

A ELETROMIOGRAFIA NO CICLISMO - UMA REVISÃO DE LITERATURA

Vítor Milheiro¹, Ana Conceição ^{1,2}, Hugo Louro¹, Marco Branco¹, João Brito¹

¹Escola Superior de Desporto de Rio Maior, IPS, Rio Maior, Portugal

²Centro de Investigação em Qualidade de Vida, IPS, Santarém, Portugal

RESUMO

O objetivo deste trabalho consistiu em desenvolver uma revisão dos estudos que ao longo dos últimos anos utilizaram a eletromiografia (EMG) no ciclismo.

A EMG veio permitir uma nova abordagem na investigação no ciclismo, através da análise dos padrões de ativação muscular na pedalada e da sua variação em função de alterações da postura do atleta, da geometria da bicicleta, da cadência, da potência, da fadiga, da experiência/nível de treino do ciclista e do dispêndio energético.

Procurámos identificar as variáveis mais estudadas, os equipamentos utilizados, as metodologias de recolha e análise dos sinais e os métodos de normalização aplicados.

A maioria dos estudos focalizaram-se na análise do padrão da atividade muscular através da EMG de superfície, sendo poucos os estudos que utilizaram EMG de profundidade. Nos estudos onde foram realizadas comparações entre diferentes sujeitos, músculos ou estudos, os dados EMG foram normalizados, mas a escolha do melhor método de normalização continua a não ser consensual entre os autores.

No que se refere a resultados, pudemos constatar que na atualidade a EMG tem tido uma importância crescente na investigação no ciclismo. Mas nem sempre se verifica uma concordância entre autores.

Palavras-chave: biomecânica, ciclismo, eletromiografia

ABSTRACT

The aim of this study was to develop a revision of studies over the past few years used the electromyography (EMG) in cycling.

The EMG came to allow a new approach in the investigation in cycling, through the analysis of patterns of muscle activation in the pedal stroke and their variation as a function of changes in the posture of the athlete, the geometry of the bike, cadence, power, fatigue, level of training and energy expenditure.

We have tried to identify the variables most studied, the equipment used, the methodologies for the collection and analysis of signs and normalization methods applied. Most studies have focused on the analysis of the pattern of muscle activity by surface EMG, with few studies that have utilized EMG depth. In studies where comparisons were made between different subjects, muscles or studies, the EMG data were normalized, but the choice of the best method of standardization is still not a consensus among the authors.

As regards results, we were able to see that in actuality the EMG has had a growing importance in the investigation in cycling. But there is not always a correlation between authors.

Keywords: biomechanics, electromyography, cycling

INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, têm sido publicados inúmeros estudos biomecânicos visando a otimização do desempenho e a prevenção de lesões no ciclismo. Muitos desses estudos têm utilizado a eletromiografia (EMG) para estudar a atividade muscular e a coordenação neuromuscular no ciclismo associada a outras variáveis como a potência de pedalada, a cadência, a postura do atleta, o interface pedal-sapato, o nível de treino e a fadiga.

A maioria dos estudos utiliza EMG de superfície, sendo poucos os que utilizam EMG de profundidade. Chapman (2010) (1) identifica como vantagens na utilização de técnicas EMG de profundidade no ciclismo, a inserção dos elétrodos de agulha fina ser facilmente tolerada pelos participantes, a contaminação do sinal pelos músculos

adjacentes é significativamente reduzida e os elétrodos de profundidade não mudam de posição com os movimentos. Os investigadores respeitam as recomendações da Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia e do projeto SENIAM utilizando elétrodos bipolares que, depois da pele ser lixada e limpa com álcool para reduzir a impedância, são colocados no ventre de cada músculo, paralelamente às fibras musculares, com uma distância entre elétrodos de 20 mm,. Para evitar movimentos dos equipamentos durante os movimentos de pedalada os investigadores recorrem a fita adesiva ou com licra. Os equipamentos mais recentes já fazem a transmissão dos dados via *wireless*. Para remover ruído e interferência elétrica de fontes externas, os dados brutos da EMG são filtrados usando filtros com frequências entre 15Hz e 500 Hz (Biuzen, 2007) (2). Entre os métodos de suavização dos sinais EMG, o mais usado é o *route mean square* (RMS), geralmente calculado para uma janela entre 40-50 ms, o que permite medir a magnitude da ativação muscular bem como os períodos de ativação (Diefenthaeler et al. 2008) (3) e Biuzen, 2007) (2).

A maioria dos estudos EMG no ciclismo tem analisado o membro inferior e os músculos mais estudados são o *Gluteus maximus* (GMax), *Rectus femoris* (RF), *Vastus lateralis* (VL) *Vastus medialis* (VM), *Semi-membranosus* (SM), *Semitendinosus* (ST), *Biceps femoris* (BF), *Gastrocnemius lateralis* (GL), *Gastrocnemius medialis* (GM), *Tibialis anterior* (TA) e *Soleus* (SOL) (Duc et al. 2008, Dorel et al. 2008, Jorge & Hull 1986, Biuzen 2007, Erikson 1986, Sanderson & Amoroso 2008, Neptune et al. 1997, Biuzen 2007, Lucia et al. 2004, Cruz & Banakoff, 2001, Vandewalle et al. 1987, Chapman 2006). São poucos os estudos que analisam atividade EMG do tronco e dos membros superiores durante exercícios em bicicleta ou ciclo-ergómetro e os músculos mais estudados são o *rectus abdominis* (RA), o *obliquus externus abdominis* (OEA), o *erector spinae* (ES) e o *trapezius* (T) (Watanabe et al. 2006, (Marras et al. 2001, Van Dieën et al. 2003).

Normalização dos dados EMG

A normalização dos dados EMG é necessária para facilitar a comparação entre músculos, entre sujeitos e para comparar os resultados com dados semelhantes de outros estudos. Ao longo dos últimos 20 anos vários investigadores têm estudado os benefícios e limitações dos diferentes métodos de normalização EMG e têm sido publicados artigos que visam verificar qual o método de normalização mais apropriado, mas os resultados mostram que o consenso ainda não foi atingido (Chapman et al. 2010, Rouffet & Hautier 2008, Burden 2010, Hunter et al. 2002, Fernandez-Peña et al. 2008).

O método da contração voluntária isométrica máxima (CVIM) é um dos mais utilizados, mas para obter o melhor registo de CVIM, os sujeitos tem que ter treino prévio e motivação para dar o máximo. Sem treino a CVIM pode ser 20 a 30% menor do que a obtida após um treino apropriado, o que pode conduzir a interpretações dos dados e conclusões incorretas (Merletti, 1999). Além disso, apenas deve ser usado para normalização da atividade registada do músculo no mesmo ângulo específico comum (Enoka & Fuglevand, 1993).

Outros autores defendem que quando se trata de movimentos desportivos o eletromiograma deve ser a expressão de envolvimento dinâmico de músculos específicos. Latash (1998) afirma que para fazer a normalização devemos escolher uma contração de referência que seja regulada pelo mesmo padrão neuromuscular da ação da pedalada (amplitude do movimento, posição articular, velocidade, etc.). Embora seja difícil a correta determinação de cargas submáximas relativas para cada músculo, Dankaerts et al. (2004) verificaram que em medidas repetidas entre dias diferentes, o método das contrações submáximas mostrou ser de mais confiança, em comparação com CVIM. Hunter et al. (2002) experimentaram três protocolos de fadiga no ciclismo procurando determinar qual o método mais eficaz de normalização EMG e verificaram que a EMG foi maior durante o CIMV e a relação entre a EMG e a produção de potência não foi diferente entre CVIM e um ciclo de pedalada. Concluíram que com a normalização CIMV é maior o recrutamento de unidades motoras. Noutro estudo Fernandez-Peña et al. (2008) apresentaram novo método para o objetivo da normalização do EMG no ciclismo, o Protocolo Isocinético Máximo, tendo verificado

que este protocolo, além de ser altamente específico para as ações associadas ao ciclismo, apresentou muito boa validade lógica e uma boa reprodutibilidade intra-sujeito. Num estudo mais recente, Burden (2010) identificou oito métodos de normalização EMG com base em critérios que incluem a magnitude e o padrão de EMG normalizado, a fiabilidade e variabilidade inter-individual, enquanto Albertus-Kajee et al. (2010) compararam a repetibilidade, fiabilidade e sensibilidade às mudanças na carga de trabalho em resultado de 3 métodos de normalização de EMG no ciclismo (Método CIMV, Método de Sprint, Método 70 % *Peak Power*) e concluíram que para analisar a atividade muscular durante o ciclismo em dias diferentes e para medições únicas a normalização EMG com métodos dinâmicos é a mais adequado. Também Vera Garcia et al. (2010) realizaram um estudo com mulheres saudáveis com o objetivo de avaliar a eficácia das várias estratégias de normalização IMVC para normalizar a atividade muscular do tronco.

Estudos EMG no ciclismo

Uma das principais linhas de investigação no ciclismo tem sido o estudo dos efeitos da postura do ciclista e da geometria da bicicleta na cinemática, na cinética, na ativação muscular e no dispêndio energético no ciclismo.

Ryan & Gregor (1992) estudaram a atividade EMG do membro inferior ao longo do ciclo de pedalada com carga constante, relacionando o ângulo de duração da ativação, em termos angulares e temporais, com o ângulo onde ocorria o pico de ativação de cada músculo estudado. Noutro estudo, Li & Caldwell (1998) investigaram a influência de três posições de pedalada (sentado, sentado em subida e de pé em subida) em seis músculos do membro inferior. Duc et al. (2008) estudaram o efeito da postura, da inclinação e da posição das mãos na atividade muscular de 8 músculos do membro inferior (GM, RF, BF, SM, GAS, SOL, TA, BB, TB, RA, ES) e verificaram que a inclinação do piso não afetou significativamente a atividade muscular dos músculos em estudo, ao contrário do que aconteceu entre a pedalada em pé e sentado. A influência da posição das mãos no guidador (alta e baixa) na coordenação de músculos do membro inferior durante a pedalada e na produção de força de pedal foi estudada por Dorel et al. (2008) e os dados ilustraram um aumento significativo de atividade EMG no GMax e

VM e uma diminuição no RF. Também Hug et al. (2009) analisaram as curvas EMG do músculo GM obtidas durante a pedalada em duas diferentes posições de corpo em relação ao guidador (alta e baixa). Jorge & Hull (1986) publicaram um dos primeiros estudos sobre a influência da altura do selim na atividade muscular dos músculos da coxa, tendo verificado um aumento do nível de atividade muscular do VL, RF, VM, BF e SM, quando o selim estava 5% mais baixo em relação à altura ideal. Num estudo semelhantes Erikson (1986) não encontrou relação entre as diferentes alturas do selim e a atividade EMG dos músculos RF e VL. Recentemente, Sanderson & Amoroso (2009) manipularam a altura do selim e observaram uma redução significativa da atividade EMG dos músculos GM e SOL na situação do selim mais baixo.

O efeito do ângulo de tubo do selim no dispêndio energético e na EMG também foi estudado por Ricard (2006). Noutro estudo com triatletas para análise dos efeitos do ângulo do tubo do selim na ativação muscular do membro inferior e o efeito na transição para a corrida, o maior ângulo do selim provocou valores baixos da EMG no BF e mais elevados no VL (Heiden & Burnett, 2003). A influência de diferentes posições de selim na ativação muscular do membro inferior durante a pedalada foram o objetivo do estudo de Diefenthaler et al. (2008).

A cadência de pedalada é um dos fatores que afeta a performance no ciclismo e tem sido objeto de muitos estudos que relacionam o nível de atividade EMG de vários músculos do membro inferior a diferentes cadências de pedalada.

Neptune et al. (1997) estudaram a atividade EMG em oito músculos do membro inferior durante o ciclo de pedalada a 250W, com cadências entre 45 e 120 rpm e verificaram um aumento sistemático do nível de atividade EMG dos músculos BF, GMax, SM e VM, à medida que a cadência ia aumentando, enquanto a atividade EMG do RF e do TA não foi afetada significativamente pela cadência. Também Biuzen (2007) estudou a influência de dois tipos de cadência sobre o nível de atividade neuromuscular do VL, RF e BF, com os dados normalizados através de CIMV. Num estudo anterior, Erikson (1985) tinha verificado um aumento da atividade muscular do GMax, VM, SM, GM, TA e SOL ao pedalar com cadências entre os 40 e as 100 rpm, mas não encontrou diferenças no nível de ativação do RF e do BF. Lucia et al. (2004)

testaram um grupo de ciclistas profissionais a várias cadências e com uma potência de 370W e os resultados encontrados, aparentemente contraditórios, mostraram um decréscimo do nível de atividade EMG do GMax e do VL, com o aumento da cadência de pedalada. MacIntosh et al. (2000) testaram um grupo de ciclistas a quatro potências e a cinco cadências e os resultados confirmaram que o nível de atividade muscular foi modificado pela cadência em cada potência e os níveis mais baixos de atividade EMG, aconteceram nas cadências mais altas à medida que a potência aumentava. Num estudo semelhante, Sanderson et al. (2006) observaram que com o aumento da cadência o GM funcionou com menor comprimento e com menor diminuição da velocidade de contração em comparação com o SOL. Também Bieuzen (2007) verificou que para além da cadência também a força influencia a atividade muscular extrema dos membros inferiores. O *delay* eletromecânico no ciclismo a diferentes cadências foi investigado por Li & Baum (2002), que concluíram que a ativação muscular ocorreu progressivamente mais cedo à medida que a cadência aumentava e que os ciclistas necessitaram desenvolver mais força no pedal no mesmo sector do ciclo do *crank*.

A influência do tipo de pedal na atividade EMG foi estudada por Erikson (1986), que comparou o nível de atividade EMG em onze músculos do membro inferior durante a pedalada com pedais normais e de encaixe. Na situação de pedais de encaixe encontrou um nível de atividade muscular mais elevado nos músculos RF, BF e TA. Pelo contrário, verificou uma baixa atividade no VM, VL e SOL. Também Cruz & Banakoff (2001) compararam as diferenças de atividade EMG entre a pedalada com pedais normais e com pedais de encaixe e os resultados mostraram uma menor atividade EMG no SM e ST e uma maior atividade no BF e no GL na situação de pedal de encaixe. Entre os investigadores que comparam atletas experientes com principiantes, merece destaque o estudo de Chapman (2008) que utilizou elétrodos intramusculares de agulhas finas no músculos TA, TP, PL, GL e SOL para comparar os padrões de ativação muscular na pedalada.

A análise da técnica da pedalada e a sua relação com a fadiga, o consumo energético e a atividade muscular tem motivado diversos estudos. Um dos primeiros estudos a relacionar EMG com fadiga foi realizado por Vandewalle et al. (1987), que analisaram a atividade EMG dos músculos VL e VM e BF e a sua relação com a fadiga central durante

um teste de capacidade anaeróbica máximo. Lepers et al. (2002) estudou a influência da fadiga nas propriedades neuromusculares do músculo quadricípite durante um teste de 5 horas a pedalar a 55% da potência máxima.

Noutro estudo realizado durante um teste prolongado no ciclismo, com cadências entre 50 e 110rpm, Sarre & Lepers (2005) observaram que os indivíduos mais treinados mantiveram um modelo estável na pedalada em todas as fases do teste apesar da ocorrência de fadiga neuromuscular. Também von Tschärner (2002) estudou a influência da fadiga na atividade EMG, ao nível das relações tempo-frequência e verificou que a fadiga provocou uma mudança sistemática de recrutamento da unidade motora padrão ao longo do ciclo do pedal.

CONCLUSÕES

Da análise dos vários estudos que utilizam a EMG para um melhor conhecimento da participação muscular no ciclismo podemos concluir que a EMG é atualmente um procedimento de investigação muito utilizado, quer na procura do rendimento, quer na prevenção de lesões; que quase todos os estudos estabelecem relações entre a EMG e outras variáveis biomecânicas e fisiológicas; que a maioria dos estudos analisa a EMG dos músculos do membro inferior; que maioria dos estudos utiliza EMG de superfície, sendo poucos os que utilizam EMG de profundidade; que apesar da enorme variedade de equipamentos, são muito idênticos os procedimentos metodológicos de recolha e análise de dados EMG utilizados pelos diferentes autores; que em todos os estudos comparativos os investigadores fazem a normalização das curvas EMG, mas continua a não haver consenso relativamente aos métodos utilizados; que maioritariamente os estudos suavizam as curvas EMG através de RMS (*root mean square*); que alguns estudos idênticos apresentam resultados diferentes e por vezes até contraditórios, o que é explicável pelos diferentes procedimentos metodológicos utilizados.

BIBLIOGRAFIA

- Albertus-Kajee Y, Tucker R, Derman W, Lambert M. (2010) Alternative methods of normalising EMG during cycling. *J Electromyogr Kinesiol.* 20(6), 1036-43.
- Baum BS, Li L. (2003) Lower extremity muscle activities during cycling are influenced by load and frequency. *J Electromyogr Kinesiol.* 13, 181–90.
- Bieuzen F, Lepers R, Vercruyssen F, Hausswirth C, Brisswalter J. (2007) Muscle activation during cycling at different cadences: Effect of maximal strength capacity *Journal of Electromyography and Kinesiology.* 17, 731–738
- Burden A, (2010) How should we normalize electromyograms, *Journal of Electromyography and Kinesiology,* 20 (6), 1023-35
- Chapman AR, Vicenzino B, Blanch P, Hodges PW. (2008) Patterns of leg muscle recruitment vary between novice and highly trained cyclists. *J Electromyogr Kinesiol.* 18 (3), 359-71.
- Chapman AR, Vicenzino B, Blanch P, Hodges PW, Blanch P, Knox JJ. (2010) Intramuscular fine-wire electromyography during cycling: Repeatability, normalization and a comparison to surface electromyography *Journal of Electromyography and Kinesiology.* 20, 108–117
- Chapman AR, Vicenzino B, Blanch P, Hodges PW. (2008) Patterns of leg muscle recruitment vary between trained and novice cyclists. *J Electromyogr Kinesiol.* 18, 359-371.
- Cruz CF, Bankoff AD. (2001) Electromyography in cycling: difference between clipless pedal and toe clip pedal. *Electromyogr Clin Neurophysiol,* 41, 247–52.
- Dankaerts W, O’Sullivan PB, Burnett AF, Straker LM, Danneels LA. (2004) Reliability of EMG measurements for trunk muscles during maximal and sub-maximal voluntary isometric contractions in healthy controls and CLBP patients. *J Electromyogr Kinesiol.* 14, 333–42.
- Diefenthaeler F, Bini RR, Karolczac APB, Carpes FP. (2008) Ativação muscular durante a pedalada em diferentes posições do selim. *Rev. Bras.Cineantropom. Desempenho Hum.* 10(2), 161-69
- Dorel S, Couturier A, Hug F. (2008) Intra-session repeatability of lower limb muscles activation pattern during pedaling. *J Electromyogr Kinesiol.* 18 (5), 857-65

Duc S, Bertucci W, Pernin JN, Grappe F. (2008) Muscular activity during uphill cycling: effect of slope, posture, hand grip position and constrained bicycle lateral sways. *J Electromyogr Kinesiol.* 18 (1), 116-27

Enoka RM, Fuglevand AJ. (1993) Neuromuscular basis of the maximum voluntary force capacity of muscle. In: Grabiner MD, editor. *Current issues in biomechanics.* Champaign, IL: Human Kinetics; 215–35

Ericson MO, Nisell R., Arborelius U.P., Ekholm J. (1985) Muscular activity during ergometer cycling. *Scand J Rehabil Med.* 17, 53–61.

Ericson M. (1986) On the biomechanics of cycling. A study of joint and muscle load during exercise on the bicycle ergometer. *Scand J Rehabil Med Suppl.* 16, 1-43.

Fernandez-Peña E, Lucertini F, Ditroiolo M. (2009) A maximal isokinetic pedalling exercise for EMG normalization in cycling. *J Electromyogr Kinesiol.* 19(3),162-70

Hautier CA, Arsac LM, Deghdegh K, Souquet J, Belli A, Lacour JR. (2000) Influence of fatigue on EMG/force ratio and cocontraction in cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 32, 839–43.

Hug F, Dorel S. (2009) Electromyographic analysis of pedaling: A review, *J Electromyogr Kinesiol.* 19, 182–98.

Heiden T, Burnett A. (2003) The effect of cycling on muscle activation in the running leg of an Olympic distance triathlon. *Sports Biomechanics* 2, 35-49.

Hunter AM, St Clair Gibson A, Lambert M, Noakes TD. Electromyographic (EMG) normalization method for cycle fatigue protocols. *Med Sci Sport Exerc.* 34, 857–61.

Jorge M, Hull ML. (1986) Analysis of EMG measurements during bicycle pedalling. *J Biomech.* 19, 683–94.

Latash ML. (1998) *Neurophysiological basis of movement.* 1sted. Champaign, IL: Human Kinetics.

Lepers R, Maffiuletti NA, Rochette L, Brugniaux J, Millet GY. (2002) Neuromuscular fatigue during a long-duration cycling exercise. *J Appl Physiol.* 92, 1487–93.

Li L, Baum BS. (2002) Electromechanical delay estimated by using electromyography during cycling at different pedaling frequencies. *J Electromyogr Kinesiol.* 14, 647–52.

Li L, Caldwell GE (1998). Muscle coordination in cycling: Effect of surface incline and posture. *Journal of Applied Physiology*, 85, 927–34

Lucia A, San Juan AF, Montilla M, CaNete S, Santalla A, Earnest C. (2004) In professional road cyclists, low pedaling cadences are less efficient. *Med Sci Sport Exerc.* 36, 1048-54

Marsh AP, Martin PE. (1995) The relationship between cadence and lower extremity EMG in cyclists and noncyclists. *Med Sci Sport Exerc.* 27, 217–25.

Marras WS, Davis KG. (2001) A non-MVC EMG normalization technique for the trunk musculature: Part 1. Method development. *J Electromyogr Kinesiol.* 11, 1–9.

Merletti R. (1999) Standards for reporting EMG data, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 9(1), III-IV

MacIntosh BR, Neptune RR, Horton JF. (2000) Cadence, power, and muscle activation in cycle ergometry. *Med Sci Sport Exerc.* 32, 1281–7.

Neptune RR, Kautz SA, Hull ML. (1997) The effect of pedaling rate on coordination in cycling. *J Biomech.* 30, 1051–8.

Ricard MD, Hills-Meyer P, Miller MG, Michael TJ. (2006) The effects of bicycle frame geometry on muscle activation and power during a wingate anaerobic test. *Sports Sci Med.* 5(1), 25–32.

Ryan MM, Gregor RJ. (1992) EMG profiles of lower extremity muscles during cycling at constant workload and cadence. *J Electromyogr Kinesiol.* 2, 69–80

Rouffet DM, Hautier CA. (2007) EMG normalization to study muscle activation in cycling. *J Electromyogr Kinesiol.* 18 (5), 866-78

Ryan MM, Gregor RJ. (1992) EMG profiles of lower extremity muscles during cycling at constant workload and cadence. *J Electromyogr Kinesiol.* 2, 69–80.

Sanderson DJ, Amoroso AT. (2009) The influence of seat height on the mechanical function of the triceps surae muscles during steady-rate cycling. *J Electromyogr Kinesiol.* 19 (6), 465-71

Sanderson, D.J., Martin, P.E., Honeyman, G., Keefer, J. (2006) Gastrocnemius and soleus muscle length, velocity, and EMG responses to changes in pedalling cadence, *J Electromyogr Kinesiol.* 16 (6), 642-649

Sanderson DJ, Hennig EM, Black AH. (2000) The influence of cadence and power output on force application and in-shoe pressure distribution during cycling by competitive and recreational cyclists. *J Sport Sci.* 18, 173–81.

- Sarre G, Lepers R. (2005) Neuromuscular function during prolonged pedaling exercise at different cadences. *Acta Physiol Scand.* 185, 321–8.
- Savelberg HHCM, Van de Port IGL, Willems PJB. (2003) Body configuration in cycling affects muscle recruitment and movement pattern. *J Appl Biomech.* 19, 310–24.
- SENIAM (1999). European recommendations for surface electromyography. In: H. Hermens; B. Freriks; R. Merletti; D. Stegeman; J. Blok; G. Rau; C. Klug; G. Hogg (Eds), SENIAM 8. Roessingh Research and Development, Netherlands.
- Watanabe S, Eguchi A, Kobara K, Ishida H, Otsuki K. (2006) Electromyographic activity of selected trunk muscles during bicycle ergometer exercise and walking. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 46(5), 311-5.
- Van Dieën JH, Selen LP, Cholewicki J. (2003) Trunk muscle activation in lowback pain patients, an analysis of the literature. *J Electromyogr Kinesiol.* 13, 333–51.
- Vandewalle, H, Maton B, Le Bozec S, Guerenbourg G. (1991) An electromyographic study of an all-out exercise on a cycle ergometer. *Arch Int Physiol Biochim Biophys.* 99(1), 89–93.
- Vera-Garcia FJ, Moreside JM, McGill SM (2010) MVC techniques to normalize trunk muscle EMG in healthy women. *J Electromyogr Kinesiol.* 20(1), 10-16.
- von Tscharner V. (2002) Time–frequency and principal-component methods for the analysis of EMGs recorded during a mildly fatiguing exercise on a cycle ergometer. *J Electromyogr Kinesiol.* 12, 479-92.