

## Coordenação no tiro com arco: diferenças entre o iniciante e o atleta de nível internacional

Coordination in archery: difference between beginner and the world-class athlete

Nadjila Tejo Machado<sup>1,\*</sup>  
Fernando Carvalheiro Reiser<sup>1</sup>  
Elder de Sousa Palha Santos<sup>1</sup>  
Tuany Toríbio Valtner<sup>1</sup>  
Ulysses Fernandes Ervilha<sup>1</sup>  
Marcelo Saldanha Aoki<sup>1</sup>  
Fernando Henrique Magalhães<sup>1</sup>  
Luis Mochizuki<sup>1</sup>

### Resumo

**Objetivo:** Este estudo tem por objetivo analisar a atividade muscular de arqueiros durante o atirar uma flecha com o arco em uma simulação de competição olímpica (72 flechas em 12 blocos de 6 tiros). **Método:** Foram coletados os dados de uma simulação olímpica executada por um arqueiro experiente e um arqueiro iniciante. Os dados de atividade muscular foram coletados por eletrodos de superfície e o acelerômetro determinou o início do movimento. A análise estatística usou ANOVA One-way e o pós-teste de Tukey. **Resultado:** O arqueiro iniciante não possui um padrão de ativação muscular definido. Por conseguinte, o arqueiro experiente apresentou diferenças na estabilização da lombar nos primeiros blocos que diminuiu ao longo dos blocos. O músculo Serrátil Anterior teve diferença significativa no lado que puxa a corda quando comparado ao lado que estabiliza o arco. **Conclusão:** O arqueiro iniciante pode adquirir com o tempo, um padrão de ativação, fazendo-o para selecionar a melhor técnica de tiro

**Palavras-Chave:** sistema musculoesquelético, eletromiografia, desempenho atlético.

### Abstract

**Objective:** This study aims to analyze muscle activity during the archers shoot an arrow with the bow in an Olympic competition simulation (72 arrows in 12 blocks of 6 shots). **Methods:** Data were collected from an Olympic simulation performed by an experienced archer and a beginner archer. The muscle activity data were collected by surface electrodes and the accelerometer determined the beginning of the movement. Statistical analysis used ANOVA One-way and Tukey's post-test. **Results:** The beginner archer does not have a pattern of muscle activation. Therefore, the experienced Archer showed differences in the lumbar stabilization in the first blocks decreased over the blocks. The serratus muscle Previous had significant difference in side pulling the rope when compared to the side that stabilizes the bow. **Conclusion:** The beginner archer can acquire with time, a pattern of activation, making it to select the best shot technique.

**Keywords:** musculoskeletal system, electromyography, athletic performance.

### Afiliação dos autores

<sup>1</sup>Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

### \*Autor correspondente

Laboratório de Ciências da Atividade Física, Rua: Arlindo Bettio, 1000, CEP 03828-000, Vila Guaraciaba, São Paulo, São Paulo, Brasil.  
e-mail: nadjila@folha.com.br

### Conflito de interesses

Os autores declararam não haver conflito de interesses.

### Processo de arbitragem

Recebido: 05/11/2017  
Aprovado: 02/12/2017

## Introdução

O tiro ao arco é uma modalidade esportiva cujo objetivo depende da consistência, precisão e acurácia. O desempenho nesse esporte é avaliado pela pontuação atingida pelo acerto de flechas no alvo. O tiro de flechas na competição olímpica é feita em 12 blocos de seis flechas. A consistência no tiro ao arco depende da postura adotada pelo arqueiro. A habilidade depende da interação entre o sujeito, o arco e a flecha durante o tiro<sup>1</sup>. Os músculos são importantes manter a postura correta quando se soltar a flecha<sup>2</sup>.

Os arqueiros coordenam músculos agonistas e antagonistas do antebraço<sup>3,4</sup> por meio de padrões de cocontração ou inibição recíproca. A estratégia de cocontração faz com que o arqueiro minimize interferências externas no tiro<sup>5</sup>, diversos variáveis podem afetar o desempenho simultaneamente<sup>6</sup>. A ação de músculos agonistas e antagonistas estabilizam a articulação pelo aumento da rigidez diminuindo o efeito das perturbações por meio do seu efeito mecânico<sup>7</sup>.

O tiro deve ser realizado sem o efeito de perturbações, tornando a fase de liberação da flecha reproduzível ao longo dos blocos de tiros<sup>8</sup>. O estudo da coordenação muscular pode ajudar a encontrar a estratégia de ativação muscular durante o tiro para entender a complexidade do movimento executado pelo arqueiro. As pesquisas descrevem diferentes tipos de coordenação e ativação muscular durante o tiro de atletas<sup>1</sup>; e focaram a ação dos músculos do antebraço. Mesmo assim, não é claro quais são os padrões de ativação muscular durante o tiro com o arco. Este estudo tem por objetivo analisar a atividade muscular de arqueiros durante o atirar uma flecha com o arco em uma simulação de competição olímpica.

## Métodos

O projeto de pesquisa está aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas em Seres Humanos da Escola de Artes, Ciência e Humanidades da Universidade de São Paulo; cadastrado com o número de Certificado de Apresentação para Apreciação Ética 54077616.5.0000.5390.

### Amostra

Para este estudo foram recrutamentos dos atletas que participam da Seleção Brasileira de Tiro com Arco, entretanto para este resumo inseriu os dados de um iniciante e o melhor arqueiro da temporada.

### Equipamentos

Para a análise da atividade muscular foi utilizado o aparelho de EMG de 16 canais da marca EMG System do Brasil®. O software para a coleta dos dados da atividade muscular será o EMG System do Brasil®, que operou em 2 kHz de frequência de amostragem. O intervalo de interesse é 500 milissegundos (ms) pré a ação do clicker e 500 ms após o clicker. Os músculos escolhidos no lado dominante foram: Flexores dos Dedos, Extensores dos Dedos, Bíceps Braquial porção Longa, Tríceps Braquial, Reto Abdominal porção Anterior, Multifido, Serrátil Anterior no lado dominante (puxa a corda); no lado não dominante (estabiliza o arco) o Serrátil Anterior. O acelerômetro fixado no punho era da marca EMG System do Brasil®, esse indicou o início do movimento.

### Procedimento experimental

Primeiramente houve a fixação dos eletrodos de superfície e do acelerômetro. O pré-teste foi iniciado com a Contração Voluntária Máxima dos músculos analisados. O atleta realizou o aquecimento com três séries de seis tiros (18 flechas), ao mesmo tempo em que proporcionava o feedback para o ajuste dos cabos dos eletrodos, a fim de adaptar o posicionamento do mesmo para maior conforto durante a execução do tiro. Os dados de EMG foram coletados durante o tiro com 500ms pré e pós a ação do clicker, o atleta realizou duas rodadas de seis blocos com seis flechas em cada bloco (36 flechas em cada bloco, 72 flechas no total). O intervalo entre as duas rodadas foi de 20 minutos.

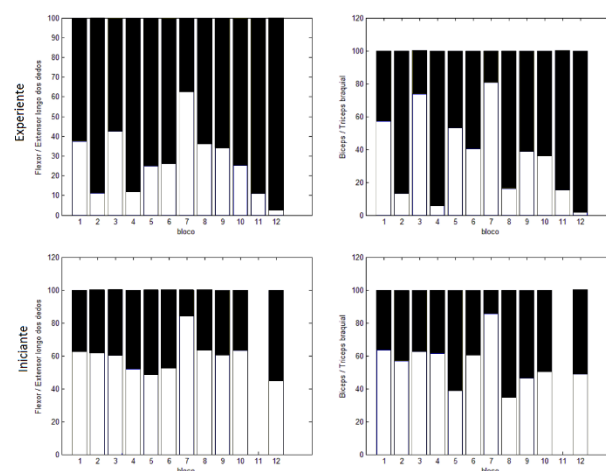
### Análise dos dados

Os dados do acelerômetro foram filtrados com o filtro passa-baixa de 4ª ordem de 20 Hz. O sinal EMG coletado teve o sinal bruto de EMG retificado, filtrado (frequência de corte será definida por meio de análise do espectro de frequências e a frequência de corte para manter 95% da potência do sinal) e normalizado pela ativação no teste de contração voluntária máxima. O Root Mean Square (RMS) foi calculado para interpretar o comportamento da atividade muscular preservando a potência do sinal indicando a magnitude do sinal na contração voluntária máxima. A análise do espectro de densidade de potencial do sinal de EMG identificou a contribuição das bandas de frequência na construção do espectro do sinal foi feita por meio da análise de frequência (Fourier).

### Procedimento estatístico

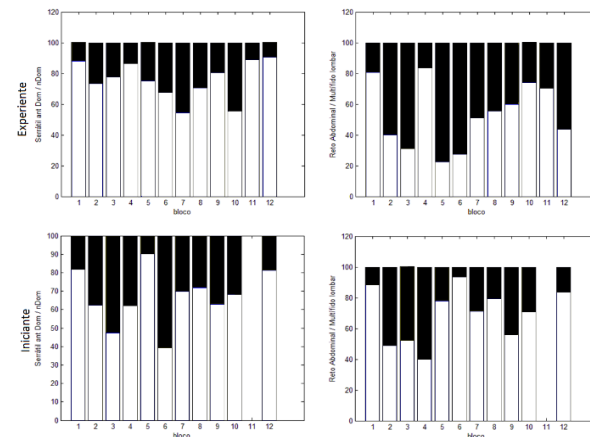
A Análise de Variância One-way (atividade muscular como fator) e pos hoc Tukey HSD. A comparação dos músculos agonistas e antagonistas pela sua ação no movimento por meio da co-contração muscular entre os blocos foi a partir da Contração Voluntária Máxima, ponto de corte para o prosseguimento da análise, pois este é realizado antes dos tiros da simulação olímpica.

## Resultados



**Figura 1.** Co-contração dos Flexores dos Dedos, Extensores dos Dedos, Bíceps Braquial porção Longa, e Tríceps Braquial de arqueiros (experiente e iniciante).

Para os músculos Flexores dos Dedos, Extensores dos Dedos, Bíceps Braquial porção Longa, e Tríceps Braquial, o arqueiro iniciante não apresentou variação na intensidade de ativação entre os blocos. Já o arqueiro experiente a ativação do Tríceps braquial foi considerada constante.



**Figura 2.** Co-contração do Reto Abdominal porção Anterior, Multifido, Serrátil Anterior no lado dominante (puxa a corda); no lado não dominante (estabiliza o arco) o Serrátil Anterior de arqueiros (experiente e iniciante).

O arqueiro iniciante não possui um padrão de ativação muscular definido, nenhum músculo apresentou variação na intensidade de ativação entre os blocos. No entanto, o arqueiro experiente apresentou que o músculo Multifido nas primeiras 36 flechas estabiliza mais a lombar, nas últimas estabiliza bem menos. O músculo Serrátil Anterior possui diferença, no lado que puxa a corda ativa mais que o lado que estabiliza o arco. Os músculos SEAD ( $p=0,006$ ), MUL ( $p<0,001$ ) e SEAND ( $p<0,001$ ) mostraram ativação diferente nos blocos.

### Discussão

Os diferentes níveis de habilidades afetam a capacidade de reproduzir padrões motores semelhantes pelo controle neuromuscular dos músculos trapézio, bíceps braquial e extensor dos dedos<sup>9</sup> (CLARYS et al., 1990). A seleção da técnica de tiro correta resulta no aumento da precisão de arqueiros e não arqueiros, mesmo que este tenha uma ativação muscular desnecessária devido a tensão e a fadiga muscular<sup>10</sup> (STONE, 2007).

A principal diferença entre os arqueiros de elite e iniciantes foi que os arqueiros de elite mostram maior ativação dos extensores dos dedos e contração dos grupos musculares extensor, esta estratégia de contração muscular não interfere no movimento e aumenta as chances de acertar o alvo<sup>5,11</sup> (ERTAN, 2009; ERTAN et al., 2003).

Para Tinazci<sup>6</sup> os arqueiros de alto desempenho tem o tempo de reação mecânico ao clicker mais curto e a atividade muscular menor como consequência do aumento do desempenho. Estudos futuros poderiam investigar uma gama maior de músculos dos que os investigados por esse estudo, bem como intervalos de tempos maiores para captar a co-contração muscular em mais segundos.

### Conclusão

O arqueiro iniciante não possui um padrão de ativação muscular definido, devido a homogeneidade na intensidade de ativação entre os blocos. O arqueiro experiente apresentou singularidades, tais como: estabilização da lombar nos primeiros blocos que decaiu ao longo dos blocos. O músculo Serrátil

Anterior tem diferença significativa no lado que puxa a corda quando comparado ao lado que estabiliza o arco. Conclui-se que por estes dois arqueiros, hipotetiza-se que a tendência é que o arqueiro iniciante tenha um padrão de coordenação com o tempo, para selecionar a melhor técnica de tiro.

### Agradecimentos

Seleção Brasileira de Tiro com Arco pela colaboração com esse estudo.

Marcelo Saldanha Aoki que nos apresentou a Seleção Brasileira de Tiro com Arco.

### Referências

- Houel N, Dinu D, Seyfried D, Dellenbach M. Influence of archery handle bow, bow limb and arrows on international level archer's skill. 8th Conference of the International Sports Engineering Association (ISEA) 2010, Vienna. p. 3475.
- Suwarganda E, Razali R, Wilson B, Pharmy A. Influence Of Muscle Activity on Shooting Performance In Archery: Preliminary Findings. In 30th Annual Conference of Biomechanics in Sports; 2012. Melbourne.
- Ertan H, Soylu AR, Korkusuz F. Quantification the relationship between FITA scores and EMG skill indexes in archery. J Electromyogr Kinesiol. 2005;15(2):222-7.
- Ertan H, Knicker AJ, Soylu RA, Strüder HK. Individual variation of bowstring release in high level archery: a comparative case study. Human Movement. 2011;12(3):273-276.
- Ertan H. Muscular activation patterns of the bow arm in recurve archery. J Sci Med Sport. 2009;12(3):357-60.
- Tinazci, C. Shooting dynamics in archery: A multidimensional analysis from drawing to releasing in male archers. In 5th Asia-Pacific Congress on Sports Technology (APCST); 2011. Melbourne.
- Enoka RM. Neuromechanics of Human Movement. 5 th. Champaign: Human Kinetics, 2015.
- Soylu AR, Ertan H, Korkusuz F. Archery performance level and repeatability of event-related EMG. Hum Mov Sci. 2006;25(6):767-74.
- Clarys JP, Cabri J, Bollens E, Sneeckx R, Taeymans J, Vermeiren M, Van Reeth G, Voss G. Muscular activity of different shooting distances, different release techniques, and different performance levels, with and without stabilizers, in target archery. J Sports Sci. 1990;8(3):235-57.
- Stone, R. T. The Biomechanical and Physiological link between Archery Techniques and Performance. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting October. 2007;51(28):1227-1231, 2007.
- Ertan H, Kentel B, Tümer ST, Korkusuz F. Activation patterns in forearm muscles during archery shooting. Hum Mov Sci. 2003;22(1):37-45.