

# ANÁLISE ELETROMIOGRÁFICA DO EXERCÍCIO AGACHAMENTO UTILIZANDO A TRANSFORMADA DE WAVELET

**Carlos Alberto Kelencz<sup>1</sup>, Marcio Magini<sup>2</sup>**

<sup>1-2</sup>Universidade do Vale do Paraíba, Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Av. Shishima Hifumi, 2911, 12244-000 São José dos Campos, S.P., Brazil

**Resumo-** O propósito deste estudo foi analisar eletromiograficamente, os músculos, reto da coxa (RC), bíceps da femoral cabeça longa (BFCL), e eretores da espinha (EE), durante a execução do exercício agachamento com flexão de joelhos a 90° e 130°, utilizando a Transformada de Wavelet. Participaram deste experimento dez voluntárias saudáveis com idade média de  $21,5 \pm 2,3$  anos sem antecedentes de doenças músculo-esqueléticas e de antropometria semelhante. Para aquisição do sinal eletromiográfico, utilizou-se um módulo de aquisição de sinal biológico de dezesseis canais, um conversor A/D e um software específico (EMG System do Brasil Ltda®). Utilizou-se eletrodos de superfície, estes foram posicionados sobre o ponto motor de cada músculo. Comparando-se os resultados obtidos nos dois ângulos de flexão dos joelhos concluímos que a maior mobilização de fibras musculares do músculo RC, ocorreu no ângulo de 130°. Com relação músculo BFCL e EE, a maior atividade foi registrada foi no ângulo de 90°. Todas às voluntárias apresentaram atividade eletromiográfica maior no músculo reto da coxa esquerdo.

**Palavras-chave:** Eletromiografia, Agachamento, Músculos, transformada de Wavelet.

**Área do Conhecimento:** Engenharia Biomédica

## Introdução

O agachamento ou "squat", é valorizado por seus praticantes devido a grande exigência dos grupos musculares localizados nos membros inferiores. Este exercício pode ser considerado um dos mais completos que podem ser realizados dentro das academias, pois envolve um elevado número de articulações e músculos, consistindo em um excelente meio para fortalecer a musculatura da coxa, do quadril e outros inúmeros coadjuvantes que atuam na realização do movimento. Além disso, sua execução é funcional, pois usamos esse tipo de movimento constantemente em nossas atividades diárias como, por exemplo, sentar e levantar de uma cadeira ou pegar um objeto no chão. Mesmo assim, ainda há quem o proíba ou restrinja seu uso sem uma explicação plausível, principalmente limitando sua amplitude em 90° de flexão dos joelhos (ESCAMILLA, 1998; EARL, 2001). Sabe-se que os praticantes deste movimento costumam realiza-lo nos ângulos entre 90° e 130° de flexão de joelhos mas muito pouco se sabe sobre os sua eficácia. Neste sentido o presente estudo verificou eletromiograficamente, os músculos reto da coxa (RC), bíceps femoral cabeça longa (BFCL) e eretores da espinha (EE), em duas situações distintas, agachar em um ângulo de 90° e 130° dos joelhos utilizando como ferramenta estatística a transformada de Wavelet (fig 1).

## Materiais e Métodos

Participaram deste estudo dez (10) voluntárias, do sexo feminino, com idade média de  $21,5 \pm 2,3$  anos, sem antecedentes de doenças músculo-esqueléticas, praticantes de musculação. Estas eram universitárias e de antropometria semelhante. Antecipadamente ao experimento as mesmas foram informadas dos procedimentos durante a realização das coletas (registros) dos sinais de EMG assinando termo de consentimento, aprovado pelo Comitê de Ética da Univap. Para a aquisição dos registros eletromiográficos foi utilizado um eletromiógrafo de 16 canais da marca EMG System do Brasil Ltda de 12 bits de resolução, com software de aquisição e processamento de sinais plataforma Windows. O condicionador de sinais eletromiográfico foi configurado com filtro passa-banda de 20 a 500 Hz, frequência de amostragem de 1000 Hz (1000 mil pontos por segundo). Utilizamos uma placa A/D com faixa de entrada de  $\pm 5$ Volts, correspondentes a  $5.000.000 \mu V$ , que deve estar associada ao ganho, fixando-se os limites superiores de  $\pm 5000 \mu V$  para a aquisição (KELENCZ, 2001).

Utilizou-se eletrodos de superfície do tipo bipolar diferencial da marca FASTRACE®4, ligados a interface ativa EMG System do Brasil, com ganho de amplificação 20 vezes, no estagio de amplificação no eletromiógrafo o ganho foi de 50 vezes totalizando ganho de amplificação 1000 vezes, ganho 20 no eletrodo e ganho 50 no

eletromiógrafo. Os eletrodos foram posicionados sobre o ponto motor de cada músculo utilizando-se o protocolo de Delagi (1981) e Geringer (1993). Utilizamos. A colocação dos eletrodos foi realizada com as voluntárias deitadas. Para diminuir possíveis interferências na passagem do estímulo realizar-se-á anteriormente a colocação dos eletrodos, uma tricotomia e limpeza da epiderme com álcool, ao nível dos músculos estudados (CRAM, 1998).

Os voluntários foram devidamente aterrados, com fio terra colocado ao nível do maléolo lateral da fíbula, do lado direito (WITVROUW, 2000; ESCAMILLA, 2001). A atividade eletromiográfica de cada músculo foi normalizada pela atividade eletromiográfica produzida por contração isométrica voluntária máxima (CIVM = 100%). Após a normalização os dados foram analisados através da Transformada de Wavelet (TW) e o gráfico GWS (BOLZAN, 2004).



Figura 1- A) posição inicial B) Flexão de joelhos a 90° e C) Flexão de joelhos a 130°.

### Resultados

Os resultados obtidos através da transformada de *Wavelet*, demonstram através da escala de cores (vermelho escuro= intensidade muito alta, vermelho = intensidade alta, amarelo = intensidade média, verde = intensidade baixa e azul = intensidade muito baixa) que na fase excêntrica do movimento à 90° de flexão dos joelhos, o músculo RC apresentou a maior atividade eletromiográfica em relação aos outros músculos testados (fig. 2).

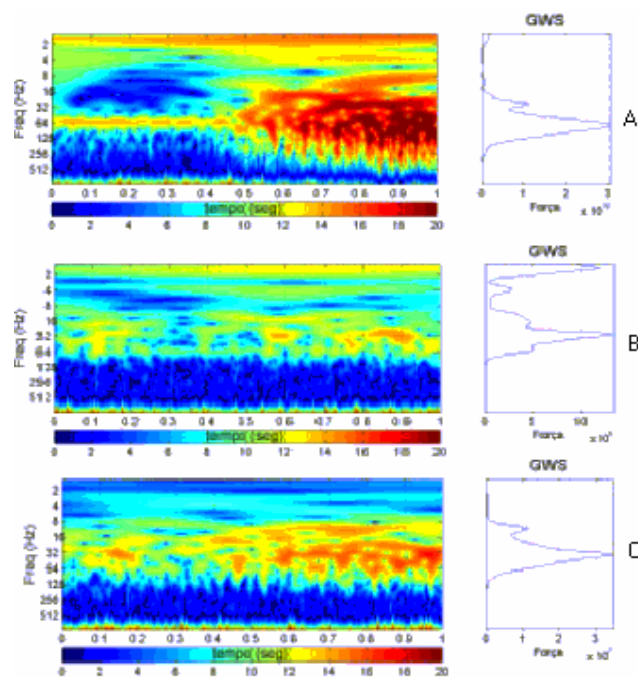


Figura 2 – Resultados da TW e GWS, da fase excêntrica do movimento a 90°. A) Representa o músculo RC, B) músculo BFCL e C) músculo EE.

Na fase concêntrica, o músculo RC também apresentou maior atividade, sendo que nesta fase todos os músculos apresentaram maior atividade se comparados com a fase excêntrica (fig. 3).

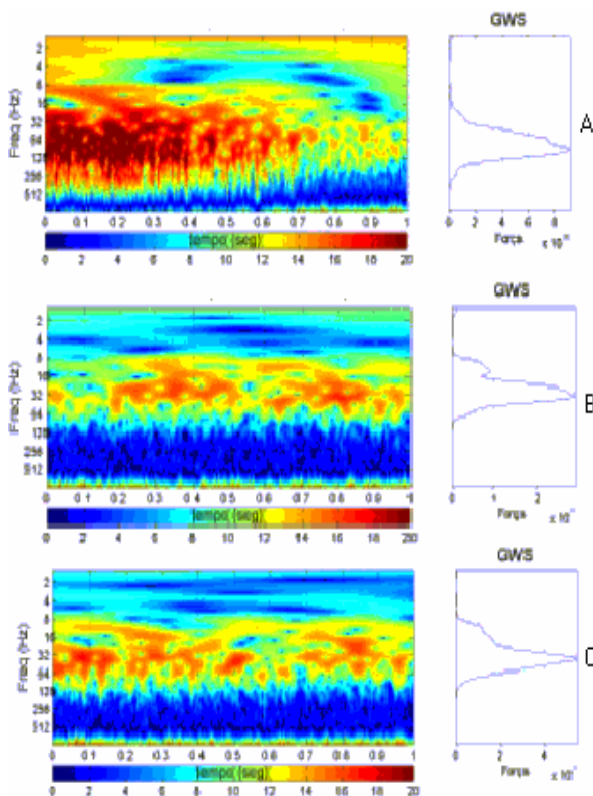


Figura 3 – Resultados da TW e GWS, da fase concêntrica do movimento a 90°. A) Representa o músculo RC, B) músculo BFCL e C) músculo EE.

Na flexão de joelhos a 130° também observa-se maior atividade do músculos RC, o BFCL apresenta alguns picos de força nos últimos ângulos, e o EE demonstra uma atividade elétrica maior a medida que se aproxima dos 90° (fig. 4)

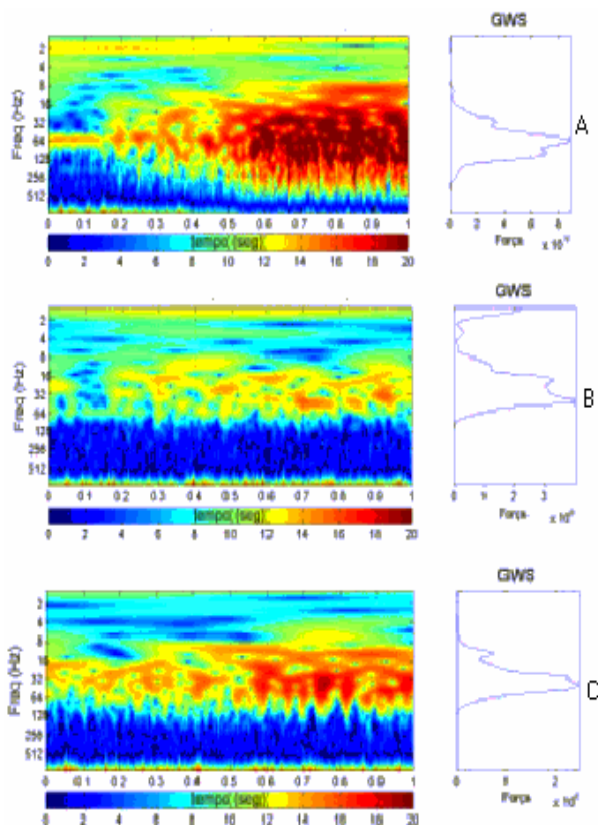


Figura 4 – Resultados da TW e GWS, da fase excêntrica do movimento a 130°. A) Representa o músculo RC, B) músculo BFCL e C) músculo EE.

Na fase concêntrica do movimento a 130° de flexão dos joelhos observa-se a mesma situação ocorrida em todas as fases e ângulos do movimento, maior atividade elétrica do músculo RC. Com relação ao BFCL e EE, estes apresentam atividade elétrica significativa durante esta fase (fig. 5)

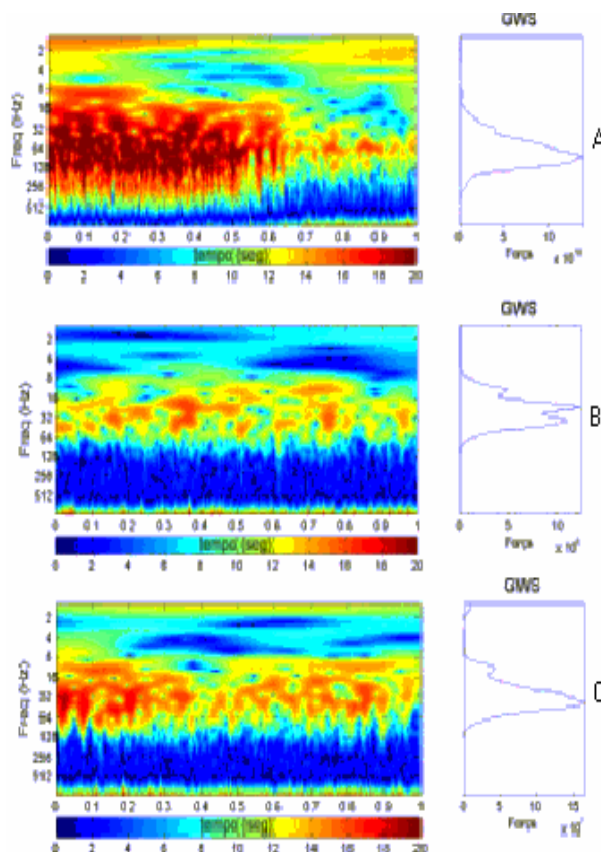


Figura 5 – Resultados da TW e GWS, da fase concêntrica do movimento a 130°. A) Representa o músculo RC, B) músculo BFCL e C) músculo EE.

Observa-se também uma atividade elétrica maior do músculo RC, lado esquerdo para todas as voluntárias.

## Discussão

Com estes resultados demonstrou-se que o músculo RC foi o mais ativo tanto em 90° como em 130° de flexão de joelhos, o que pode ser justificado pois este músculo é responsável pela extensão do joelho e pode ser até três vezes mais forte que seu antagonista, devido ao seu envolvimento em acelerar negativamente a perna e contrair-se continuamente contra a gravidade (HAMILL; KNUTZEN, 1999). O músculo BFCL apresentou uma atividade elétrica significativa, em ambos os ângulos, principalmente entre 30° e 0° da fase concêntrica, o que se justifica já que neste momento a articulação do quadril está em uma posição favorável a produção de força deste músculo que atua com muita intensidade como extensor do quadril.

Observando os resultados do sinal elétrico do músculo EE, podemos concluir que o mesmo possui uma ação intensa durante todo o movimento. Este fato pode ser observado no início da flexão do joelho onde ocorreu um

aumento da ação muscular. Sabemos que este músculo é responsável pela extensão do tronco e no caso do agachamento o mesmo desempenha um papel fundamental na manutenção da postura. Com o uso da transformada de *Wavelet* observou-se que o músculo reto da coxa esquerdo apresentou-se mais ativo para todas as voluntárias.

Uma hipótese para justificar esta ação maior do lado que não é dominante, poderia ser pelo fato que como o lado dominante costuma ser o mais solicitado durante as atividades esportivas e cotidianas, o que sinalizaria no sentido de que o mesmo teria uma tendência de ser mais forte, e em um movimento como o agachamento que se realiza simultaneamente com as duas pernas, este necessitaria mobilizar uma quantidade menor de unidades motoras para realizar o movimento, o que não ocorre com o lado esquerdo. Como este é mais fraco, ocorre uma mobilização maior de unidades motoras para compensar esta diferença de força e o movimento é realizado em harmonia (HAMILL; KNUTZEN, 1999; RASCH, 1998).

### Conclusão

Com este estudo conclui-se que o exercício agachamento com flexão de joelhos a 90° e 130°, apresentaram atividade eletromiográfica significativa para os músculos: reto da coxa, bíceps femoral cabeça longa e eretores da espinha, tanto na fase concêntrica como na fase excêntrica. A maior atividade foi registrada na fase concêntrica do movimento para os dois ângulos de flexão de joelho sendo que o músculo reto da coxa foi o mais ativo. Todas as voluntárias apresentaram maior atividade para o músculo reto da coxa esquerdo em todas as situações testadas. Não obstante, foi possível observar através da técnica de processamento de sinal sugerida o momento exato da atividade muscular. Esse fato é de bastante importância pois determina que o início da atividade muscular ocorre já em uma fase avançada da descida.

### Referências

- BOLZAN, M. J. A. Análise da transformada em ondeletas aplicada em sinal geofísico. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 1, p. 37-41, 2004.
- CRAM, J.R.; KASMAN, G.S.; HOLTZ, J. Introduction to surface electromyography. Maryland: Aspen Publishers, p 408. 1998.
- DELAGI, E. F. et al. Anatomic guide for the electromyographer the Limbs springfield: Charles C. Thomas Publisher, pag. 170-1, 180-1, 1981.

- ESCAMILLA, R.F.; FLEISIG, G.S.; ZHENG, N.; BARRENTINE, S.W.; WILK, K.E.; ANDREWS, J.R. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. Med Sci Sports Exerc v.30, n.4, p.556-569, Apr.1998.
- ESCAMILLA, R.F. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. Med Sci Sports Exerc v.33, n.1, p.127-141, Jan.2001.
- EARL, J.E.; SCHMITZ, R.J.; ARNOLD, B.L. Activation of the VMO and VL during dynamic mini-squat exercises with and without isometric hip adduction. Journal of electromyography and kinesiology. v. 11, p. 381-386.2001.
- GEIRINGER, S.R. Anatomic localization for needle electromyography. Philadelphia: Hanley & Belfus, p 147, 1993.
- KELENCZ, C.A.; GONÇALVES, M. Agachamento: Efeito do uso do cinto pélvico na atividade eletromiográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 9. 2001. Gramado (RS). **Anais...** v.2, p. 85-88, 2001.
- HAMILL, J.; KNUTZEN, K.M. Bases biomecánicas do movimento humano. São Paulo: Manole, p 212-213,1999.
- RASCH, P..J. Cinesiologia e Anatomia Aplicada. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1989.
- WITVROUW, E., LYSSENS, R.; BELLEMAN, S.J.; PEERS, K.; VANDERSTRAETEN, G. Open Versus Closed Kinetic Chain Exercises for Patellofemoral Pain. A Prospective Randomized Study American Journal of sports and Medicine, v 28, n. 5, September/October 2000.