

ESTUDO ELETROMIOGRÁFICO DOS MÚSCULOS MOTORES PRIMÁRIOS DA ARTICULAÇÃO DO JOELHO NA MESA ROMANA: ESTUDO DE CASO

Originais

ANTONIA DALLA PRIA BANKOFF

Laboratório de Avaliação Postural e Eletromiografia
Faculdade de Educação Física – Unicamp

Apoio Financeiro: CNPq n° 520006/96-8 e FAPESP n° 1996/5708-4

Resumo

Palavras-Chave
Eletromiografia;
Músculos flexores;
Músculos extensores do joelho.

Através dos estudos eletromiográficos é que se tem conhecido a efetiva participação dos músculos esqueléticos. Participaram do estudo 05 sujeitos do sexo masculino, na faixa etária entre 17 e 22 anos, praticantes de musculação. Foram utilizados eletrodos de superfície. Os músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial foram analisados no movimento de extensão do joelho realizado sentado na mesa romana; os músculos bíceps femoral, semimembranoso e semitendinoso foram analisados no movimento de flexão do joelho em decúbito ventral na mesa romana. Os resultados expressos em RMS foram: 543,86 ($\pm 127,39$) para o músculo semimembranoso, 400,08 ($\pm 124,10$) para o semitendinoso, 222,92 ($\pm 69,28$) o valor do bíceps femoral, 288,12 ($\pm 152,4$) para o músculo reto femoral, 215,63 ($\pm 117,30$) para o músculo vasto lateral e 190,58 ($\pm 75,01$) o valor do vasto medial. As cargas máximas utilizadas foram maiores no movimento de extensão do joelho. Os resultados demonstraram maior participação dos músculos flexores do joelho quando comparado com os extensores.

Abstract

Keywords
Electromyography;
Knee flexors muscles;
Knee extensors muscles.

ELETROMYOGRAPHY STUDY OF THE PRIMARY MOTORS MUSCLES OF THE KNEE ARTICULATION EXECUTED IN ROMAN TABLE: Study of case

Through the electromyography studies it is that is had known the effective participation of the skeletal muscle. They participated in the study five subject of the masculine sex, in the age group among 17 and 22 years. Surface electrodes were used. The vastus lateralis, vastus medialis, rectus femoris muscles was analyzed in the extension movement of the knee, sat down in the roman table; the biceps femoris, semimembranosus and semitendinosus muscles was analyzed in the flexion movement of the knee, in decubitus ventralis, in the roman table. The results, expressed in RMS, were: 543,86 ($\pm 127,39$) for the semimembranosus muscle, 400,08 ($\pm 124,10$) for semitendinosus, 222,92 ($\pm 69,28$) the value of the biceps femoris muscles, 288,12 ($\pm 152,4$) for the rectus femoris, 215,63 ($\pm 117,30$) for the vastus lateralis muscle and 190,58 ($\pm 75,01$) the value of vastus medialis. The used maximum loads were larger in the extension movement of the knee. The results demonstrated larger participation of the flexors muscles of the knee when compared with the extensors muscles.

Introdução

Além dos aspectos da arquitetura dos músculos, apresentado em estudo de LIEBER e SHOEMAKER (1992), da distribuição dos tipos de fibras JENNEKENS, TOMLINSON E WALTON (1971); SAKKAS, BALL, MERCER E NAISH (2003) entre outros, novos estudos tem se mostrado necessário para o aprofundamento do conhecimento da função específica e efetiva de cada um dos músculos esqueléticos. A aplicação da análise eletromiográfica captando potenciais elétricos gerados nos músculos em atividade, tem permitido conhecer a real e efetiva participação do músculo vivo.

BOSCO e VIITASALO (1982) relatam a participação do músculo nos movimentos de força concêntrica e excêntrica. A ação concêntrica exercida também é descrita por CABRI, DEPROFT, DEFOUR e CLARYS (1991). Vários outros pesquisadores, entre eles BANKOFF et al (2000a); BANKOFF et al (200b); ERICSON et al (1985); HOUTZ e FISCHER (1959); JORGE e HULL (1986); MORAES e BANKOFF (2001); MORAES e BANKOFF (2003); PORTNOY e MORIN (1956) demonstraram a participação de músculos esqueléticos utilizando-se a eletromiografia.

Dentro do esporte, alguns trabalhos eletromiográficos podem ser citados, como os de Hermann (1962) em indivíduos arremessando peso, os de KAMON (1966) em ginástica de aparelhos, na natação BANKOFF e VITTI (1978, 1984, 1987); IKAI, ISHII e MIYASHITA (1964), em ginástica localizada BANKOFF e FURLANI (1986, 1987), na musculação FRANCISCHETTI e BANKOFF (1990), na ginástica artística MORAES et al (1995), no levantamento de peso BANKOFF et al (1998), no futebol BANKOFF et al (2000a), no ciclismo CRUZ e BANKOFF (2001), nos exercícios abdominais MORAES et al (1995, 2003), entre outros.

A estabilidade da articulação do joelho é propiciada pelos meniscos, ligamentos e músculos GRIMM (1963), CAMPBELL e GLENN (1982). Os músculos que atuam diretamente nos movimentos e ajudam a estabilizar a articulação do joelho são os que compõem o grupo denominado quadríceps femoral e os que compõem o grupo dos isquiotibiais. (GRIMM, 1963); (HAMILL e KNUITZEN, 1999).

Para maior estabilização da articulação do joelho deve existir um balanço de forças entre estes dois grupos musculares, os quais, por terem inervação recíproca permitem a realização de movimentos sincronizados, característicos desta articulação. (CAMPBELL e GLENN, 1982; GRIMM, 1963); WATKINS, 1983).

Na locomoção a musculatura ao redor do joelho é utilizada para fazer a propulsão, a estabilização e para absorver forças significantes aplicadas ao corpo. Quando o calcanhar toca o solo na fase de frenagem da caminhada, os isquiotibiais atingem seu pico de atividade muscular ao tentar interromper o movimento na articulação do quadril. Ainda, na fase de propulsão da caminhada (para cima e para frente) os isquiotibiais ficam ativos aproximadamente no momento em que se dá a propulsão do corpo para frente. Na fase de balanceio da caminhada, os isquiotibiais ficam ativos após a retirada dos artelhos e novamente no final da fase de balanceio, antes do contato do pé. (LINDEMAN, 1999).

Em estudo de SAKKAS (2003) é relatado que os músculos isquiopoplíteos são mais ativos durante o movimento de flexão do joelho entre 30° e 60° e no movimento de extensão se mostraram mais ativos acima de 60° e de 60° a 30°.

CRUZ e BANKOFF (2001) estudaram os isquiopoplíteos através da eletromiografia no ciclismo comparando os pedais de encaixe e de presilha. Os resultados mostraram que os potenciais de ação foram maiores quando se pedalou utilizando o pedal de presilha, significando fazer maior força com este pedal quando comparado com o de encaixe.

No trabalho de BANKOFF, FONSECA, NETO e MORAES (2004) é relatada a participação dos músculos semimembranoso, semitendinoso e bíceps femoral (porção longa) durante a atividade de pedalar e durante os movimentos de flexão de joelho (ações concêntrica e excêntrica) realizada na posição de decúbito ventral.

Quanto aos músculos extensores do joelho WARWICH e WILLIAMS (1979) relatam que o músculo reto femoral é nitidamente inativo na posição ortostática. Entretanto, TATA et al. (1980) encontraram no movimento de caminhar uma leve participação do músculo reto femoral. Vários outros autores abordam em seus estudos o músculo

reto femoral durante o ciclo de pedalar na bicicleta ergométrica, onde é observada a participação ativa no final da extensão e no início da flexão da perna. (ARIENTI, 1948); (ERICSON et al 1985); (HOUTZ e FISCHER, 1959); (JOSÉ e FURLAN, 1984); (PORTNOY e MORIN, 1956).

BANKOFF et al. (2000a) estudaram através da eletromiografia o músculo reto femoral durante o movimento do chute no futebol. Os autores relataram que houve participação efetiva do músculo nos movimentos de chute com bola e sem bola, havendo predomínio de força explosiva no movimento de chute com bola nas fases inicial e final do chute.

Em outro trabalho, MORAES et al (2004) relatam a participação do músculo Reto Femoral nos movimentos de extensão do joelho realizado com sobrecarga em Mesa Romana, concluindo que o músculo estudado apresentou diminuição na amplitude e frequência dos potenciais de ação nas fases finais do experimento, mesmo na continuidade do movimento, sugerindo que o músculo Reto Femoral entraria em fadiga antes que os outros extensores da articulação do joelho.

Baseado nestas informações e levando-se em consideração que os testes de carga máxima, tem servido, ao longo dos anos como parâmetro para prescrição do treinamento físico e diante da necessidade de ampliar os estudos eletromiográficos relacionado às Ciências do Esporte é que nos propusemos a analisar os potenciais de ação dos músculos motores primários dos movimentos de flexão e extensão do joelho.

METODOLOGIA

Os músculos vasto lateral, vasto medial, reto femoral, bíceps femoral, semimembranoso e semitendinoso foram analisados através da eletromiografia, utilizando-se eletrodos de superfície, em cinco sujeitos do sexo masculino com idade entre 17 e 22 anos, praticantes de musculação, os quais treinavam três horas por dia, cinco vezes por semana. Os indivíduos, após serem esclarecidos sobre as finalidades do estudo e os procedimentos aos quais seriam submetidos, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNICAMP, de acordo com as normas de pesquisa

envolvendo seres humanos. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Eletromiografia e Biomecânica da Postura da Faculdade de Educação Física – UNICAMP.

Foi utilizado um eletromiógrafo da marca Lynx AI6010 contendo seis canais. Foi estabelecida a frequência de 1200 Hz para a aquisição dos registros eletromiográficos. O filtro passa baixa / alta foi calibrado em 600 / 10 Hz. A faixa de entrada foi estabelecida em $\pm 5 \mu\text{V}$ e os limites de entrada dos sinais em $\pm 2.500 \mu\text{V}$. O aparelho foi calibrado em 3 segundos para coleta de dados em cada movimento realizado (fase concêntrica e excêntrica), conforme visto nas figuras de 1 a 6. Para a captação e leitura dos dados foi utilizado o software AQDADOS LINX.

Foram utilizados eletrodos de superfície (tipo disco - 0,5 cm de diâmetro - Ag/AgCl), os quais foram colocados nos ventres musculares. Após dissecações em peças anatômicas e as orientações sugeridas por LEIS e TRAPANI (1983) tivemos como parâmetros: para o músculo vasto lateral: 10 cm no sentido vertical partindo do centro da rótula, 8 cm a horizontal lateral; músculo vasto medial oblíquo: 10 cm no sentido vertical, partindo do centro da rótula e 6 cm a horizontal medial; músculo reto femoral: 19 cm no sentido vertical, partindo do centro da rótula, seguindo em direção a espinha ilíaca superior; bíceps femoral porção longa: 19 cm no sentido vertical partindo da cabeça da fíbula; semitendinoso: 16 cm no sentido vertical, partindo do centro da fossa poplíteia; semimembranoso: 19 cm no sentido vertical partindo do côndilo medial da tíbia. À distância entre os pares de eletrodos foi estabelecida em dois centímetros. O eletrodo terra (referência) foi colocado próximo a articulação do cotovelo no lado direito.

Para a assepsia dos locais, foi utilizado álcool e aparelho de barbear “Gillette” para a retirada de possíveis pelos. Os eletrodos foram fixados com gel eletrocondutor e fita adesiva “Micropore”.

Para os músculos bíceps femoral, semimembranoso e semitendinoso, foi executado o movimento de flexão do joelho (ação concêntrica e excêntrica), com carga máxima (1RM), estando o indivíduo deitado em decúbito ventral; para os músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral foi realizado o movimento de extensão do joelho

(ação concêntrica e excêntrica) com carga máxima (1RM), estando o sujeito sentado com o tronco apoiado no encosto dorsal inclinado em 110 graus na mesa romana. Para determinação do teste de carga máxima foi utilizado como referência. (BACHE e EARLE, 2000).

Os valores, referente aos testes de carga máxima, podem ser verificados na **tabela 1**.

Em relação ao teste de carga máxima, verificamos que foi maior para os extensores do joelho realizado no movimento de extensão do joelho em mesa romana quando comparados com os flexores do joelho em decúbito ventral.

Para o tratamento estatístico empregou-se a análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas seguido do teste de Tukey. O nível de significância estabelecido foi 5% ($p < 0.05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores expressos em RMS (root-mean-square) referente às respostas eletromiográficas

de cada um dos cinco sujeitos, com referência aos músculos bíceps femoral (porção longa); semimembranoso e semitendinoso durante o movimento de flexão do joelho executado na mesa romana (decúbito ventral) e vasto lateral, vasto medial oblíquo e reto femoral no movimento de extensão do joelho executado na mesa romana, podem ser verificados na **tabela 2**. Nas **figuras de 1 a 6** verifica-se os registros eletromiográficos (sinal bruto) referentes aos músculos estudados.

A análise qualitativa do sinal eletromiográfico bruto possibilita uma avaliação da qualidade do sinal, da verificação da atividade muscular, da relação entre diferentes músculos e informações referentes aos períodos de atividade e silêncio PEZARAT e CORREIA (1998). Para BASMAJIAN e de LUCA (1985) os valores em RMS expressa em números o nível de atividade elétrica dos músculos.

Os músculos flexores do joelho constituem o grupo isquiplóteo (biceps femural, semitendinoso e semimembranoso) em função de suas origens ser na tuberosidade do osso ísquio e suas inserções

Tabela 1

Valores expressos em kg referente ao teste de carga máxima, durante a realização de exercícios de flexão do joelho em mesa romana (decúbito ventral) e de extensão do joelho na mesa romana.

Movimento	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 4	Sujeito 5	Média	D.P. ±
Extensão joelho	38,00	60,00	40,00	35,00	35,00	41,60	10,50
Flexão joelho	17,00	25,00	20,00	20,00	25,00	21,40	3,50

Tabela 2

Distribuição dos valores expressos em RMS, referentes aos músculos bíceps femoral, semitendinoso e semimembranoso, durante a realização de exercícios de flexão do joelho em mesa romana (decúbito ventral) e dos músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral no movimento de extensão do joelho na mesa romana.

Músculos/Movimentos	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 4	Sujeito 5	Média	D.P. ±
Flexão							
Bíceps Femoral (PL)	281,40	283,00	253,50	155,90	140,80	222,92*	69,28
Semimembranoso	564,90	543,90	489,80	385,70	735,00	543,86	127,39
Semitendinoso	345,70	533,30	493,00	220,60	407,80	400,08	124,10
Extensão							
Reto Femoral	243,40	504,50	273,50	335,20	84,02	288,12	152,40
Vasto Medial	282,10	172,70	131,30	254,80	112,00	190,58	75,014
Vasto Lateral	66,46	259,10	290,70	342,30	119,60	215,63	117,30

Diferença significante entre bíceps femoral e semitendinoso e, bíceps femoral e semimembranoso ($p < 0,05$).

nas adjacências da fossa poplíteia (côndilos lateral e medial da tíbia e cabeça da fíbula). São músculos biarticulares e atuam simultaneamente sobre as articulações do quadril e joelho. Compreender a ação dos músculos biarticulares no homem, especificamente em gestos esportivos, necessita de análises biomecânicas mais profundas. Por exemplo, quando o tronco é inclinado no plano sagital anteriormente, mantendo o joelho em extensão e o tronco em linha reta, um indivíduo pode incliná-lo até que a cavidade acetabular rode sobre a cabeça do fêmur aproximadamente 45 graus; os músculos bíceps femoral, semitendinoso e semimembranoso começam a encurtar pela contração para sustentar o peso do tronco, não permitindo ou dificultando uma inclinação maior havendo necessidade de flexionar os joelhos, retirando assim a tensão dos isquio-poplíteos para dar continuidade na inclinação.

O músculo bíceps femoral é um músculo fusiforme, composto de fibras curtas as quais descem obliquamente desde o tendão superior e o fêmur para se unir ao tendão inferior; o músculo Semitendinoso é um músculo unipenado, composto de fibras curtas as quais descem no sentido diagonal, desde o tendão de origem para se unir ao tendão de inserção; o músculo semimembranoso é um músculo unipenado, composto de fibras curtas as quais descem no sentido diagonal. (RASCH e BURKE, 1977).

CONFORME HUIJING (1992) a arquitetura anatômica dos músculos de classificação peniforme (unipenado), onde as fibras correm diagonalmente em relação a um tendão que atravessa o músculo e os fascículos são curtos e correm em ângulo, a força da fibra muscular é em direção diferente da força muscular. As fibras peniformes em geral são mais curtas, criam movimentos mais lentos, produzem mais força e não são capazes de produzir movimentos de grande amplitude.

Com relação ao movimento de flexão do joelho, realizado na mesa romana, em decúbito ventral, o músculo bíceps femoral (porção longa), apresentou o RMS médio de 222,92 ($\pm 69,28$). Para o músculo semitendinoso o RMS foi de 400,08 ($\pm 124,10$) e o para o semimembranoso o valor foi de 543,86 ($\pm 127,39$). Observando as **figuras 1 a 3** referentes aos sinais eletromiográficos, podemos verificar que o músculo semimembranoso apre-

sentou potenciais de ação com maiores amplitudes quando comparado com o semitendinoso e bíceps femoral (cabeça longa). Entretanto, o músculo semitendinoso apresentou amplitude mais acentuada após o final da fase concêntrica, permanecendo inalterada até o final do exercício e o músculo bíceps femoral (porção longa) apresentou amplitude maior no final da fase concêntrica e início da excêntrica do movimento analisado.

Ao compararmos os valores expressos em RMS, verificamos que a diferença entre os músculos bíceps femoral, semitendinoso e semimembranoso foi estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

Figura 1
Registro eletromiográfico do músculo semimembranoso, durante a realização de movimentos na mesa romana.

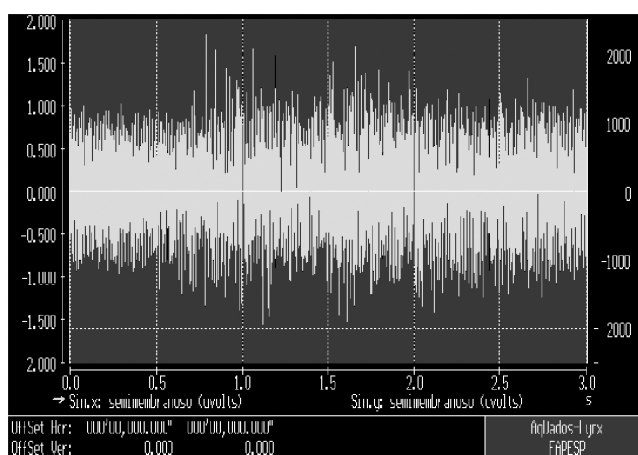


Figura 2
Registro eletromiográfico do músculo semitendinoso, durante a realização de movimentos na mesa romana.

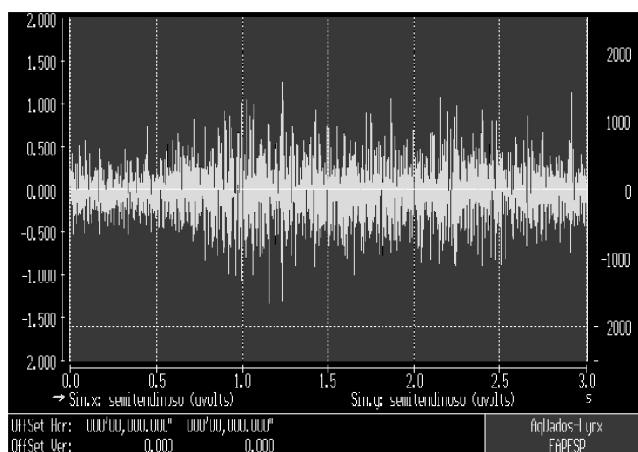
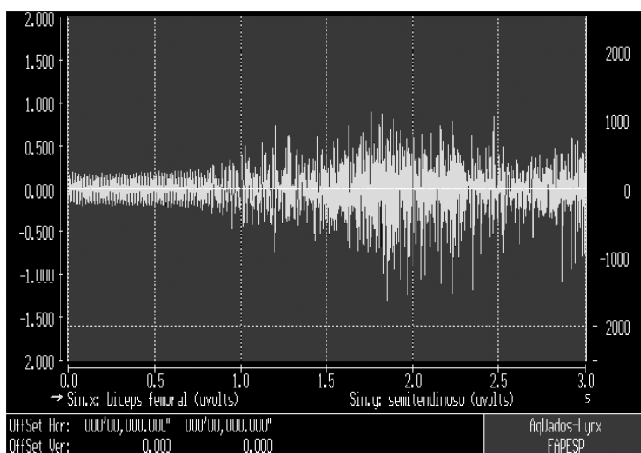


Figura 3

Registro eletromiográfico do músculo bíceps femoral, durante a realização de movimentos na mesa romana.



Os valores podem ser verificados na **tabela 2**. Em estudo de SAKKAS et al (2003) é relatado que os músculos bíceps femoral, semitendinoso e semimembranoso foram mais ativos durante o movimento de flexão do joelho entre 30° e 60° e no movimento de extensão se mostraram mais ativos acima de 60° e de 60° a 30°. De acordo com ONISHI et al (2002) em relação ao comportamento do bíceps femoral durante a flexão do joelho, relatam que a atividade eletromiográfica do bíceps femoral é maior entre ângulos de 15 e 30 grau de flexão do joelho, diminuindo com o aumento do ângulo de joelho. A atividade eletromiográfica das outras cabeças do “Hamstring” aumenta quando o ângulo do joelho aumenta e o pico de atividade eletromiográfica acontece entre os ângulos de flexão dos joelhos entre 90 e 105 grau. Esta diferença na atividade eletromiográfica do “Hamstring” poderia ser causada por características morfológicas do músculo que são alteradas através de mudanças em seu comprimento, porém é incerto qual destes fatores é o mais influente. Os resultados também podem variar de acordo com o ângulo do quadril e da colocação dos eletrodos.

LUNNEN, YACK e LEVEAU (1981) mostraram que as mudanças no comprimento do músculo influenciam diferentemente a atividade eletromiográfica e a produção do torque. No encurtamento muscular a atividade eletromiográfica aumenta e a produção do torque diminui. MOHAMED, PERRY e HISLOP (2002) relatam que a maior atividade eletromiográfica ocorre com os músculos

flexores do joelho em alongamento, tendo em vista a atuação do mesmo também na articulação do quadril. Porém a atividade eletromiográfica não se mostrou consistente quando os músculos não foram mantidos alongados.

ONISHI et al (2002) relatam que a atividade eletromiográfica dos músculos “Hamstring” durante máxima contração isométrica e isocinética do joelho em flexão varia com a mudança de comprimento do músculo e do ângulo da articulação e que a atividade da cabeça longa do músculo Bíceps Femoral difere consideravelmente dos outros músculos “Hamstring”, considerando que a relação entre torque e ângulo não só é influenciado pelo comprimento do sarcômero e o braço de momento, mas também, a ativação dos músculos agonistas se iguala, se o movimento é executado com esforço máximo.

HOUTZ e FISCHER (1959) estudaram o efeito das posições do joelho e do quadril sobre as forças dos músculos flexores e extensores do joelho e verificaram que com o indivíduo sentado, a força desenvolvida por ambos os grupos musculares foi máxima por volta de 60° no movimento de flexão, porém, nas posições supino e prono, a força exercida pelos músculos flexores foi maior no final da flexão (próximo à posição de extensão).

Os músculos extensores do joelho constituem o grupo quadríceps femoral, sendo apenas o músculo Reto Femoral biarticular. Deste grupo estudamos eletromiograficamente os músculos vasto lateral, vasto medial oblíquo e reto femoral. O músculo reto femoral tem sua origem na espinha ilíaca ântero-inferior e o vasto lateral e o vasto medial oblíquo tem suas origens no próprio fêmur, mas suas inserções se dão nas bordas lateral, medial e proximal da patela através de um tendão comum a todos, o tendão do quadríceps femoral.

De acordo com RASCH e BURKE (1977) o músculo reto femoral é um músculo bipenado, composto de fibras que cruzam obliquamente de um tendão ao outro; o músculo Vasto Lateral é um músculo bipenado, composto de fibras que se dirigem obliquamente para baixo e para dentro desde o tendão superior; o músculo vasto medial é um músculo bipenado com as fibras dirigidas no sentido oblíquo, para baixo e para dentro desde o tendão superior.

Músculos com fibras mais curtas e uma área de seção transversa maior são especializados em produzir atividades de força e músculos com fibras

longas para trabalhos de velocidade. Assim, o grupo quadríceps que contém miofibrilas mais curtas está adaptado para desenvolver força BARATTA, SOLOMONOW e ZHOU (1998); LIEBER e BODINE FOWLER (1993). Para ENOKA (2000) as unidades motoras são ativadas à medida que a força exercida pelos músculos aumenta, permanecendo ativa até a força declinar.

Com relação ao movimento de extensão do joelho, realizado na mesa romana, o músculo Reto Femoral apresentou o RMS médio de 288,12 ($\pm 152,40$). Para o músculo Vasto Medial o RMS foi de 190,58 ($\pm 75,01$) e o para o Vasto Lateral o valor foi de 215,63 ($\pm 117,30$). Ao compararmos os valores expressos em RMS verificamos que a diferença entre os valores, referente aos músculos Reto Femoral, Vasto Lateral e Vasto Medial não foi estatisticamente significativa ($p > 0,05$). Os valores podem ser verificados na **tabela 2**.

Observando as **figuras 4 a 6**, referente aos sinais eletromiográficos podemos verificar que os músculos vasto lateral e reto femoral apresentaram potenciais de ação com maior amplitude quando comprados com o músculo vasto medial. Entretanto, no final da fase concêntrica é que se observa os picos maiores para os músculos em questão.

Em estudo de ELORANTA (1989) referente à tensão isométrica na articulação do joelho, nas posições sentada, semi-inclinada e supina, o autor relata que a maior força registrada ocorreu entre 120 a 165 graus de extensão na posição sentada,

Figura 4

Registro eletromiográfico do músculo vasto medial, durante a realização de movimentos na mesa romana.

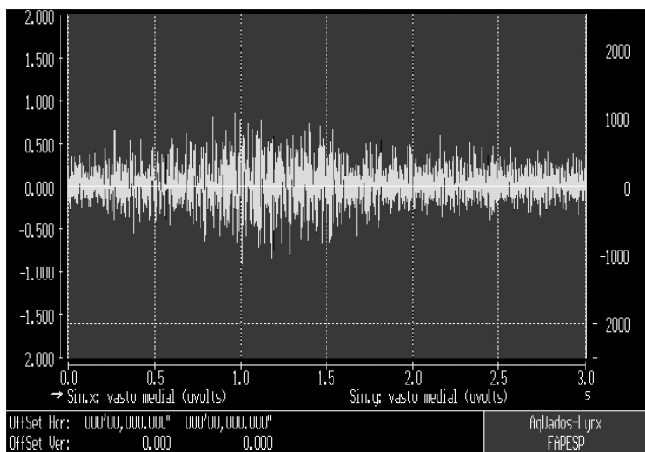


Figura 5

Registro eletromiográfico do músculo vasto lateral, durante a realização de movimentos em mesa romana.

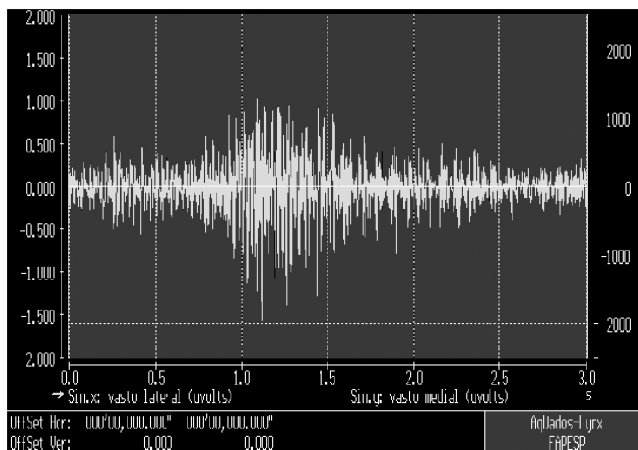
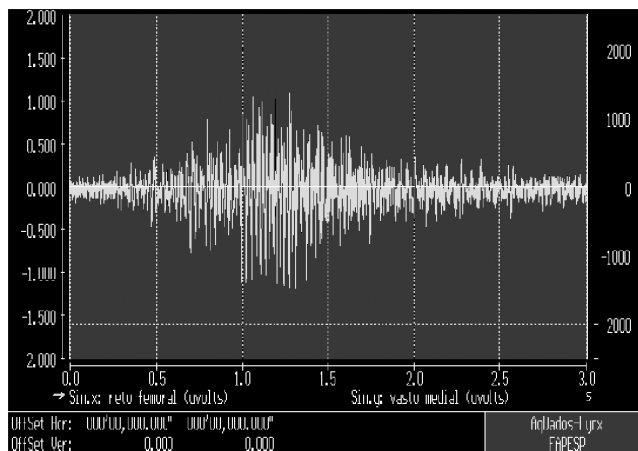


Figura 6

Registro eletromiográfico do músculo reto femoral, durante a realização de movimentos em mesa romana.



sendo que os músculos, vastos medial e vasto lateral apresentaram maiores potenciais de ação com 150 graus de extensão.

LINDEMAN et al (1999) em estudos de eletromiografia de superfície nos músculos da coxa, em indivíduos saudáveis, mostraram clara fadiga no músculo Reto Femoral no movimento de extensão do joelho a um ângulo de 60°. A média de frequência do reto femoral e vasto lateral em sujeitos saudáveis tem mostrado similar decréscimo.

TASSI et al. (1998) relatam que o músculo reto femoral demonstra forte potencial de ação no

início do movimento de extensão do joelho, durante a realização de movimentos no aparelho “Leg-Press”. Quanto às flexões simultâneas do quadril e do joelho, maior atividade eletromiográfica foi verificada na fase final do movimento (50° a 75°). Em relação à posição dos pés, a maior participação do músculo ocorreu com os pés em dorsiflexão (90°), apresentando também alto potencial de ativação com os pés em posição normal (90°), sendo o aparelho “Leg Press Horizontal” eficiente para desenvolver hipertrofia do músculo Reto Femoral.

PINCIVERO et al. (2003) estudaram o grupo quadríceps femoral com o objetivo de verificar a atividade eletromiográfica e torque em esforço de contração voluntária. Os resultados demonstraram uma baixa produção geral de torque dos músculos extensores do joelho. A atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral foi significativamente maior que o vasto medial. O músculo vasto medial foi menos recrutado que o vasto lateral e o reto femoral, durante as contrações de esforço realizadas. Houve menor ativação do músculo vasto medial quando comparado ao vasto lateral e reto femoral. Baseado nos resultados do presente estudo, os autores sugerem que os mecanismos neurais, neuromusculares ou psicológicos estão presentes em vários níveis de esforço explorado subseqüentemente.

KARLSSON E GERDLE (2001) relatam que variáveis morfológicas como a proporção e o tipo de fibra influenciam a força e a média de frequência do músculo vasto lateral. Portanto, quando se avalia a fadiga do músculo, em situações de ergonomia, é importante considerar o nível de força como um fator que pode influenciar os resultados.

Em estudo de BILODEAU et al (2003) foi verificado que homens possuem um aumento moderado de fibras do tipo II em relação às mulheres no músculo vasto lateral. O estudo foi desenvolvido visando determinar o efeito do gênero (masculino / feminino) nas respostas eletromiográficas do grupo quadríceps femoral com aumento da força

e com a fadiga. Também é relatado aumento da atividade eletromiográfica (RMS) para os músculos vasto lateral, vasto medial e reto femoral e na média de frequência para o músculo vasto lateral em homens quando comparados com mulheres. Entretanto, com relação à fadiga não foi verificado nenhum efeito significativo na atividade eletromiográfica.

Em estudo de MILLER, CROCE e HUTCHINS (2000) é relatado que durante movimentos isocinéticos de flexão e extensão do joelho, têm os músculos vasto medial e o bíceps femoral maior coativação quando comparado aos músculos vasto lateral e o “Hamstring” e as unidades motoras de recrutamento dos músculos vasto medial e vasto lateral e o “Hamstring” e bíceps femoral diferem com respeito aos efeitos da velocidade e fadiga.

Os dados encontrados em nosso estudo demonstram que os músculos bíceps femoral, semitendinoso e semimembranoso participaram durante o movimento de flexão do joelho realizado em mesa romana em decúbito ventral; na flexão do joelho em decúbito ventral o músculo semimembranoso teve participação mais intensa seguido pelo semitendinoso e pelo bíceps femoral; no movimento de extensão do joelho a maior participação foi do músculo reto femoral, seguido pelo vasto lateral e pelo vasto medial; entretanto, os valores expressos em RMS não se mostraram estatisticamente significante; o teste de carga máxima, expresso em kg, foi maior para os músculos extensores do joelho quando comparados com os músculos flexores do joelho.

Há de ser ressaltado, que a apreciação visual da postura de realização do experimento em decúbito ventral realizado na mesa romana demonstrou ser de difícil realização para o movimento de flexão do joelho. Por outro lado, a postura sentada com o encosto inclinado pareceu favorecer a realização do movimento de extensão do joelho. Assim, novos estudos, nesta direção podem ser objetos de futuros estudos.

Referências Bibliográficas

- ARIENTI, A. Estudos eletromiográficos da locomoção humana. **Reser. Clin. Cient.**, n. 17, p. 175-78, 1948.
- BAECHE, T.R.; EARLE, R.W. **Essentials of strength training and conditioning**. 2 ed. Champaign: Human Kinetics, 2000.
- BANKOFF, A.D.P.; FURLANI, J. Estudo Eletromiográfico dos músculos reto abdominal e oblíquo externo em diversos exercícios e em diversas posições. **Revista Brasileira de Ciências Morfológicas**, v. 2, n. 2, p. 1986.
- _____. Studio eletromiografico del retto dell'abdome e del muscoli obliqui esterni durante l'esercizio fisico. **Chinesiologia Scientifica, Unione Nazionale de Chinesiologia**, v. 2, n. 5, p. 29-34, 1987.
- BANKOFF, A.D.P.; VITTI, M. Simultaneous EMG of latissimus dorsi and sternocostal part pectoralis major muscles during crawl stroke. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v. 18, p. 289-95, 1978.
- _____. Electromyographic study of the rectus abdominis and external muscle during exercise. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v. 24, p. 501-10, 1984.
- _____. Studio tramite esame eletromiografico dell'azione congiuntado muscoli gran dorsali e gran pettorale nel movimenti del nuolo dorsale. **Chinesiologia Scientifica, Unione Nazionale de Chinesiologia**, v. 2, n. 5, p. 22-29, 1987.
- BANKOFF, A.D.P.; MASSARA, G.; MORAES, A.C.; FERRAREZI, M.P.S.; LOPES, M.B.S.; SALVE, M.G.C. Estudo 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 APEF**, v. 13, n. 1, p. 18-28, 1998.
- BANKOFF, A.D.P.; MORAES, A.C.; PELLEGRINOTTI, I.L.; GALDI, E.H.G. Study of the Explosive strength of the rectus femoris muscle using eletromyography. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v. 40, n. 6, p.351-56, 2000(a).
- BANKOFF, A.D.P.; MORAES, A.C.; SALVE, M.G.C.; LOPES, M.B.S.; FERRAREZI, M.P.S. Electromyographical study of the iliocostalis lumborum, longissimus thoracis and spinalis thoracis muscles in various positions and movements. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v. 40, n. 6, p. 345-49, 2000(b).
- BANKOFF, A.D.P.; FONSECA NETO, D.; MORAES, A.C. Electromyography study of the Hamstring muscles while exercising on a bicycle and the Roman Table. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v.44, n.5, p.293-300, 2004.
- BARATTA, R.V.; SOLOMONOW, M.; ZHOU, B.H. Frequency domain-based models of skeletal muscle. **Journal Electromyography and Kinesiology**, v. 8, n. 2, p. 79-91, 1998.
- BASMAJIAN, J.V.; DE LUCA, C.J. **Muscles alive: their functions revealed by electromyography**. 5 ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1985, p. 555.
- BILODEAU, M.; SCHINDLER-IVENS, S.; WILLIAMS, D.M.; CHANDRAN, R.; SHARMA, S.S. EMG frequency content changes with increasing force and during fatigue in the quadriceps femoris muscle of men and women. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, n. 13, p. 83-92, 2003.
- BOSCO, C.; VIITASALO, J.K. Potentation of myoelectrical activity of human muscles in vertical jumps. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v. 22, p. 549-62, 1982.
- CABRI, J.; DEPROFT, W.; DEFOUR, W.; CLARYS, R. Influence of strength training on soccer players. **Review Science & Football**, n. 4, p. 17-21, 1991.
- CAMPBELL, D.C.; GLENN, W. Rehabilitation of knee flexor and knee extensor muscle strength in patients with meniscetomies, ligamentous repairs and condromalacia. **Physical Therapy**, v. 62, n. 11, p. 10-15, 1982.
- CRUZ, C.F.; BANKOFF, A.D.P. Eletromyography in Cycling: difference between clipless pedal and toe clip pedal. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v.41, p. 247-52, 2001.
- ELORANTA, V. Coordination of the thigh muscle in static leg extension. **Electromyography**

- and Clinical Neurophysiology**, v. 29, p, 227-33, 1989.
- ENOKA, R.M. **Bases neuromecânicas da cine-siologia**. 2 ed. São Paulo: Manole, 2000.
- ERICSON, M.O.; NISELL, R.; ARBORELIUS U.P.; EKHOLM, J. Muscular activity during ergometer cycling. **Scand, J, Rehabilitation Medicine**, v. 17, n. 2, p. 53-62, 1985.
- FRANCISCHETTI, A.C.; BANKOFF, A.D.P. **Trabalho sedentário: um problema para a saúde do trabalhador**, Campinas: Editora UNICAMP, 1990.
- GRIMM, Z. A study of combined exercise techniques used in the post-operative treatment of the knee joint. **J. Ass. Phys. Ment. Rehabil.**, v. 17, n. 2, p. 44-47, 1963.
- HAMILL, J.; KNUTZEN, MK. **Bases Biomecânicas do Movimento Humano**. São Paulo: Manole, 1999.
- HERMANN, G.W. An electromyographic study of selected muscles involved in the shot put. **Research Quarterly**, v. 33, p. 85-93, 1962.
- HOUTZ, S.J.; FISCHER, F.J. An analysis of muscles action and joint excursion during exercise on a stationary bicycle. **Journal and Bone Joint Surgery**, v. 41A, n. 1, p. 123-33, 1959.
- HUIJING, P. Mechanical muscle models. In: KOMI, P.V. (ed) **Strength and power in sport**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1992. p. 130-50.
- IKAI, M.; ISHII, K.; MIYASHITA, M. An electromyographic study of swimming, **Research Journal Physical Edition**, v. 7, n. 4, p. 47-54, 1964.
- JENNEKENS, F.G.I.; TOMLINSON, B.E.; WALTON, J.N. Data on distribution of fiber types in five human limb muscle. An autopsy study. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 14, p. 245-257, 1971.
- JORGE, M.; HULL, M.L. Analysis of EMG measurements during bicycle pedalling. **The Journal of Biomechanics**, v. 19, p. 683-694, 1986.
- JOSÉ, L.L.; FURLANI, J. Simultaneous EMG of biceps femoralis, semimembranosus and semitendinosus muscles in the flexion movement in ergometer bicycle. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v. 24, n. 7, p. 561-69, 1984.
- KAMON, E. Electromyographic os static and dynamic postures of the body supported on the arms. **Journal Applied Physiology**, v. 21, n. 1611-18, 1966.
- KARLSSON, S.; GERDLE, B. Mean frequency and signal amplitude of the surface EMG of the quadriceps muscles increase with increasing torque – a study using the continuous wavelet transform. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, n. 11, p. 131-40, 2001.
- LEIS, A.; TRAPANI, V.C. **Atlas of electromyography**. New York: Oxford University Press, 2000.
- LIEBER, R.L.; BODINE-FOWLER, S.C. Skeletal muscle mechanics: implications for rehabilitation. **Physical Therapy**, n. 73, v. 12, p. 844-56, 1993.
- LIEBER, R.L.; SHOEMAKER, S.D. Muscle, joint and tendon contributions to the torque profile of frog hip joint. **American Journal of Physiology**, n. 263, p. 586-90, 1992.
- LINDEMAN, E.; SPAANS, F.; REULEN, J.P.H.; LEFFERS, P.; DRUKKER, J. Surface EMG of proximal leg muscles in neuromuscular patients and in healthy controls, Relations to force and fatigue. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, n.9, p. 299-307, 1999.
- LUNNEN, J.D.; YACK, J.; LEVEAU, B.F. Relationship between muscle length, muscle activity and torque of the hamstring muscles. **Physical Therapy**, v. 61, n. 2, p. 190-95, 1981.
- MANN, R.A.; MORAN, G.T.; DOUGHERTY, S.E. Comparative electromyography of the lower extremity of jogging, running, and sprinting. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 14, p. 501-10, 1986.
- MILLER, J.P.; CROCE, R.V.; HUTCHINS, R. Reciprocal coactivation patterns of the medial and lateral quadriceps and hamstrings during slow, medium and high speed isokinetic movements. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 10, p. 233-39, 2000.
- MOHAMED, O.; PERRY, J.; HISLOP, H. Relationship between wire EMG activity, muscle length, and torque of the hamstring. **Clinical Biomechanics**, n. 17, p. 569-579, 2002.
- MORAES, A.C.; BANKOFF, A.D.P.; PELLEGRINOTTI, I.L.; MOREIRA, Z.W.; GALDI, E.H.G. Electromyography analysis of the rec-

- tus abdominis and external oblique muscles of children 8 to 10 years old. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v. 35, n. 7, p. 425-30, 1995.
- MORAES, A.C.; BANKOFF, A.D.P. Resposta eletromiográfica do músculo iliocostal lombar durante os movimentos de flexão e extensão do tronco na posição sentada. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 6, n. 2, p. 47-53, 2001.
- _____. Electromyography response of the iliocostalis lumborum muscle during flexion, extension and rotation movements of the trunk in orthostatic and seated positions. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v. 43, n. 4, p. 241-49, 2003.
- MORAES, A.C.; BANKOFF, A.D.P.; ALMEIDA, T.L.; SIMOES, E.C.; RODRIGUES, C.E.B. Using in weights in abdominal exercises: electromyography response of the Rectus Abdominis and Rectus Femoris muscles. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v. 43, n. 8, p. 487-96, 2003.
- MORAES, A.C.; BANKOFF, A.D.P.; OKANO, A.H.; SIMOES, E.C.; RODRIGUES, C.E.B. Analysis of the knee movements on leg extension machine: na electromyography study of the Rectus Femoris muscle. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v.44, n.1, p.15-21, 2004.
- ONISHI, H.; YAGI, R.; OYAMA, M.; AKASAKA, K.; IHASHI, K.; HANDA, Y. EMG-angle relationship of the hamstring muscles during maximum knee flexion. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, n. 12, p. 399-406, 2002.
- PEZARAT-CORREIA, P.; SANTOS, P.; VELOSO, A.; CABRI, J. Estudo da função neuromuscular com recurso à electromiografia: desenvolvimento e fundamentação de um sistema de recolha e processamento e estudos realizados. **Episteme**, ano 1, n.2, p. 139- 182, 1998.
- PINCIVERO, D.M.; COELHO, A.J; CAMPY, R.M, SALFETNIKOV, Y.; SUTER, E. Knee extensor torque and quadriceps femoris EMG during perceptually-guided isometric contractions. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, n. 13, p. 159-67, 2003.
- PORTNOY, H.; MORIN, F. Electromyographic study of postural muscles in various positions and movements. **American Journal Physiology**, v. 186, p. 122-26, 1956.
- RASCH, P.J.; BURKE, R.K. **Cinesiologia e anatomia aplicada: a ciência do movimento humano**, 5ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 42-3; 145; 159-63; 320-3; 341; 346-7, 1977.
- SAKKAS, G.K.; BALL, D.; MERCER, T.H.; NASH, P.F. An alternative histochemical method to simultaneously demonstrate muscle nuclei and muscle fibre type. **European Journal Applied Physiology**, n. 89, v. 5, p. 503-05, 2003.
- SANT'ANA, M.F.; BERZIN, F. **Estudo eletromiográfico dos músculos isquiotibiais nos movimentos de flexão e extensão da perna em mesa flexora**. Mestrado - Unicamp, 1988.
- TASSI, N.; FILHO, J.G.; GONÇALVES, M.; VITTI, M.; KROOL, L.B. Electromyographic evaluation of the rectus femoris muscle during exercise performed on the leg press. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**. v. 38, p. 223-39, 1998.
- TATA, J.Á.; PEAT, M.; GRAHAME, R.E.; QUANBURY, A.O. The normal peak of electromyographic activity of the Quadriceps femoris muscle in the satir cycle. **Anat. Anz.**, v. 153, p. 175-188, 1980.
- WARWICH, R.; WILLIAMS, P.L. **Gray: Anatomia**, 35 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1979, p. 535.
- WATKINS, M.P.; HARRIS, B.A.; WENDER, S.; ZARINS, B.; ROWE, C.R. Effect of patellectomy on the function of the quadriceps and hamstrings. **Journal Bone Joint Surgery**, v. 65A, n. 3, p. 390-95, 1983.

Endereço

Faculdade de Educação Física - Unicamp
 Av. Érico Veríssimo, 701 - CP 6134
 CEP 13083-970 - Campinas - SP
 e-mail bankoff@fef.unicamp.br