

# Análise eletromiográfica do músculo reto femoral durante a execução de movimentos do joelho na mesa extensora

## Electromyographic analysis of the rectus femoris muscle during the execution of movements of the knee in leg extension machine

---

Moraes, A.C.<sup>1,2</sup>;  
Bankoff, A.D.P.<sup>1</sup>;  
Okano, A.H.<sup>1,2\*</sup>;  
Simões, E.C.<sup>1</sup>;  
Rodrigues, C.E.B.<sup>1</sup>

---

### Resumo

O músculo reto femoral foi analisado por meio da eletromiografia, utilizando eletrodos de superfície, durante os movimentos de flexão e extensão do joelho. Participaram do estudo dez sujeitos do sexo feminino, na faixa etária entre 19 e 22 anos. Inicialmente, foi realizada uma máxima contração isométrica (MCI). Posteriormente, realizou-se uma série de 12 repetições sem carga (SC); 12 séries de 12 repetições com diferentes cargas (15, 17, 19 e 21 kg). Para este trabalho selecionamos os dados referentes à MCI, movimentos sem cargas, movimento com 15 Kg, com 19 Kg e 21Kg. Os valores médios, expressos em RMS, demonstraram que na MCI o RMS foi de 139,55; no movimento realizado sem carga foi de 51,54; na carga de 15 kg foi de 134,65; na carga de 19 Kg foi de 136,54 e com 21Kg o RMS foi de 10,09. Os valores de RMS obtidos no movimento SC e com 21 kg foram inferiores aos encontrados nas condições MCI, 15 kg e 19 kg. O valor de 10,09 referente à carga de 21 Kg reflete a dificuldade em prosseguir a execução dos movimentos, podendo ser considerado o início do processo de fadiga muscular do músculo reto femoral.

**PALAVRAS-CHAVE:** reto femoral, eletromiografia, fadiga muscular.

### Abstract

The rectus femoral muscle was analyzed by electromyography, in 10 female subjects between 19 and 22 years old, during the flexing/extending movements of the knee. Surface electrodes were utilized. Initially a maximum isometric contraction (MIC) was performed. Afterwards, a series of 12 repetitions without load, and then 12 series of 12 repetitions with different loads (15, 17, 19, and 21kg) were performed. For this study, we chose data referring to the MCI, the movements without load, and those with 15kg, 19kg, and 21kg loads. The average values, expressed in RMS, were: for the Maximum Isometric Contraction (MIC), 136.55; for the movements executed without load, 51.54; for the first series with the initial 15kg load, 134.65; for that with the 19kg load, 136.54; and for the last series with the 21kg load, 10.09. RMS values obtained from the movements without load and those with the 21kg load, reflects the difficulty in proceeding with the execution of movements and can be considered the beginning of the muscular fatigue process of the rectus femoral muscle.

**KEYWORDS:** rectus femoral, electromyography, muscular fatigue.

---

<sup>1</sup> Departamento de Ciências do Esporte – Faculdade de Educação Física / Unicamp – Brasil

<sup>2</sup> Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício – Centro de Educação Física e Desporto / UEL – Brasil

\* Bolsista CNPq / proc. 130893/2002-1  
Processo Fapesp 1996/5708-4  
Processo CNPq 520006/96-8

## Introdução

A eletromiografia vem sendo utilizada para conhecer a atividade elétrica produzida por diferentes grupos musculares quando as unidades motoras são ativadas (3).

O músculo reto femoral compõe juntamente com vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio um grupo muscular denominado quadríceps femoral, situado na face anterior da coxa, sendo considerado como o maior e mais poderoso de todos os músculos do corpo humano (23). Gardner *et al.* (10) e Hall (13) relatam que o músculo reto femoral é conhecido como músculo do chute. Rasch & Burke (19) referem-se ao músculo como biarticular, produzindo movimentos de flexão do quadril e extensão do joelho. Em estudo de Bankoff *et al.* (1), é evidenciada a participação efetiva do músculo reto femoral nos exercícios de chute sem bola e com bola, havendo predomínio de força explosiva no movimento de chute com bola em ambas as fases (inicial e final).

Este músculo tem sido objeto de estudos por meio da eletromiografia em diversas investigações, com o objetivo de verificar sua participação em movimentos das articulações do quadril e do joelho, tanto na área desportiva como clínica.

Portnoy & Morin (18) e Ericson *et al.* (9) analisando a ativação do músculo reto femoral em diversos movimentos e posições, verificaram uma participação ativa no final da extensão do quadril (ação excêntrica) e no início da flexão do quadril (ação concêntrica) e nos movimentos de extensão do joelho. Outros pesquisadores encontraram o mesmo comportamento do músculo reto femoral (4, 5). Pellegrinotti (17) relata que o músculo reto anterior da coxa exerce maior ação nos primeiros graus de extensão do joelho que os músculos vasto lateral e medial.

Bankoff *et al.* (2) analisaram o pico de frequência dos registros eletromiográficos dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial, durante os movimentos de flexão e extensão total do joelho, realizados com e sem carga nos quais verificaram maior ativação no movimento de extensão total do joelho em relação à flexão total.

Tassi *et al.* (22) estudaram a participação do músculo reto femoral em exercícios realizados no aparelho *Leg Press*. Os autores verificaram que a maior participação deste músculo ocorre quando os pés estão em dorsiflexão (-90°) e na posição reta (90°). Lee *et al.* (15) verificaram os potenciais de ação do quadríceps femoral durante eletroestimulação e concluíram que o treinamento de indução é efetivo durante as contrações dinâmicas e pode ser benéfica a aplicação de estimulação elétrica funcional. Além disso, os autores verificaram que as cargas mais intensas produziram menor amplitude no movimento e também induziram a um maior nível de fadiga.

A fadiga muscular pode ser definida como uma incapacidade da produção ou manutenção da potência ou força durante contrações musculares repetidas (11). Enoka (7) considera estes mecanismos como uma classe de efeitos que envolvem os processos motores e sensoriais interferindo e prejudicando o desempenho. Nesse sentido, Enoka & Stuart (8) relatam que a fadiga não ocorre por um mecanismo isolado; os mecanismos que a envolvem variam de condição, denominada dependência da tarefa, ou seja,

fatores que envolvem a atividade física, como músculos envolvidos, duração da atividade, quantidade de força.

Neste trabalho, tivemos como objetivo analisar os potenciais de ação do músculo reto femoral, durante a realização de movimentos com e sem a utilização de sobrecarga.

## Indivíduos e métodos

O músculo reto femoral foi analisado por meio da eletromiografia em dez mulheres, alunas de graduação do curso de Educação Física – UNICAMP, faixa etária entre 19 e 22 anos, utilizando eletrodos de superfície. Antecipadamente ao experimento, as voluntárias preencheram e assinaram termo de consentimento autorizando a utilização dos dados para pesquisa.

Foi utilizado um eletromiógrafo da marca Lynx AI6010 contendo seis canais - (Processo FAPESP 1996/5708-4). Os limites de entrada dos sinais foram estabelecidos em  $\pm 2.500$  mV. Foram utilizados eletrodos de superfície (tipo disco - 0,5 cm de diâmetro - Ag/AgCl), os quais foram colocados 18 cm acima da patela, no ventre muscular do músculo reto femoral. A distância entre os eletrodos foi estabelecida em dois centímetros. O eletrodo terra (referência) foi colocado próximo ao cotovelo direito.

Para a assepsia do local foram utilizados álcool e um aparelho de barbear “Gillette” para a retirada de possíveis pêlos. Os eletrodos foram fixados com gel eletrocondutor e fita adesiva “Micropore”. O filtro passa baixa e passa alta foi calibrado em 10 - 600 Hz. Para a captação e leitura dos dados foi utilizado o *software* AQDADOS LINX.

Foi analisado o curso do movimento flexão/ extensão do joelho em mesa extensora, em séries de 12 repetições (15 segundos cada série), assim divididos: MCI (1 movimento); 1 série de 12 movimentos sem carga; 12 séries de 12 movimentos com 15 Kg (144 movimentos); 12 séries de 12 movimentos com 17 Kg (144 movimentos); 12 séries de 12 movimentos com 19Kg (144 movimentos); 12 séries de 12 movimentos com 21 Kg (144 movimentos), totalizando 589 movimentos. Entre cada série houve um intervalo de 10 segundos e entre a mudança de carga o intervalo foi de 30 segundos. As séries de movimentos foram realizadas até as voluntárias não conseguirem mais realizar os movimentos, o que ocorreu na carga de 21 Kg.

Para este trabalho foram selecionados os dados referentes à máxima contração isométrica (MCI), série de movimento sem carga, série com a carga inicial (15 Kg), série com 19 Kg (penúltima série) e série com a carga de 21 Kg (última série).

Para o tratamento estatístico empregou-se a análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas seguido por teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## Resultados e discussão

Os valores expressos em RMS são demonstrados na Tabela 1 e Figura 1. As Figura 2 a 6 demonstram os registros eletromiográficos referentes a realização dos movimentos de flexão e extensão do joelho, realizados com e sem a adição de carga.

**Tabela 1** - Valores expressos em RMS referentes à participação do músculo reto femoral durante a realização de movimentos de flexão e extensão do joelho, 10 indivíduos do sexo feminino.

	MCI	SC	15Kg	19Kg	21Kg
1	84,77	39,03	121,20	144,90	12,80
2	204,60	104,55	204,30	184,30	15,89
3	100,30	26,60	206,10	142,10	10,45
4	170,64	79,76	137,40	198,40	12,15
5	93,39	40,12	90,17	80,12	6,12
6	144,00	73,96	163,70	140,20	7,10
7	263,60	36,80	129,67	258,50	11,45
8	131,20	48,98	113,90	48,98	15,51
9	88,15	34,21	80,90	77,83	4,12
10	118,90	31,47	99,18	90,11	5,36
Média	139,55*	51,54	134,65*	136,54*	10,09
D.P.	58,13	25,70	44,18	64,59	4,20

\*Diferença significativa de SC e 21 kg (p<0,05)

MCI = Máxima Contração Isométrica

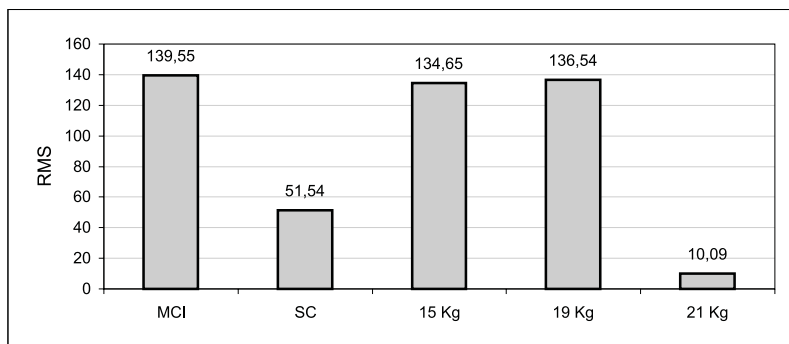
SC = Série de 12 repetições sem carga

15 Kg = Série de 12 repetições com 15 Kg de carga

19 Kg = Série de 12 repetições com 19 Kg de carga

21 Kg = Série de 12 repetições com 21 Kg de carga

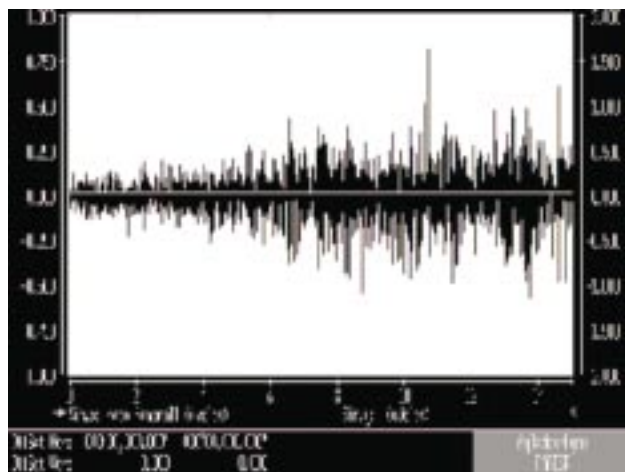
**Figura 1** - Valores médios expressos em RMS referentes à participação do músculo reto femoral durante a realização de movimentos de flexão e extensão do joelho em 11 indivíduos do sexo feminino.



Diferença significativa de SC e 21 kg (p<0,05)

MCI=Máxima Contração Isométrica; SC=Série de 12 repetições sem carga; 15 Kg=Série de 12 repetições com 15 Kg de carga; 19 Kg=Série de 12 repetições com 19 Kg de carga; 21 Kg=Série de 12 repetições com 21 Kg de carga

Neste trabalho, verificamos o RMS de 139,55 para a Máxima Contração Isométrica (MCI), conforme pode ser verificado na Tabela 1 e Figura 1 e o registro eletromiográfico



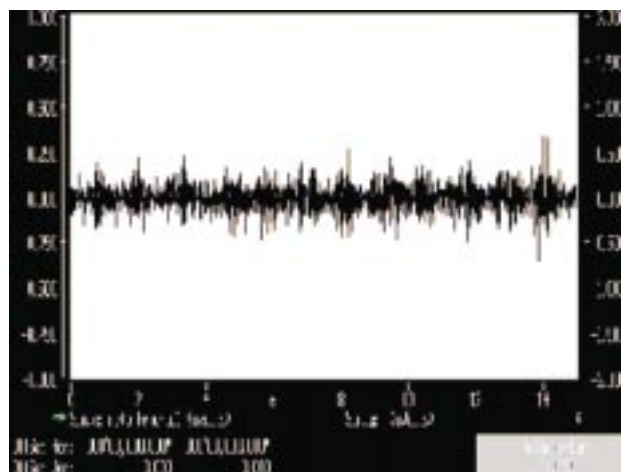
**Figura 2** - Registro eletromiográfico do músculo reto femoral (Máxima Contração Isométrica).

na Figura 2. Na Figura 3 encontramos o registro eletromiográfico referente ao movimento realizado sem carga, com o RMS de 51,54 (Figura 1 e Tabela 1). Estes dados refletem a necessidade de maior recrutamento de fibras musculares de acordo com o aumento gradativo de tensão na Máxima Contração Isométrica em relação ao movimento realizado sem carga.

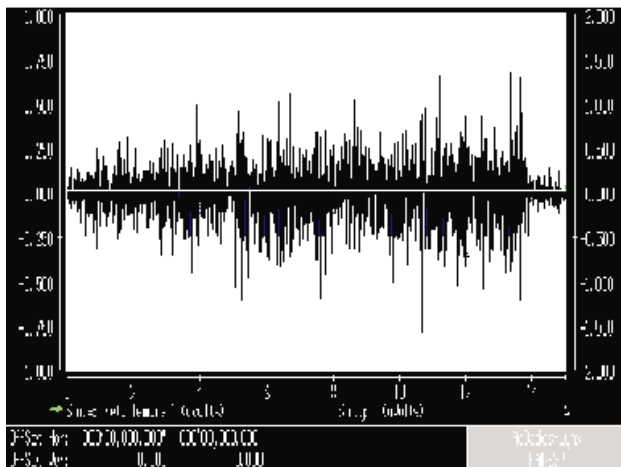
De acordo com Eloranta (6) a maior força registrada durante tensões isométricas ocorrem entre 120 a 165 graus de extensão do joelho na posição sentada. Os músculos vastos medial e lateral apresentam maiores potenciais de ação com 150 graus de extensão. Para Pellegrinotti (17) o reto anterior da coxa exerce maior ação nos primeiros graus de extensão do joelho que os músculos vastos medial e lateral. Segundo Bankoff *et al.* (1) no movimento de flexão do quadril com o joelho estendido, os potenciais de ação mais fortes predominaram entre 60 e 90 graus, diferenciando do exercício de flexão do quadril com joelho flexionado.

Para Wheatly & Jahnke (24), o músculo reto femoral é mais ativo no início da extensão do joelho e os vastos medial e lateral mostram grande atividade no final deste movimento. Bosco & Viitasalo (4) verificaram maior atividade eletromiográfica dos músculos Reto Anterior da coxa e vasto medial nas contrações concêntricas e excêntricas que o vasto lateral. Bankoff *et al.* (1) relatam que no movimento de extensão do joelho (contração isotônica concêntrica) a atividade eletromiográfica do músculo reto femoral, sobre a articulação do joelho, foi observada após os 30 graus com maior intensidade, prevalecendo também entre 60 e 90 graus de atividade forte.

Quando da realização do movimento de flexão e extensão do joelho em mesa romana, conforme pode ser verificado na Tabela 1 e Figura 1 (valor em RMS), e Figura 4 (registro eletromiográfico), verificamos os dados referentes ao movimento realizado com a adição de 15 Kg de carga, no qual o RMS foi de 134,65, demonstrando que houve a necessidade de recrutamento de maior quantidade de fibras musculares para a realização do movimento quando comparada com o movimento realizado sem carga.



**Figura 3** - Registro eletromiográfico do músculo reto femoral (sem carga).

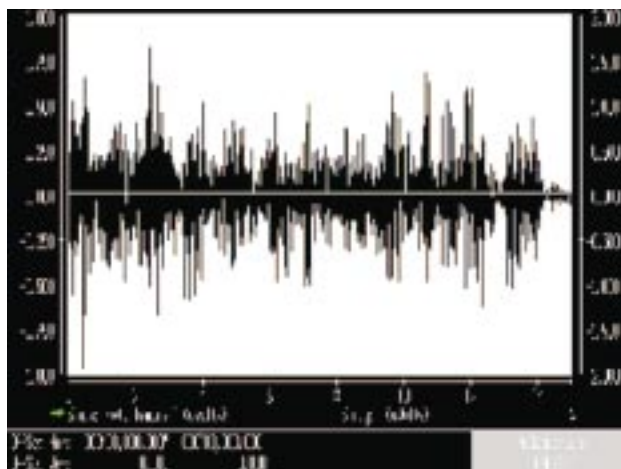


**Figura 4** - Registro eletromiográfico do músculo reto femoral (carga de 15 Kg).

Hamill & Knutzen (14) relatam que o reto femoral não contribui significativamente para a força de extensão do joelho, ao menos que haja uma posição favorável em relação à articulação do quadril. Sua ação como extensor do joelho é limitada quando o quadril está fletido, ao passo que, com o quadril estendido, há o alongamento do joelho facilitando, portanto, a ação do reto femoral na extensão do joelho. Em trabalho de Bankoff *et al.* (1) o músculo reto femoral não mostrou atividade eletromiográfica nos primeiros 10 graus no exercício de flexão do joelho.

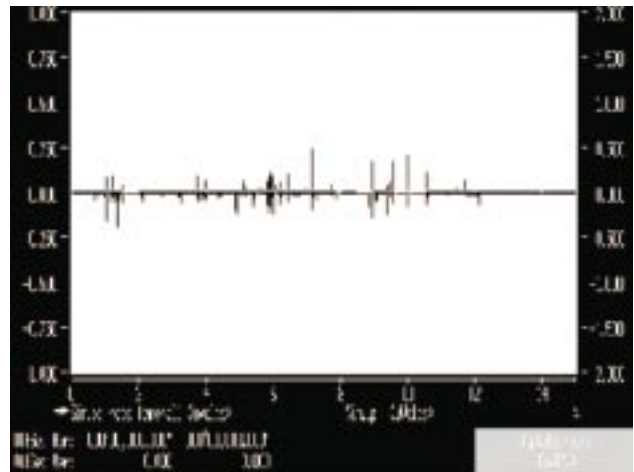
De acordo com Bankoff *et al.* (2), as médias dos picos de frequência dos registros eletromiográficos nos movimentos de flexão e extensão total do joelho são maiores quando realizados com carga e no movimento de extensão. Bankoff *et al.* (1) relatam que durante a ação excêntrica, o músculo reto femoral atuando sobre a articulação do joelho, mostrou atividade eletromiográfica forte no intervalo compreendido entre 70 a 90 graus, sugerindo que a partir dos 90 graus a força gravitacional é responsável pelo movimento.

Na Tabela 1 e Figura 1 podemos verificar os dados referentes à carga de 19 Kg. O valor de RMS foi de 136,54. Os valores indicam a participação do músculo reto femoral durante o percurso de movimento flexão/extensão. Na Figura 5 podemos verificar o registro eletromiográfico.



**Figura 5** - Registro eletromiográfico do músculo reto femoral (carga de 19 Kg).

Na Tabela 1 e Figura 1 encontramos os valores referentes à carga de 21 Kg e na Figura 6 é apresentado o registro eletromiográfico. Para esta carga verificamos o menor valor encontrado (RMS 10,09), refletindo a dificuldade em se prosseguir realizando os movimentos, podendo ser considerado o início do processo de fadiga muscular do músculo reto femoral.



**Figura 6** - Registro eletromiográfico do músculo reto femoral (carga de 21 Kg).

Após a última série executada pelos indivíduos, referente à carga de 21 Kg, mesmo sendo possível a continuidade da realização dos movimentos, os potenciais de ação demonstraram que o músculo reto femoral não estava mais participando do movimento. Desta forma, sugere-se que este músculo entra em processo de fadiga antes que os outros componentes do grupo quadríceps femoral.

Enoka & Stuart (8) relatam que a fadiga não ocorre por um mecanismo isolado. Lee *et al.* (15) consideram a fadiga como dependente da tarefa, isto é, o mecanismo causador pode ser diferente dependendo do tipo de tarefa solicitada e, conseqüentemente, dos fatores envolvidos na atividade.

Strohnik & Komi (21) concluíram que após exercícios cíclicos de extensão-encurtamento realizados em baixa frequência, ocorre a fadiga que pode ser resultante de uma baixa liberação  $Ca^{2+}$  por simples potencial de ação. Da mesma forma, Lindeman *et al.* (16) evidenciaram o processo de fadiga mais acentuado no músculo reto femoral, durante o movimento de extensão do joelho a um ângulo de 60 graus.

De acordo com Sterner & Armstrong (20), um protocolo de alta intensidade e pequena duração sobre um período extenso de tempo podem induzir a fadiga mais rapidamente do que as atividades físicas e participações esportivas. Segundo Hakkinen (12), cargas extenuantes podem levar a uma fadiga neuromuscular, tornando-se evidente não apenas pela diminuição aguda na força máxima, mas pela diminuição na produção de força explosiva e relaxamento dos músculos exercitados.

## Conclusões

De acordo com os resultados obtidos por meio das análises eletromiográficas e dentro das condições

experimentais do presente trabalho, podemos tirar as seguintes conclusões:

- a) o músculo reto femoral apresentou potenciais de ação em todos os movimentos realizados;
- b) os menores potenciais de ação foram verificados durante a realização do movimento sem a utilização de carga;
- c) conforme as cargas foram aumentadas ocorreu um aumento do valor expresso em RMS;
- d) na última série executada, referente à carga de 21 Kg, os potenciais de ação sofreram um decréscimo acentuado, quando comparados com as outras cargas.

Portanto, estes dados revelam a importância em se monitorar os potenciais de ação do grupo muscular, visando a minimizar a possibilidade de lesões do músculo reto femoral, tendo em vista a continuidade dos movimentos estar sendo possível pela ação dos outros integrantes do grupo quadríceps femoral, porém sem a participação necessária do músculo em questão.

## Referências Bibliográficas

1. BANKOFF, A.D.P., MORAES, A.C., *et al.* Study of the explosive strength of the rectus femoris muscle using electromyography. **Electromyogr Clin Neurophysiol**, v. 40, p. 351-56, 2000.
2. BANKOFF, A.D.P., MASSARA, G., *et al.* Estudos dos picos de frequência dos músculos vasto lateral, vasto medial oblíquo e reto femoral, em movimentos de flexão e extensão total do joelho em atletas de levantamento de peso: um estudo eletromiográfico. **Revista da Associação dos Professores de Educação Física de Londrina**. v. 13, n. 1, p. 18-28, 1998.
3. BASMAJIAN, J.V. **Eletrofisiologia de la accion muscular**. Buenos Aires: Panamericana, 1976.
4. BOSCO, C., VIITASALO, J.K. Potentiation of myoelectrical activity of human muscles in vertical jumps. **Electromyogr Clin Neurophysiol**, v. 22, p. 549-62, 1982.
5. CABRI, J. *et al.* Influence of strength training on soccer players. **Sci Football**, n. 4, p. 17-21, 1991.
6. ELORANTA, V. Coordination of the thigh muscle in static leg extension **Electromyogr Clin Neurophysiol**, v. 29, p.227-33, 1989.
7. ERICSON, M.O., NISELL, R., ARBORELIUS, U.P., EKHOLM, J. Muscular activity during ergo meter cycling. **Scand J Rehab Med**, n. 17, v. 2, p. 53-62, 1985.
8. ENOKA, R.M. **Bases neuromecânicas da cinesiologia**. São Paulo: Manole, 2000.
9. ENOKA, R., STUART, D.G. Neurobiology of muscle fatigue. **J Appl Physiol**, v.72, n.5, p.1631-1648, 1992.
10. GARDNER, E., GRAY, D.J., O'RAHILLY, R. **Anatomia**, 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1975.
11. GIBSON, H., EDWARDS, R.H.T. Muscular exercise and fatigue. **Sports Med**, n.2, p. 120-32, 1985.
12. HAKKINEN, K. Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy exercise. **Int J Sport Med**, v. 14, p. 53-9, 1993.
13. HALL, S. **Biomecânica básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993.
14. HAMIL, J., KNUTZEN, K.M. **Bases biomecânicas do movimento humano**, 1. ed. São Paulo: Manole, 1999.
15. LEE, S.C.K., BECKER, C.N., BINDER-MACLEOD, S.A. Activation of human quadriceps femoris muscle during dynamic contractions: effects of load on fatigue. **J Appl Physiol**, n. 89, p. 926-36, 2000.
16. LINDEMAN, E. *et al.* Surface EMG of proximal leg muscles in neuromuscular patients and in healthy controls. Relations to force and fatigue. **J Electromyogr Kinesiol**, n. 9, p. 299-307, 1999.
17. PELLEGRINOTTI, I. L. **Classificação de performance física através do perfil eletromiográfico dos músculos reto da coxa, vasto lateral e vasto medial de mulheres treinadas e não treinadas**. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências - UNESP, Botucatu-São Paulo, 1995.
18. PORTNOY, H., MORIN, F. Electromyographic study of postural muscles in various positions and movements. **Am J Physiol**, n. 186, p. 122-6, 1956.
19. RASCH, P.J., BURKE, R. **Cinesiologia e anatomia aplicada**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1977.
20. STERNER, R.L., ARMSTRONG, C.V. A force and electromyographical analysis of a function fatigue. Official Publication of the National Athletic Trainers. **J Athl Training**, n. 36, p. 2: 31 (S), 2001.
21. STROJNIK, V., KOMI, P.V. Fatigue after submaximal intensive stretch-shortening cycle exercise. **Med Sci in Sports Exerc**, v. 32, n. 7, p. 1317-19, 2000.
22. TASSI, N.F., GONÇALVES, J.G., VITTI, M., KROOL, M. Electromyographic evaluation of the rectus femoris muscle during exercises performed on the leg press. **Electromyogr Clin Neurophysiol**, n. 38, p. 223-29, 1998.
23. WEINECK, J. **Anatomia aplicada ao esporte**, 3. ed. São Paulo: Manole, 1990.
24. WHEATHEY, M.D., JAHNKE, W.D. Electromyographic study of the superficial thigh and hip muscles in normal individuals. **Arch Physiol Med**, n. 32, p. 508-15, 1951.