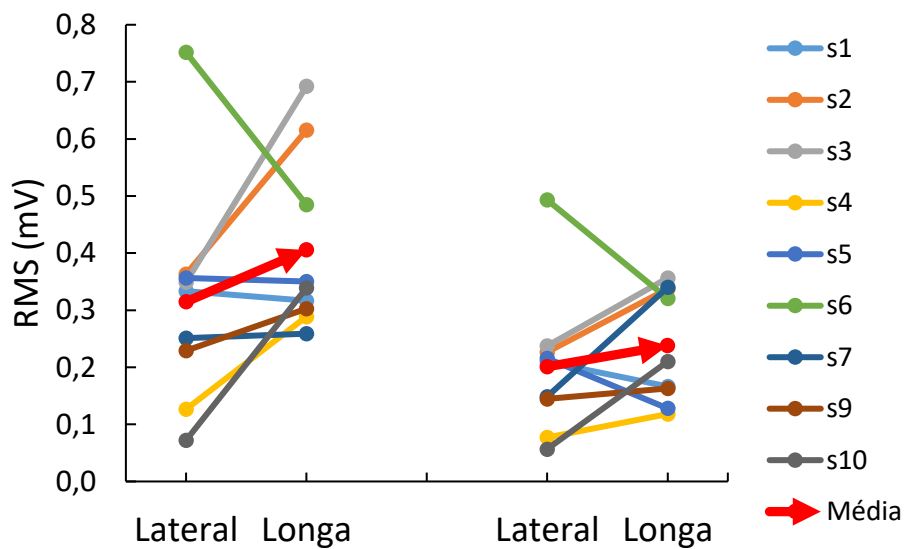


Figura 2. As linhas representam a comparação da média dos valores de RMS (mV) das 5 últimas repetições das cabeças lateral e longa do TB na fase concêntrica (esquerda) e excêntrica (direita) do movimento durante o teste de repetições máximas.

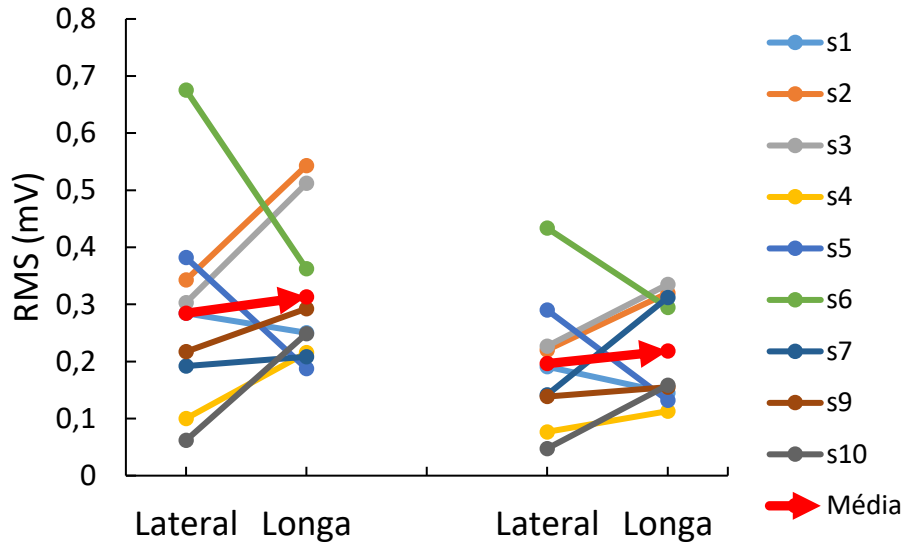


Figura 3. As linhas representam a comparação da dos valores de RMS (mV) da segunda repetição das cabeças lateral e longa do TB na fase concêntrica (esquerda) e excêntrica (direita) do movimento durante o teste de repetições máximas.

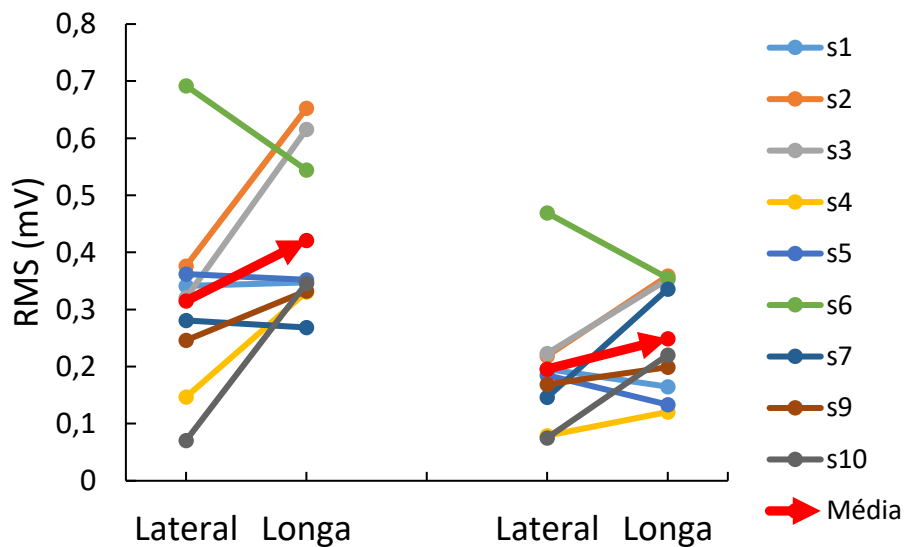


Figura 4. As linhas representam a comparação da dos valores de RMS (mV) da última repetição das cabeças lateral e longa do TB na fase concêntrica (esquerda) e excêntrica (direita) do movimento durante o teste de repetições máximas.

O gráfico (figura 5) a seguir apresenta a média do RMS de cada repetição de todos os participantes (exceto sujeito 8).

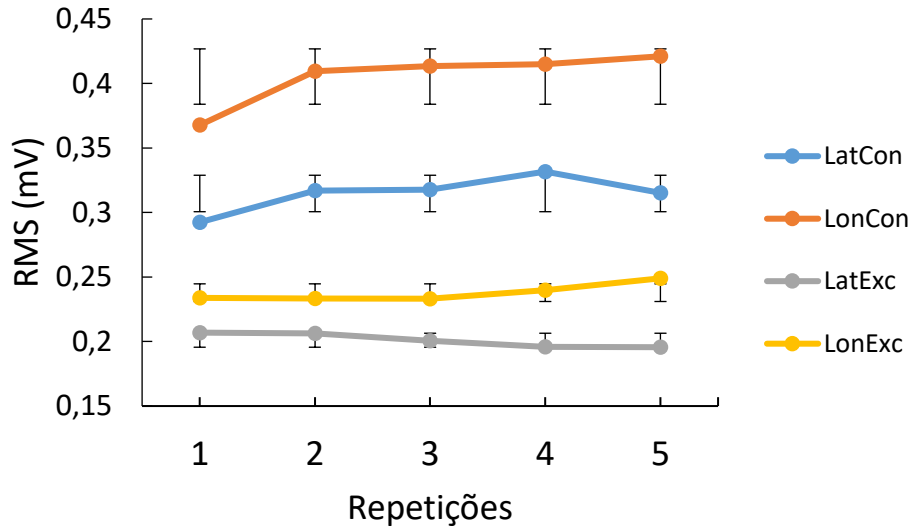


Figura 5. Média dos valores RMS (mV) de cada uma das últimas 5 repetições de todos os participantes (exceto 8) das cabeças lateral (Lat) e longa (Lon) nas fases concêntrica (Con) e excêntrica (Exc).

Os gráficos a seguir demonstram os sinais EMG adquiridos durante o teste de 1RM e teste de repetições máximas (figura 6) e os sinais depois de passarem pelo tratamento por meio da rotina do MATLAB™ (Figura7).

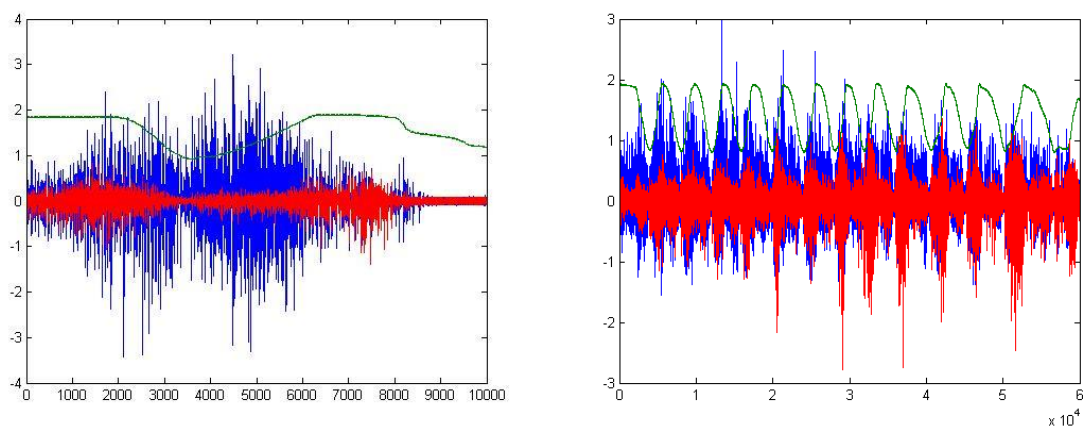


Figura 6. Exemplo do sinal eletromiográfico obtido durante o teste de 1RM (à esquerda) e durante o teste de repetição máxima (à direita). Demonstra a ativação do tríceps braquial cabeça lateral (em azul), cabeça longa (em vermelho) e o sinal do eletrogoniômetro (linha verde)



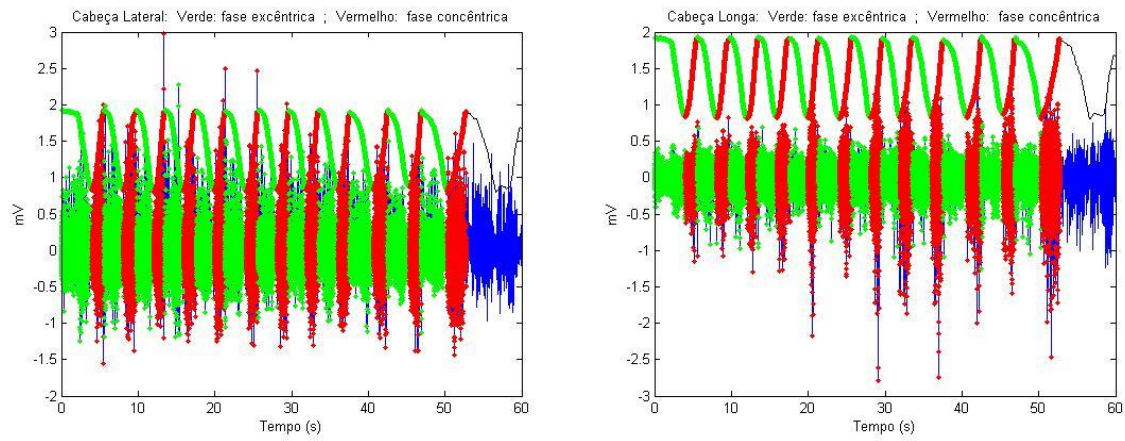


Figura 7. Exemplo dos sinais após passar pela rotina do MATLAB<sup>TM</sup>, identificando as fases excêntrica (verde) e concêntrica (vermelho) da cabeça lateral (à direita) e cabeça longa (à esquerda)

## Discussão

O presente estudo teve como objetivo analisar o padrão eletromiográfico das cabeças lateral e longa do TB durante a execução de 1 RM e durante uma série de repetições máximas com 80% de 1RM e verificar se há diferença na contribuição de cada cabeça do TB durante os testes. Para analisarmos essas diferenças utilizamos o valor RMS dos sinais eletromiográficos obtidos nos dois testes. Os resultados encontrados no presente estudo nos mostram que houve diferença estatisticamente significativa ( $p < .05$ ) somente na comparação da cabeça lateral na fase excêntrica com a cabeça longa na fase concêntrica nas condições 5UR, 2R e UR. Porém essa comparação não traz nenhuma informação a respeito do padrão eletromiográfico do TB, pois compara dois feixes distintos em fases distintas.

Analisando os resultados de forma qualitativa, os gráficos 1 a 5 (Figura 1 a 5) apresentam uma maior ativação das duas cabeças do TB durante a fase concêntrica do movimento, quando comparada a fase excêntrica.

Podemos observar no gráfico 5 (Figura 5), que a cabeça longa apresenta maior ativação durante todo o movimento nas cinco repetições, quando comparada a cabeça lateral. Há também uma tendência de maior ativação da cabeça longa do TB durante todas as situações analisadas no teste de repetições máximas (Figura 2 a 4).

Van den Tillar e Saeterbakken<sup>7</sup> analisaram o efeito da fadiga em uma série de 6 repetições máximas no exercício SR e constataram que o músculo tríceps braquial (cabeça longa) apresentava um aumento na sua ativação no decorrer das repetições, em ambas as fases do movimento, sendo maior para a fase concêntrica. O gráfico 5 (Figura 5) apresenta um comportamento parecido ao mostrado no estudo de van den Tillar e Saeterbakken,<sup>7</sup> porém, no presente estudo não foi observado um grande incremento da atividade elétrica depois da segunda repetição e nem foi encontrado diferenças significativas entre cada repetição.

Stastny *et al.*,<sup>4</sup> relata que o músculo tríceps braquial está mais sujeito a mudanças em seu padrão eletromiográfico, quando sob as condições de instabilidade, intensidade do exercício, fadiga, velocidade do movimento e fases do movimento. Tendo em vista que a função primária do TB no SR é a extensão do cotovelo, variáveis cinemáticas como a largura da pegada, trajetória da barra e ângulos articulares, podem influenciar no padrão eletromiográfico do músculo e, conseqüentemente, na sua contribuição para a produção de força.

Neste estudo a relação entre pegada e diâmetro biacromial encontrada foi de  $1,58 \pm 0,13$ , que segundo os autores Wagner *et al.*<sup>8</sup> e Barnett *et al.*<sup>9</sup> é considerada como uma distância média. De acordo com Wagner *et al.*,<sup>8</sup> é a largura de pegada que se produz mais força no exercício SR. Porém, não é a largura de pegada que resulta em maior ativação muscular do TB.<sup>10</sup>

Quanto as outras variáveis cinemáticas do movimento, uma limitação do presente estudo foi que ele não se propôs a analisá-las, mas vale ressaltar a importância da análise cinemática como recurso para agregar mais informações a análise eletromiográfica a fim de controlar melhor as variáveis e explicar as interações entre o movimento e a ativação muscular.

Outras limitações que o estudo apresentou foi o baixo número amostral e a falta de normalização da atividade eletromiográfica dos sujeitos, que limitou a comparação das ativações entre os sujeitos.

O estudo buscou responder se há diferenças na ativação das cabeças do músculo TB na execução do exercício SR durante duas situações que são comuns em um treino de força. A diferença na atividade elétrica de uma determinada cabeça do TB poderia demonstrar uma predominância dessa cabeça durante o movimento e, utilizar exercícios que consigam fortalecer essa cabeça do tríceps poderia resultar em um melhor desempenho no exercício SR.

E analisando os resultados obtidos, a cabeça longa parece ser mais predominante em séries que envolvam cargas submáximas, enquanto para série de somente uma repetição ambas as cabeças apresentam nível de atividade similar.

Por fim, o presente estudo encontrou diferenças estatisticamente significativas entre as cabeças e as fases, porém, para comparações que não são úteis para o propósito desse estudo. A análise qualitativa dos achados indicou diferença na ativação das cabeças e nas fases do movimento, sendo maior para a fase concêntrica do movimento em ambos os testes e cabeça longa com maior ativação no teste de repetições máximas.

.

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente à minha família e amigos que sempre estiveram presente e me apoiaram durante o trabalho. Agradeço a Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília, pela disponibilidade de espaço e material e aos professores doutores Rinaldo André Mezzarane, Ricardo Moreno Lima pelo auxílio com os dados da pesquisa e equipamentos. Agradeço ao professor Dr. Tiago Guedes Russomanno por aceitar o desafio e por me orientar na elaboração de cada etapa desse trabalho. Por fim, agradeço aos alunos da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília por aceitar o convite de participar como amostra da pesquisa, tornando-a possível.

## Referências

1. Willardson JM, Burkett LN. The effect of rest interval length on the sustainability of squat and bench press repetitions. *J. Strength and Cond. Res.* 2006; 20(2):400–403.
2. ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2009;34:364–380.
3. Rocha Jr, Gentil P, Oliveira E, Do Carmo J. Comparison among the EMG activity of the pectoralis major, anterior deltoidis and triceps brachii during the bench press and peck deck exercises. *Rev. Bras. Med. Esporte.* 2007; 13(1):43-46.
4. Stastny P, Goøaš A, Blazek D, *et al.* A systematic review of surface electromyography analyses of the bench press movement task. *PLoS ONE.* 2017;12(2):1-16. doi:10.1371/journal.pone.0171632.
5. Van den Tillaar R, Ettema G. A comparison of kinematics and muscle activity between successful and unsuccessful attempts in bench press. *Med. Sci. Sports and Exerc.* 2009;41:2056–2063.
6. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;10:361–374.
7. Van den Tillaar R, Saeterbakken A. Effect of fatigue upon performance and electromyographic activity in 6-RM bench press. *J Hum Kinet.* 2014;40:57–65.
8. Wagner LL, Evans SA, Weir JP, Housh TJ, Johnson G0. The effect of grip width on bench press performance. *Int. J. Sport Biomech.* 1992;8:1-10.
9. Barnett C, Kippers V, Turner P. Effects of variations of the bench press exercise on the EMG activity of five shoulders muscles. *J. Strength and Cond. Res.* 1995;9(4):222-227.
10. Lehman GJ. The influence of grip width and forearm pronation/supination on upper-body myoelectric activity during the flat bench press. *J. Strength and Cond. Res.* 2005;19(3):587–591.

## Diretrizes para autores da revista

Instructions for Authors

*Journal of Applied Biomechanics*

The *Journal of Applied Biomechanics (JAB)* disseminates the highest quality peer-reviewed studies that utilize biomechanical strategies to advance the study of human movement. Specific areas of interest include sport, rehabilitation, injury prevention, gait, and posture. Also within the scope of *JAB* are studies using biomechanical strategies to investigate the structure, control, function, and state (health and disease) of animals.

### I. Types of Manuscripts

*JAB* accepts six types of manuscripts, which are described below. The word count limitations pertain to the Introduction section through the Discussion section.

**Original Research Article:** Presents the results of a hypothesis-driven study or, in some cases, a descriptive study, the results of which are considered novel and important. Original Research Articles should not exceed 4,000 words or include more than 8 figures/tables.

**Technical Note:** Presents a new or modified method or instrument, or an important experimental observation. Technical Notes should not exceed 2,000 words or include more than 4 figures/tables.

**Computational Model Article:** Presents novel and important model development and/or application. Authors are required to address issues of model validation, sensitivity, and limitations as appropriate. Supplemental information (e.g. equations, visualizations, and data) can be made available online. Computational Model Articles should not exceed 4,000 words or include more than 8 figures/tables.

**Review Article:** Presents a critical and inclusive overview of a topic of scientific and/or clinical importance in biomechanics. The role of Review Articles in *JAB* is to provide a stimulus for further systematic biomechanical inquiry. This requires that a presumably large body of accumulated literature is summarized so as to illuminate gaps in the state of knowledge. These gaps can be revealed by identifying conflicting evidence, problems borne of methodological disparities and/or inadequacies, the influence of invalid or unproven assumptions, and the potential for alternative interpretations. Collectively, these gaps should lead to establishing explicit and testable hypotheses. Such reviews should be forward looking and should not merely report the current state of the art. Please e-mail the Editor-in-Chief Michael Madigan ([mlm@tamu.edu](mailto:mlm@tamu.edu)) if you are interested in submitting a Review Article for consideration. This email should include an abstract and a brief statement of expertise of the author(s) on the topic of the review, which can simply be a list of publications on the topic. Review Articles should not exceed 6,000 words or include more than 8 figures/tables.

**Target Article:** Presents a summary of current scientific thought from the unique perspective of an experienced scientist on a matter of significance to the field of biomechanics. Invited responses to the Target Article and the author's rebuttal can be published along with the Target Article. Target Articles are designed to stimulate thinking and research ideas relating to the topic. Please e-mail Editor-in-Chief Michael Madigan ([mlm@tamu.edu](mailto:mlm@tamu.edu)) if you are interested in developing a Target Article.

**Book Review:** Please e-mail Editor-in-Chief Michael Madigan ([mlm@tamu.edu](mailto:mlm@tamu.edu)) if you are interested in submitting a book review for consideration. Book Reviews should not exceed 1,000 words.

## **II. Cover Letter**

A cover letter must accompany all submissions. The cover letter should include the following items:

A. Manuscript title

B. Type of manuscript

C. A statement that all authors satisfy the criteria for authorship as outlined by the International Committee of Medical Journal Editors (available at [www.icmje.org](http://www.icmje.org)). Each author must meet all 4 criteria:

1. Substantial contribution to the conception or design of the work; or the acquisition, analysis, or interpretation of data for the work

2. Drafting the work or revising it critically for important intellectual content

3. Final approval of the version to be published

4. Agreement to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved

\*Individuals who do not meet the above criteria may be listed in the acknowledgments section of the manuscript.

D. A statement that the manuscript has not been published elsewhere, and is not under consideration for publication elsewhere.

E. List of all authors. The corresponding author may sign on behalf of all authors.

F. If the author(s) are submitting a Review Article, the cover letter should also include a brief statement of expertise within the topic of the review, which can simply be a list of publications on the topic.

## **III. Manuscript Preparation**

All manuscripts must be written in English, with attention to concise language, a logical structure and flow of information, and correct grammar. We appreciate that some of our authors do not speak English as their first language and may need assistance to reach the standards required by the journal. In addition, some younger authors may not be experienced in scientific writing styles. Since manuscripts that fail to meet the journal's writing standards will not be sent out for review, such authors should ensure that they seek assistance from native English speakers and/or experienced colleagues prior to submitting their paper. Many journals acknowledge the existence of companies that offer professional editing services. An example of such a service can be found at <http://www.aje.com/>. This information does not constitute endorsement of this service. Use of an editorial service is at the discretion and cost of the authors, and will not guarantee acceptance for publication in *JAB*.



The manuscript should be formatted and organized as described below, and as illustrated in the sample manuscript at the end of this document. If not specified here, questions about writing style should default to the 10th edition of the *AMA Manual of Style*. Failure to follow these guidelines may result in your manuscript being returned without review. Additional insight into how authors should compose their manuscript is freely available in the article referenced below.

Brand RA, Huiskes R. Structural outline of an archival paper for the *Journal of Biomechanics*. *J Biomech*. 2001;34(11):1371–1374. [http://www.jbiomech.com/article/S0021-9290\(01\)00104-X](http://www.jbiomech.com/article/S0021-9290(01)00104-X)

## **A. Formatting**

Manuscripts should be submitted in Microsoft Word. Use Times New Roman 12-point font, 1-inch margins, full right/left justification, double-spacing, and continuous line numbers throughout the manuscript. Do not include page numbers because they will be automatically added when your submission is compiled into a PDF for peer review. Paragraphs should begin with an indentation by pressing the Tab key, with no blank line between paragraphs.

## **B. Organization**

Please see the sample manuscript at the end of this document.

## **C. Equations**

Whenever possible, we recommend Design Science’s MathType because it works well with Microsoft Word (.doc or docx), and because it is compatible with post acceptance journal production procedures. In ordinary text, please type in single variables and/or symbols by inserting characters from Word’s Symbol Standard font (eg,  $\alpha$ ,  $\omega$ , or  $\Delta$ vel). If these approaches are not possible, any program used to generate equations must render its equations in image format at a resolution of at least 300 pixels per inch.

## **D. Numbers and Units**

Please use the International System of Units (SI) and its spacing rules for all numbers and units. For the correct abbreviations, see <http://www.bipm.org> or <http://physics.nist.gov/cuu/pdf/sp811.pdf>. Examples of correct usage are as follows:

1. N m or N·m for a newton meter; Pa s or Pa·s for a pascal second
2. m/s or m·s<sup>-1</sup> for a meter per second
3. L for a liter in all situations: mL, mmol/L, and similar
4. Always use a space to separate the number from the unit—as in “0.4 km·h; 0.995 W; and age, 27.7 ± 1.7 y”—even when used in a modifying context: “the instrument applied a 2.5 MPa stress to the tissue” (no hyphen, or dash, between 2.5 and MPa).
5. Use the exponent style for multiple units, rather than the solidus (slash) style without parentheses: Use  $-21.25 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$  instead of  $-21.25 \text{ J/kg/m}$ .

**E. Additional Formatting Preferences** 1. Always use commas and semi-colons in a series to separate the items. The comma is the mandatory first-order separator, and the semi-colon is reserved to function

only as the second-order separator, as in, “sports, exercise, and physical activity; randomized, double-blind, controlled trials; and enthusiasm, organization, and commitment. . . .” Always include the comma or semi-colon, as appropriate, before the conjunction word (and, or, but).

2. The semi-colon is used only to separate, and never to introduce.

3. The colon is used to introduce.

4. Capitalize only the very few kinds of words specified in the AMA style manual, such as persons’ names. If in doubt, use lowercase.

5. Use acronyms and abbreviations sparingly. Spell out a term at each instance if you use it only 2–3 times. Differentiate between abbreviations (usually lowercase letters) and acronyms (all capital letters). Always use the spelled-out form to begin a sentence. Once you introduce an acronym, keep using it and do not revert to use of the spelled-out term.

6. In the text, parentheses should always surround the brackets: ([ . . . ]).

7. In math, always use the multiplication sign ( $\times$ ) or centered dot ( $\cdot$ ), but never the asterisk. In text, type a space on both sides of all operators, or allow the math software to apply standard spacings. Separate the operations using brackets and parentheses: { . . . [ . . . ( . . . ) . . . ] . . . }

8. Leave no spaces before, between, and after any subscript or superscript.

9. Never use the Tab key except to indent the first line of a paragraph.

#### **IV. Review Criteria**

Manuscripts will initially be screened by the Editorial staff to determine whether it fits within the scope of *JAB*, has the potential for a positive review, and complies with the requested format and organization. Following this initial screening, *JAB* uses a single-blinded review process where the identity of the authors is revealed to the reviewers, but not vice versa. Manuscripts are peer-reviewed by the Editorial Board and reviewers according to the following general criteria:

A. Significance or importance of the topic or problem to the field

B. Originality of the research question(s) or goal(s) of the study

C. Scientific quality of the methodology, results, and interpretation of the results

D. Clarity and conciseness of the writing

E. Potential impact on the field

F. Interest to the readership

#### **V. Revised Manuscripts**

Following peer review, it is common for revisions to be requested. As part of the revision process, please create a document that provides a point-by-point response to the reviewer comments. This document should alternate between each reviewer comment (pasted verbatim from the review), and your response to that comment. State specifically where in the manuscript you revised the text, table, and/or figure in response to the reviewer’s concern, and underline added or changed text in the revised manuscript (do not use the track changes feature

in Microsoft Word). If you choose not to revise the manuscript on a particular point, clearly state so and justify your decision.

During submission of your revised manuscript, upload your point-by-point response as a “Supplementary File”, and update the order so that this file appears prior to the revised manuscript. This will ensure your response appears first in the PDF compiled by ScholarOne.

On the Title Page, write the *JAB* manuscript ID number followed by “.R1” for a first revision, “.R2” for a second revision, and so on.

## **SAMPLE MANUSCRIPT**

**February 28, 2014**

**JAB\_2013\_0275.R1** (*Please include manuscript number if submission is a revision*)

**Age differences in the required coefficient of friction during level walking do not exist when experimentally-controlling speed and step length**

Dennis E. Anderson,<sup>1</sup> Christopher T. Franck,<sup>2</sup> Michael L. Madigan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Orthopedic Surgery, Harvard Medical School, Boston, MA, USA

<sup>2</sup>Department of Statistics, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, USA

<sup>3</sup>Department of Biomedical Engineering, Texas A&M University, College Station, TX, USA

**Conflict of Interest Disclosure:** None.

### **Correspondence Address:**

Michael L. Madigan, PhD

Department of Biomedical Engineering

5045 Emerging Technologies Building

3120 Texas A&M University

College Station, TX 77843-3120

Phone: 979.862.1214 Email: mlm@tamu.edu

**Running Title:** (*If desired, provide a brief title of no more than six words*)

*(Insert page break here)*

### **Abstract**

The abstract should briefly describe your motivation, purpose, methods, results, and conclusions. Do not use subheadings, and limit the length to 200 words.

**Keywords:** Please include 3 to 5 keywords that help describe the general aspects of the manuscript. These keywords should: *not* already appear in the title, be listed in all lowercase, and be separated by commas (not semi-colons).

**Word Count:** Please provide the word count for the Introduction through the Discussion.

*(Insert page break here)*

### **Introduction**

Provide background information on the significance of the problem or issues addressed by the work, making sure to adequately motivate the need for the study. In text citations should appear as superscript numerals,<sup>1</sup> and should be numbered in the order of appearance.

The last paragraph of the Introduction should explicitly state the purpose of the study, and hypotheses if appropriate. In general, Original Research Articles must include hypotheses. Other types of manuscript listed above do not have this requirement.

### **Methods**

Begin with a description of your subjects. Studies involving humans must include a statement regarding institutional approval of protocol and informed consent. Studies involving animals must include a statement regarding institutional approval and compliance with government regulations on animal welfare. Then provide an overview of your Methods (including a description of your experimental design), and a detailed description of the Methods. If you proposed a question or hypothesis in the Introduction, conclude this section a description of your statistical analysis.

Subheadings: Subheadings are acceptable within the Methods section if formatted as shown here, but should not be used as a substitute for clear topic sentences that lead each paragraph.

### **Results**

Begin each paragraph with a topic sentence that states a key result. Each topic sentence should correspond to a specific question asked or a hypothesis posed. The text following the topic sentence provides the substantiating information. Subheadings should not be used in the Results section.

To report  $p$  values (note that  $p$  should be lowercase and italicized), use 3 decimal places for exact values, without a leading zero. For  $p$  values less than .001, use  $p < .001$ . References to Figures (Figure 1) and Tables (Table 1) in the text should be given parenthetically.

### **Discussion**

Begin by reiterating the purpose of the study or the important questions/hypotheses, and then the primary findings. Next, it is typically best to describe the important limitations of the study. The remaining Discussion should include: (1) interpretation (what happened and why?); (2) integration (how do the current results compare/support/diverge from existing evidence or theories?); and (3) implications (what does the current work suggest regarding practice in this or related fields?). End this section with a summary of your findings. Do not use “Conclusions” as a subheading, and do not provide any comments directed toward future research.

### **Acknowledgments**

Include sources of funding, and any other contributors to the work presented in the manuscript.

### **References**

References should be numbered, and be listed in the same order as they appear in the manuscript. References must follow the *American Medical Association (AMA) Manual of Style*, 10th edition. This is the same format as used by the *Journal of the American Medical Association*, for which output style files are available for most reference management software.

References should be for published materials (ideally, peer-reviewed), and preferably not sources that are not generally available to readers. References do not need to be double-spaced. Samples include:

1. Brand RA, Huiskes R. Structural outline of an archival paper for the Journal of Biomechanics. *J Biomech.* 2001;34(11):1371–1374. [**journal article**]
2. Crisco JJ, Wilcox BJ, Machan JT, *et al.* Magnitude of head impact exposures in individual collegiate football players. *J Appl Biomech.* In press. [**in press journal article**]
3. Lewinsohn P. Depression in adolescents. In: Gottlib IH, Hammen CL, eds. *Handbook of Depression.* New York, NY: Guilford Press; 2002:541–553. [**chapter in a book**]
4. Iverson C, Christiansen S, Flanagan A, *et al.* *AMA Manual of Style: A Guide for Authors and Editors.* 10th ed. New York, NY: Oxford University Press; 2007. [**entire book**]  
(Insert page break here)

### Tables

Tables must be formatted using Microsoft Word’s table-building functions, with rows, columns, and cells, and not with tabs, spaces, and paragraph breaks. Tables must be concise and no larger than approximately 15 cm (6 inches) wide by 23 cm (9 inches) tall, including the title and footnotes, if intended to fit on a single printed page. Tables should not be double-spaced. Each table must be numbered, have a brief title, and be mentioned in the text parenthetically (Table 1) at least once.

Table 1 Faller and nonfaller group characteristics, mean (SD)

Characteristic	Faller ( <i>n</i> = 60)	Nonfaller ( <i>n</i> =90)	<i>p</i>
Age (years)	77.0 (8.2)	74.3 (9.0)	.002
Height (cm)	164.4 (8.2)	170.8 (10.9)	.011
Weight (N)	743.4 (166.8)	764.7 (148.3)	<.001
Sex	16 male/44 female	46 male/44 female	

### Figure Captions

**Figure 1** — Provide a caption that describes a fact or finding depicted in the figure. Define all nonstandard abbreviations or acronyms used in the figure. The caption should be as short as possible, with full explanations provided in the text. Each figure must be numbered and each should be called out in the text in consecutive numerical order. (End of main document)

### Figures

Please do not integrate figures into your manuscript. Instead, each figure will be uploaded separately during the online submission process, and automatically appended to the end of your manuscript when a PDF of your entire submission is created via ScholarOne.

Each figure must be no larger than approximately 15 cm (6 inches) in width and 20 cm (8 1/3 inches) in height, not including the caption. The size of any text appearing in your figures must be easily readable after the figure is properly sized for publication. Ideally, all units should be styled and used just as in the text. In bar graphs, the use of stripe patterns, cross-hatching, or solids (black or white) is best. When using shades of gray, make sure they are easily

distinguishable when printed. Use thick (e.g., 1 point in width) black solid lines throughout for best reproducibility.

The preferred file format is high-resolution EPS, but high-resolution JPEGs or TIFFs at 300 ppi are also acceptable, as are high-resolution PDFs. Figures may be created in Microsoft Word, but never paste or import a figure from other software into Word, due to loss of quality. When uploading, clearly identify each figure by including its number and the corresponding author's name within the file name. Only if necessary to convey meaning, color figures can be published at a cost to the author of \$600 per page in the print version. Likewise, only if necessary, color figures may be used in *JAB*'s electronic version, but at no cost to the author (the corresponding print figures will be in black/white or grayscale). Whenever possible, please make sure data points/lines are distinguishable when printed on a non-color printer.

Authors wishing to reproduce previously published material must obtain prior written permission from the copyright holder, and include this with submission. Motion picture imaging (videos, movies) may be submitted for display as part of *JAB*'s electronic version.