
ATIVACÃO SELETIVA DO VASTO MEDIAL POR MEIO DA CINESIOTERAPIA ATIVA

Selective activation of vastus medialis in active kinesiotherapy

Claudia Barroso Domingues

Especialista em Musculação e Treinamento de Força – UG, Especialista em Fisioterapeuta – IBMR
Educadora Física – UFRJ, Especialista em RPG – Philippe Souchart / UNESA, Formação em Pilates –
Physiopilates, Juiz de Fora, MG - Brasil. e-mail: claudiabdomingues@yahoo.com.br

Resumo

A proposta deste estudo foi realizar uma revisão bibliográfica do músculo vasto medial – VM –, com o objetivo de verificar se existe evidência científica da ativação seletiva do VM utilizando-se o movimento ativo. Foi feito um estudo de revisão da hipótese de o VM ser responsável pela extensão terminal do joelho para depois ser concluído que a real função do VM é a medialização da patela. A maioria dos trabalhos revisados tentou validar, por meio de estudos eletromiográficos – EMG –, a idéia corrente do recrutamento seletivo do VM em diferentes situações, variando: o tipo de cadeia cinética – aberta ou fechada; o movimento utilizado; os ângulos do movimento; o tipo de contração – isométrica, isotônica concêntrica e excêntrica e isocinética; o uso do *Biofeedback* associado ao movimento ativo e o uso do *Tapping* medializando a patela. Além disso, foi comparada a atividade do VM em indivíduos com e sem a “Síndrome da dor femoro-patelar” – SDFP. A maioria dos autores não encontrou, em nenhuma dessas situações, uma atividade preferencial do VM. Conclui-se que não foi evidenciada a recuperação seletiva do VM utilizando-se o movimento ativo voluntário.

Palavras-chave: Quadríceps; Vasto medial; Ativação seletiva; Femoro-patelar.

Abstract

The purpose of this work was to make a bibliographical review of the vastus medialis muscle – VM – and the objective was to discover if there is the evidence of VM selective activation due to the active movement. The hypothesis which states that the VM is responsible for the last degrees of knee extension was reviewed. The conclusion was that the VM function is to stabilize the patella into a medial position. Most of the studies that were reviewed attempted to validate, by electromyographic studies – EMG –, the current idea of selective recruitment of VM in different situations, by varying: the kinectic type of chain – opened or closed –; the type of used movement; the movement angles; the type of contraction – isometric, concentric, eccentric and isokinetic; the use of Biofeedback in association with the active movement and the use of Tapping as patella medial stabilizer. Moreover, the onset timing of VM activity was compared among individuals with and without “Patellofemoral pain syndrome”. The VM preferential activity has not been found in most of the works in any of these situations. Therefore, the conclusion is that there is no scientific support for the VM selective recovery due to the voluntary active movement.

Keywords: *Quadriceps; Vastus medialis; Selective activation; Patellofemoral.*

INTRODUÇÃO

A incidência das lesões do joelho é bastante alta, pois as forças que agem nesta articulação estão entre as mais altas por unidade de área do que em qualquer outra articulação do corpo humano. (1) 50% das lesões musculoesqueléticas envolvem a articulação do joelho e a alteração mais comum é a SDFP –, (2) termo usado para englobar várias condições que são associadas com disfunção da articulação femoro-patelar – FP –, incluindo a condromalácia patelar, o deslocamento lateral da patela e o mau alinhamento do aparelho extensor. (3) A biomecânica da articulação FP é controlada por seus estabilizadores estáticos e dinâmicos. Os estabilizadores estáticos incluem a configuração das superfícies articulares, os retináculos medial e lateral e os ligamentos FP e patelotibial – PT. O estabilizador dinâmico é o quadríceps, e de forma acessória, o tracto ileotibial, os adutores longo e magno, o grupo da “pata de ganso” e o bíceps femoral. (4, 5, 6)

A insuficiência do VM ou o desequilíbrio deste músculo em relação ao vasto lateral – VL – constitui um dos fatores etiológicos do mau alinhamento do mecanismo extensor, que por sua vez é apontado como fator etiológico das alterações da articulação FP. (1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)

Os outros possíveis fatores etiológicos da SDFP são: pés pronados, patela alta, *geno recurvato*, torção tibial lateral, aumento do “ângulo Q”, *geno varo* ou *valgo*, tensionamento do tracto ileotibial e retináculo lateral, déficit de flexibilidade do quadríceps, gastrocnêmio e isquiotibiais, além de discrepância no comprimento dos membros. (2, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13)

A redução dos sintomas no joelho é alcançada por meio do fortalecimento do quadríceps, devido não só ao papel deste músculo na desaceleração e concomitante redução do impacto na articulação, (14) como também à sua influência na posição anatômica da patela. (6)

Nas disfunções do joelho usualmente é dada ênfase, por meio da cinesioterapia ativa, à recuperação da força do quadríceps, em particular do VM, que já foi citado como a “chave” para a recuperação funcional do joelho. (15)

É sabido que muitos profissionais, em sua prática clínica, prescrevem com grande frequência cinesioterapias específicas para o VM.

Contudo, há que se questionar o fortalecimento específico desse músculo. Pode-se mesmo dizer que, na literatura especializada, há um considerável debate acerca da possibilidade de se fortalecer isoladamente o VM.

Apesar disso, o uso de movimentos com o intuito de recrutamento preferencial do VM ainda é muito observado no ambiente terapêutico e nas salas de musculação.

Essa evidente contradição motivou o presente trabalho de revisão, que visa esclarecer se existe algum suporte científico de algum movimento ou posição articular do joelho que seja capaz de ativar seletivamente o VM.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados artigos publicados em revistas e jornais científicos, localizados por meio do Medline, Excerpta Medica e Lilacs, além do Portal Capes, com as palavras-chave: *quadriceps; vastus medialis; patellofemoral; selective activation; knee rehabilitation; kinetic chain*. Foi utilizada, ainda, uma tese de doutorado, localizada pelo Portal Capes, além de livros-texto.

RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

Histórico

Acreditava-se que o VM fosse responsável pela extensão terminal do joelho e que os pacientes com lesão desta articulação não conseguiam realizar a extensão completa por insuficiência dessa porção do quadríceps. Posteriormente, foi reconhecido que o VM age por toda a amplitude de extensão do joelho, não apenas na fase terminal, porém foi suposto que ele seria o mais ativo na fase terminal porque ele completaria a extensão. (16) A “hipoplasia do VM” foi objeto de um estudo em que foi dito que os distúrbios femoro-patelares poderiam ser causados por alteração congênita e hereditária, a qual seria um desenvolvimento incompleto do VM, mudando a tração do tendão patelar, posicionando a patela lateral e posteriormente (pela maior tração do VL), e causando mal-alinhamento da tibia. Segundo o autor, o VM é a última porção muscular a se desenvolver filogeneticamente no grupo do quadríceps, e também a porção mais fraca desse grupo, sendo o primeiro a sofrer hipotrofia do desuso e o último a ser recuperado. O autor sugeriu que no tratamento de todas estas alterações deveria constar o equilíbrio entre o VM e o VL, e que isso deveria ser feito realizando os últimos 30° de extensão do joelho, a fim de eliminar o arco extremo de flexão, o que poderia causar dor. (8) Já em 1949, um outro estudo (17) considerou inconveniente separar os músculos VM e VL como duas partes distintas, independentes ou capazes de agir independentemente uma da outra, já que estas porções seriam inseparáveis em sua ação fisiológica, constituindo um único músculo que poderia ser chamado de “bíceps extensor femoris”, pois se contrairiam juntos para dirigir a patela para cima e sua ação isolada poderia criar um distúrbio por diminuição da capacidade de extensão do joelho. A crença comum de que o VM trabalha nos últimos 15° de extensão do joelho não teria confirmação. (18, 19) A ação de completar o movimento “em trava ou parafuso” da articulação do joelho não é função desse músculo, e sim do alinhamento ligamentoso e articular. (19, 20, 21, 22, 23, 24) A hipotrofia precoce do VM e a perda da extensão terminal do joelho, observados em indivíduos com lesão desta articulação, indicam hipotrofia geral do quadríceps e não deficiência localizada do VM. A delgadeza da cobertura fascial do VM – 50% mais fina do que a do VL –, a obliquidade de suas fibras e sua inserção superficial estariam relacionadas com sua maior proeminência clínica, levando à impressão de uma suposta hipotrofia localizada. (24) A perda da extensão terminal estaria relacionada à perda da eficiência mecânica que o quadríceps sofre nesta angulação, levando à necessidade do músculo aumentar em 60% sua força de contração. (24, 25, 26, 27) A diminuição da relação comprimento-tensão também foi apontada como responsável pela perda da extensão terminal. (24, 25, 27, 28) Ainda foram citados como responsáveis a inibição do quadríceps pela dor ou aderências na cápsula ou no músculo. (27)

Foi feito um estudo EMG no VM, VL e RF – reto-femoral – em quatro grupos de indivíduos: sem lesão no joelho; com incapacidade de extensão completa devido à cirurgia recente; com incapacidade de extensão completa devido à lesão antiga; e, com o VM anestesiado. (27) Os autores não encontraram diferenças EMG entre os músculos nos três primeiros grupos, concluindo que a atividade do VM é normal em indivíduos que não conseguem estender completamente o joelho. No grupo que teve o VM anestesiado, houve redução da atividade EMG, porém o joelho pôde ser completamente estendido.

Em um clássico estudo usando membros amputados (no qual foi estabelecida a atual divisão do VM em VM oblíquo – VMO – e VM longo – VML –, com fibras a 55° e 18°, respectivamente, do eixo longitudinal do fêmur) foi determinado que a única função seletiva atribuída ao VMO era o alinhamento patelar, (24) sendo este músculo o principal contensor lateral da patela. (1, 5, 6, 7, 9, 11) Os autores concluíram que os componentes do quadríceps funcionam como uma unidade, não havendo evidência que suporte a teoria de que o VM se contraía somente nos últimos graus de extensão do joelho.

O VM foi testado, comparativamente ao VL, por meio de solução salina hipertônica injetada durante movimentos funcionais, na intenção de provocar dor na musculatura utilizada, não tendo sido encontrada diferença entre os músculos. (26)

Foi realizado um treinamento de resistência progressiva de oito semanas com dois grupos de indivíduos: o grupo 1 executou a extensão do joelho de 90° a 0° e o grupo 2 executou a extensão do joelho de 90° a 15° (ou seja, não realizou a extensão terminal). O grupo 1 desenvolveu maior hipertrofia, sendo de 2:1 nas medidas a 18 e 28 cm da patela e de 24:1 na medida a 5 cm da patela – que abrange o VM. (29)

Os autores usaram como parâmetro de avaliação a hipertrofia muscular quantificada apenas pela perimetria, sem levar em consideração o tipo de tecido que estava sendo medido, além de não explicarem a brusca queda na hipertrofia do grupo 2 a partir da quarta semana. Não foi também considerado o fato de o grupo 1 ter realizado o treinamento em um arco de movimento mais amplo, fator que poderia explicar a maior hipertrofia desse grupo.

CCA

Extensão do joelho em CCA

Os termos cadeia cinética aberta – CCA – e fechada – CCF – foram utilizados pela primeira vez em 1955, após um estudo da engenharia mecânica em que foi sugerido que o corpo humano poderia ser pensado como uma cadeia de segmentos rígidos sobrepostos de membros conectados por uma seqüência de articulações. (30) Os movimentos em CCF são aqueles em que o segmento distal está fixo, então o movimento é obtido pelo deslocamento do segmento proximal, ao contrário da CCA, na qual o segmento distal está livre para se deslocar. (31)

A EMG foi bastante usada para testar a atividade elétrica dos músculos do quadríceps. Vários autores compararam a atividade do VM e do VL durante o movimento de extensão do joelho, em variados ângulos, em CCA, encontrando atividade similar. Alguns autores testaram a extensão do joelho de forma dinâmica sem resistência, (32, 33) outros testaram de forma dinâmica com resistência. (10, 32-37) Outros autores testaram a extensão do joelho de forma isométrica com resistência. (26-28, 33-47) Houve ainda autores que testaram a extensão do joelho de forma isocinética com resistência. (48, 49)

Variações em CCA

SLR

A flexão do quadril com joelho estendido (“SLR” – *straight leg raise*) também foi testada EMG, sem ter sido encontrada qualquer diferença entre os vastos. (3, 33)

Rotação medial da tíbia

Por sua inserção distal na superfície ântero-medial da tíbia por meio da aponeurose extensora medial, o VMO poderia prevenir a rotação lateral da tíbia nos primeiros 60° de flexão do joelho. (50)

Isso originou a hipótese da ativação seletiva do VMO utilizando-se a rotação medial da tibia, que foi testada EMG por alguns autores, sem sucesso. (34, 41, 51, 52)

Adução do quadril

Alguns autores, tomando como base uma das inserções proximais do VM – os tendões dos músculos adutor longo e magno – levantaram a hipótese de que ele talvez pudesse ser ativado seletivamente em relação ao VL utilizando-se a adução do quadril. (4, 44, 53, 54). Interrupções nas fibras de ligação do VMO com os adutores, nos pacientes com deslocamento lateral da patela, foram encontradas, (4) concluindo-se que o tratamento para instabilidade patelar deveria fazer uso da conexão entre estes músculos. “Um VMO forte originando-se de adutores fracos serviriam somente para tracionar os tendões dos adutores na direção da patela.” (51)

A adução do quadril foi testada EMG por alguns autores. (34, 41, 43, 51, 52) Dois desses (51, 52) revelaram ter encontrado atividade aumentada do VMO com a adução do quadril, ao contrário dos outros três. (34, 41, 43)

As diferenças dos resultados talvez estejam relacionadas às diferenças metodológicas utilizadas.

Movimentos combinados em CCA

A extensão do joelho com rotação lateral e medial da tibia foi testada por quatro autores. (34, 37, 51, 52) Em um dos trabalhos foi encontrado trabalho aumentado do VM em relação ao VL com a rotação lateral da tibia, (52) ao contrário dos outros três, dentre os quais, em dois foi relatada uma pequena taxa aumentada do VM com a rotação medial (34, 41) e em um deles não foi encontrada diferença alguma. (37)

No *SLR* com rotação lateral da tibia e no *SLR* com adução do quadril não foi encontrada atividade aumentada do VMO. (3)

A extensão do joelho com adução do quadril foi testada por vários autores. (34, 39, 41, 43, 52) Dois desses (39, 52) relataram ter encontrado atividade aumentada do VM em relação ao VL nesse movimento, o que contraria os achados negativos dos outros três. (34, 41, 43)

Os três últimos trabalhos tiveram seus dados normalizados, ao contrário dos outros dois.

CCF

Na tentativa de encontrar algum movimento que enfatizasse o VM, em detrimento do VL, vários estudos continuaram sendo feitos. Paralelo aos estudos em CCA, iniciou-se uma tendência na comunidade de reabilitação de utilizar os movimentos em CCF, defendida como alternativa para a recuperação funcional do joelho por apresentar algumas vantagens em relação à CCA. Entre estas vantagens estariam a especificidade do treinamento, pelo fato de que esse tipo de movimento simula muitos movimentos funcionais, recrutando simultaneamente os músculos extensores do joelho, quadril e flexores do tornozelo, de forma sincronizada, (14, 31) além de serem mais seguros, por reduzirem as forças de cisalhamento tíbio-femorais ântero-posteriores, reduzindo a tensão no ligamento cruzado anterior – LCA – e ligamento cruzado posterior – LCP –, e de reduzirem a força de reação da articulação FP – FRFP. (14, 31, 35, 49, 55) A FRFP durante a CCF aumenta à medida que aumenta a flexão do joelho, porém a área de contato entre a patela e o fêmur também é aumentada, o que distribui melhor as forças, ao contrário da CCA, que possui forças compressivas aumentadas à medida que aumenta a extensão do joelho, em uma área de contato diminuída. A amplitude de movimento funcional está nos menores ângulos de flexão do joelho, e a CCA, nesta amplitude, coloca uma quantidade de tensão significativa na articulação, em contraste com a CCF. (14)

Diversos autores testaram a extensão do joelho em CCF utilizando-se EMG. Alguns testaram o agachamento livre de forma dinâmica (26, 32-34, 40, 45, 56) e outros o agachamento com resistência de forma isométrica (37, 39, 46) ou dinâmica. (35, 37, 55, 57, 58) Alguns autores testaram

a CCF utilizando-se o aparelho *Leg-press*. (35, 38, 55) Foi testado também o *Leg-Press* isocinético. (49) Nenhum desses autores encontrou diferença de atividade entre os componentes do quadríceps, concluindo que eles refletem um padrão geral de atividade. Alguns desses autores relataram, ainda, ter encontrado maior atividade do VMO e do VL em maiores ângulos de flexão do joelho do que na extensão terminal. (35, 40) Foi encontrada uma atividade 20% maior do VM e 5% maior do VL em CCF – agachamento e *Leg-press* – em comparação com a extensão do joelho em CCA, (49) movimento que era considerado clássico para a recuperação do VM. Também foram relatados um início e uma amplitude de ativação maior do VMO em CCF em relação à CCA, na extensão isométrica resistida do joelho a 30° de flexão. (59)

Variações em CCF

Variações do agachamento e do *Leg-press* foram testadas. O agachamento associado à adução do quadril teve uma taxa VMO: VL maior. (39) Em outro estudo, esse movimento teve uma taxa 25% maior dos dois vastos (VL e VMO), sem diferença entre eles. (56) Porém, em um terceiro estudo, não foi encontrada diferença significativa entre os vastos. (34) O agachamento com os pés rodados medialmente (37) ou lateralmente (37, 55, 58) também não apresentou diferença de atividade muscular. Foi comparada a atividade muscular durante o agachamento com os pés a “pequena”, “média” e “grande” distância entre si, sem ter sido encontrada diferença na taxa VMO: VL. (49, 57, 60) Foram combinadas ainda essas três variações com as variações de rotação lateral e posição neutra dos pés, além de terem sido testadas oito variações do *Leg-press* – além das mesmas testadas no agachamento, foram acrescentadas às combinações, a variação “pés altos” e “pés baixos”. (55) Foi ainda comparado o levantamento de peso olímpico – *deadlift* – no estilo convencional e no “estilo sumô”. (60) O *deadlift* parte de uma posição inicial agachada para uma extensão completa dos joelhos e quadris. A principal diferença entre o *deadlift* convencional e o de sumô é o posicionamento dos pés, que no “estilo sumô” são mais afastados e voltados para fora. O “estilo sumô” apresentou uma atividade aumentada dos vastos, porém sem diferença entre eles. A CCF foi testada também realizando a subida e descida de um degrau, (26, 33, 43, 61-64) sem ter sido encontrada diferença entre os vastos.

O início da atividade mioelétrica do VM na SDFP

O controle neural não apropriado do quadríceps tem sido relacionado à SDFP. A magnitude e o início da atividade mioelétrica do VMO: VL podem estar associados a essa síndrome. (65) A hipótese de que o início da atividade do VMO ocorreria atrasado, em relação ao VL, em pessoas com SDFP, foi testada EMG por alguns autores. Foi encontrada atividade diminuída do VM na extensão dinâmica do joelho em CCA em indivíduos com subluxação da patela, (10) além da taxa VMO: VL menor em pessoas com SDFP na extensão isométrica resistida em CCA e na subida e descida de um degrau, isotonicamente. Porém, com os dados normalizados, não houve diferença entre os indivíduos com e sem SDFP. (66) Atividade diminuída do VMO, em relação ao VL, no agachamento livre unilateral isométrico a 70° de flexão do joelho, no agachamento livre bilateral dinâmico e na subida e descida de um degrau, em atletas com a SDFP, foi encontrada. (61) Entretanto, não foram encontradas diferenças em indivíduos com e sem a SDFP utilizando-se a extensão do joelho em CCA e CCF e a extensão reflexa do joelho. (65) Diferenças também não foram encontradas no início da atividade ou nos picos de relação VMO: VL entre indivíduos com e sem a SDFP ao subir e descer degraus isotonicamente, (64) ou durante atividades funcionais como caminhada no plano, em rampa – subida e descida – e subida e descida de degrau, (63) ou, ainda, com mulheres corredoras com e sem a SDFP. (2) Foi testada a subida e descida de degrau em indivíduos com e sem osteoartrite – AO – no joelho, não tendo sido encontradas diferenças entre os grupos, concluindo-se que o grau de severidade da OA não está associado ao atraso da atividade VMO: VL e que o treinamento seletivo não é indicado, portanto. (67)

Biofeedback

Com base na premissa da contração adiantada do VL em relação ao VM na SDFP, (65) foi proposto por alguns autores o uso do *Biofeedback* associado à cinesioterapia ativa. O objetivo desse tratamento é alterar o início da atividade mioelétrica do VMO: VL, focalizando o início da contração do VMO antes do VL. Alguns autores testaram o uso do *Biofeedback* EMG associado ao movimento ativo. (68, 69) Um aumento na atividade do VM de 6,51% com o uso do *Biofeedback* auditivo e visual associado à extensão isométrica resistida do joelho em CCA foi relatado. (69) Dois grupos de indivíduos saudáveis que se submeteram a um treinamento de resistência progressiva – TRP – sem e com o uso do *Biofeedback*, associado aos últimos 20° de extensão do joelho em CCA, e um grupo controle foram comparados. O *Biofeedback* resultou em deslizamento medial e rotação posterior da patela, ação atribuída ao VMO. O TRP sem o *Biofeedback* resultou em rotação posterior, mas também em deslizamento lateral da patela, apesar do quadríceps ter aumentado sua força em 170%. A conclusão dos autores foi de que o TRP utilizando-se a extensão terminal do joelho não produz uma recolocação medial da patela como se pensava, parecendo ser um fator de exacerbação do deslocamento lateral dela e que o TRP com o *Biofeedback* parece corrigir o desalinhamento patelar, portanto parecendo ser essencial para ativar seletivamente o VMO. (68) O uso do *Biofeedback* EMG para treinamento voluntário do VMO foi questionado, considerando-se que esses aparelhos clínicos não teriam uma resolução temporal suficiente para detectar a diferença do tempo de início da atividade entre os músculos, assim como o sistema sensorial do paciente não teria habilidade suficiente para discriminar o início de dois sinais de *feedback* muito próximos temporalmente. (65)

Tapping patelar

Foi proposto o uso de uma fita medializando a patela – “*Tapping patelar*” – de pessoas com a SDFP com a intenção de alterar o início da atividade VMO: VL. Os autores testaram EMG a subida e a descida de um degrau de forma dinâmica, com e sem o uso do *Tapping*, não encontrando diferença no início da atividade VMO: VL sem o uso da fita, porém, com o uso da fita, o início da atividade do VMO ocorreu mais adiantado, tanto na subida quanto na descida. (70) Os mesmos resultados não foram encontrados em outro estudo, (34) ainda que, neste, os indivíduos tenham referido grande melhoria da dor com o uso *Tapping*, o que, segundo o autor, poderia ser por contribuição sensorial adicional ou por efeito placebo, e não pela correção do alinhamento patelar. Além de questionar os resultados do estudo anterior, o autor sugeriu que este repetisse seu estudo usando *Tapping* placebo ou com direcionamento aleatório da patela, além de um maior número de indivíduos e um modelo de pesquisa duplo-cego.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ativação seletiva do VM, utilizando-se a extensão terminal do joelho, não foi evidenciada e nenhum dos outros movimentos sugeridos na literatura, os quais supostamente ativariam de forma seletiva – ou, pelo menos, enfatizariam – o VM em detrimento das outras porções do quadríceps, mostrou-se eficaz nesta função.

Assim, confirma-se que o fortalecimento do VM, por meio da cinesioterapia ativa, é uma importante etapa na recuperação das lesões de joelho, mas não porque esse músculo seja um extensor terminal do joelho ou porque hipotrofie-se mais do que as outras porções do quadríceps, mas porque sua porção mais distal é um importante estabilizador dinâmico da tendência natural da patela em lateralizar-se.

Portanto, sugere-se que a escolha do movimento para o fortalecimento muscular do VM – e do ângulo articular em que será realizado, da posição, do tipo de cadeia cinética e do tipo de contração utilizada – seja feita considerando-se o torque, a velocidade angular, a área de contato e as forças de

cisalhamento e tensivas articulares em cada situação, além das características biomecânicas específicas da patologia apresentada e, ainda, as características anatomo-biomecânico-posturais e o condicionamento físico de cada indivíduo.

AGRADECIMENTOS

Cláudio Prado Cardone e Líliam Fernandes de Oliveira, professores da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS

1. Ruffin MT, Kiningham RB. Anterior knee pain: the challenge of patellofemoral syndrome. *Am Fam Physician*. 1993;47(1):185-194.
2. McIntyre DL, Robertson GE. Quadriceps muscle activity in women runners with and without patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992;7(10):14.
3. Karst GM, Jewett PD. Electromyographic analysis of exercises proposed for differential activation of medial and lateral quadriceps femoris muscle components. *Phys Ther*. 1993;73(5):286-299.
4. Bose K, Kanagasuntheran R, Osman MBH. Vastus medialis oblique: an anatomic and physiologic study. *Orthopedic*. 1980;3:880-883.
5. Paulos L, Rusche K, Johnson C, Noyers FR. Patellar malalignment – a treatment rationale. *Phys Ther*. 1980;60(12):1624-1632.
6. Woodall W, Welsh J. A biomechanical basis for rehabilitation programs involving the patellofemoral joint. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1990;11(11):535-542.
7. Doucette SA, Goble M. The effect of exercise on patellar tracking in lateral patellar compression syndrome. *Am J Sports Med*. 1992;20(4):434-440.
8. Fox TA. Dysplasia of the quadriceps mechanism. *Surg Clin North Am*. 1975;55(1):199-226.
9. Gruber MA. The conservative treatment of chondromalacia patellae. *Orthop Clin North Am*. 1979;10(1):105-115.
10. Mariani PP, Caruso I. An electromyographic investigation of subluxation of the patella. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 1979;61B(2):169-171.
11. Zapalla FG, Taffel CB, Scuderi GR. Rehabilitation of patellofemoral joint disorders. *Orthop Clin North Am*. 1992;23(4):555-566.
12. Krivickas LS. Anatomical factors associated with overuse sports injuries. *Sports Med*. 1997;24(2):132-146.
13. Tauton JE, McKenzie DC, Clement DB. The role of biomechanics in the epidemiology of injuries. *Am J Sports Med*. 1988;6:107-120.
14. Steinkamp LA, Dillingham MF, Markel MD, Hill JA, Kaufman KR. Biomechanical considerations in patellofemoral joint rehabilitation. *Am J Sports Med*. 1993;21(3):438-444.
15. Smillie IS. The quadriceps in relation to recovery from injuries of the knee joint. *Physiotherapy*. 1949;35:53-57.

16. De Palma AF. Diseases of the knee: management in medicine and surgery. Philadelphia: J.B. Lippincott Company; 1954. p. 81-85.
17. Duchenne GB. Physiology of motion. Trad. Kaplan, EB. Philadelphia: J.B. Lippincott Company; 1949. p. 275-302.
18. Basmajian JV. Reeducation of vastus medialis: a misconception. Arch Phys Med Rehabil. 1970;51:245-247.
19. Rash JP, Burke RK. Cinesiologia e anatomia aplicada (trad. Guanabara Koogan de Kinesiology and applied anatomy). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1977. p. 344-345.
20. Hamil J, Knutzen KM. Bases biomecânicas do movimento humano. Trad. Ribeiro, BL de Basis of human movement. São Paulo: Manole; 1999. p. 227-244.
21. Kapandji AI. Fisiologia articular. 5ª ed. Trad. Panamericana de Physiologie articulaire. Rio de Janeiro: Panamericana; 2000. p. 74-157.
22. Lehmkuhl LD, Smith LK. Cinesiologia clínica de Brunnstrom. 4ª ed. Trad. de Brunnstrom's clinical kinesiology. Rio de Janeiro: Manole; 1987. p. 295-317.
23. Weber MD, Ware N. Reabilitação do joelho. In: Andrews JR, Wilk KE, Harrelson GL, (Ed). Reabilitação física das lesões esportivas. 2ª ed. Trad. Guanabara Koogan de Physical rehabilitation of the injured athlete. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000. p. 235-294.
24. Lieb FJ, Perry J. Quadriceps function – an anatomical and mechanical study using amputated limbs. J Bone Joint Surg. 1968;50A(8):1535-1548.
25. Speakman HGB, Weisberg J. The vastus medialis controversy. Physiotherapy. 1977;33(8) 249-254.
26. Brewerton DA. The function of the vastus medialis muscle. Ann Phys Med. 1955;2:164-168.
27. Hallén LG, Lindahl O. Muscle function in knee extension – an EMG study. Acta Orthop Scand. 1967;38:434-444.
28. Haffajee D, Moritz U, Svantesson G. Isometric knee extension strength as a function of joint angle, muscle length and motor unit activity. Acta Orthop Scand. 1972;43:138-147.
29. Francis RS, Scott DE. Hypertrophy of the vastus medialis in knee extension. Phys Ther. 1974; 54(10):1066-1070.
30. Steindler A. Kinesiology of the human body under normal and pathological conditions. 2nd ed. Springfield, IL: Charles C Thomas; 1955. p. 63.
31. Palmitier RA, An KN, Scott SG, Chao EYS. Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. Am J Sports Med. 1991;11(6):402-413.
32. Basmajian JV, Harden TP, Regenos EM. Integrated actions of four heads of quadriceps femoris: an electromyographic study. Anat Rec. 1972;172:15-20.
33. Pocock GS. Electromyographic study of the quadriceps during resistive exercise. J Am Phys Assoc. 1963;43(6):427-434.
34. Cerny K. Vastus medialis oblique / vastus lateralis muscle activity ratios for selected exercises in persons with and without patellofemoral pain syndrome. Phys Ther. 1995;75(8):672-683.
35. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Barrentine SW, Wilk KE, Andrews JR et al. A Comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises. Am J Sports Med. 1996;24(4):518-527.

36. Grabiner MD, Koh TJ, Miller GF. Fatigue rates of vastus medialis oblique and vastus lateralis during static and dynamic knee extension. *J Orthop Res.* 1991;9:391-397.
37. Ventura A, Boschetti GF, Gualtieri DA. Surface electromyographic study of vastus medialis and vastus lateralis dominance in knee extension. *J Sports Traumatol Rel Res.* 1994;16(4).
38. Cabral CMN, Serrão FV, Bérzin F, Gardelim RJB, Gil IA, Grosso, DB et al. Atividade elétrica dos músculos vasto medial oblíquo e vasto lateral longo durante exercícios isométricos e isotônicos. *Rev. Fisioterapia.* 1998;5(2):97-103.
39. Hodges PW, Richardson CA. The influence of isometric hip adduction on quadriceps femoris activity. *Scand J Rehabil Med.* 1993;25:57-62.
40. Isear JA, Erickson JC, Worrell TW. EMG analysis of lower extremity muscle recruitment patterns during and unload squat. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29(4):532-539.
41. Laprade J, Culhan E, Brouwer B. Comparison of five isometric exercises in the recruitment of the vastus medialis oblique in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;27(3):197-204.
42. Lieb FJ, Perry J. Quadriceps function – an electromyographic study under isometric conditions. *J Bone Joint Surg.* 1971;53A(4):749-758.
43. Monteiro Pedro V. Atividade eletromiográfica do músculo vasto medial oblíquo em exercícios isométricos e isotônicos das articulações do quadril e do joelho [tese]. Piracicaba: Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas; 1995.
44. Reynolds L, Levin TA, Medeiros JM, Adler NS, Hallum A. EMG activity of the vastus medialis oblique and the vastus lateralis in their role in patellar alignment. *Am J Phys Med.* 1983;62(2):61-70.
45. Salzman A, Torburn L, Perry J. Contribution of rectus femoris and vasti to knee extension – an electromyographic study. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;290:236-243.
46. Schaub PA, Worrell TW. EMG activity of six muscles and VMO: VL ratio determination during a maximal squat exercise. *J Sport Rehabil.* 1995;4:195-202.
47. Zabic RM, Dawson ML. Comparison of force and peak EMG during a maximal voluntary isometric contraction at selected angles in the range of motion for knee extension. *Perceptual and Motor Skills.* 1996;83:976-978.
48. Sczepanski TL, Gross MT, Duncan PW, Chandler JM. Effect of contraction type, angular velocity and arc of motion on VMO: VL EMG Ratio. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1991;14(6):256-262.
49. Escamilla RF, Wilk KE, Fleisig GS, Zheng N, Barrentine SW, Andrews JR et al. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(4):556-563.
50. Slocum DB, Larson RL. Rotatory instability of the knee. *J Bone Joint Surg.* 1968;50A(2):211-225.
51. Hanten WP, Schulties SS. Exercise effect on electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles. *Phys Ther.* 1990;70(9):561-565.
52. Wheatley MD, Jahnke WD. Electromyographic study of the superficial thigh and hip muscles in normal individuals. *Arch Phys Med.* 1951;32(8):508-515.
53. James SL. Extensor mechanism – anatomy. In: proceedings the patellofemoral joint. conference presented by the American Academy of Orthopaedic Surgeons. Portland, OR USA: August; 1985.
54. Browstein BA, Lamb RL, Mangine RE. Quadriceps torque and integrated electromyography. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1985;6:309-314.

55. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Lander JE, Barrentine SW, Andrews, JR et al. Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(9):1552-1566.
56. Earl JE, Schmitz RJ, Arnold BL. Activation of the VMO and VL during dynamic mini-squat exercises with and without isometric hip adduction. *J Eletromyogr Kinesiol.* 2001;11:381-386.
57. McCaw ST, Melrose DR, Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squat. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(3):428-436.
58. Ninos JC, Irrgang JJ, Burdett R, Weiss JR. Electromyographic analysis of the squat performed in self-selected lower extremity neutral rotation and 30 of lower extremity turn-out from the self-selected neutral position. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997;25(5):307-315.
59. Stensdotter AK, Hodges PW, Mellor R, Sundelin G, Häger-Ross C. Quadriceps activation in closed and in open kinectic chain exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(12):2043-2047.
60. Escamilla RF, Francisco AC, Kayes AV, Speer KP, Moormam, CT. An electromyographic analisis of sumo and conventional style deadlifts. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(4):682-688.
61. Miller JP, Sedory D, Croce RV. Vastus medialis obliques and vastus lateralis activity in patients with and without patellofemoral pain syndrome. *Journal of Sport Rehabilitation.* 1997;6:1-10.
62. Monteiro Pedro V, Vitti M, Bérzin F, Grosso DB. Electromyographic activity of vastus medialis oblique muscle in step-up and step-down exercises. *Braz J Morphol Sci.* 1997;14(1):19-23.
63. Powers CM, Landel R, Perry J. Timing and intensity of vastus muscle activity during functional activities in subjects with and without patellofemoral pain. *Phys Ther.* 1996;76(9):946-955.
64. Sheehy P, Burdett RG, Irrgang JJ, VanSweringen J. An electromyographic study of vastus medialis oblique and vastus lateralis activity while ascending and descending step. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;27(6):423-429.
65. Karst GM, Willet GM. Onset timing of electromyographic activity in the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles in subjects with and without patellofemoral pain syndrome. *Phys Ther.* 1995;75(9):813-823.
66. Souza DR, Gross MT. Comparison of vastus medialis obliquus: vastus lateralis muscle integrated electromyographic ratios between healthy subjects and patients with patellofemoral pain. *Phys Ther.* 1991;71(4):310-316.
67. Hinman RS, Bennel KL, Metcalf BR, Crossley KM. Temporal activity of vastus medialis obliquus and vastus lateralis in symptomatic knee osteoarthritis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;81(9):684-690.
68. Ingersoll CD, Knight KL. Patellar location changes following EMG biofeedback or progressive resistive exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23(10):1122-1127.
69. Leveau BF, Rogers C. Selective training of the vastus medialis muscle using EMG biofeedback. *Phys Ther.* 1980;60(11):1410-1415.
70. McConnell J, Gilleard W, Parsons D. The effect of patellar taping on the onset of vastus medialis obliques and vastus lateralis muscle activity in persons with patellofemoral pain. *Phys Ther.* 1998;78(1):25-32.

Recebido: 22/06/2005

Received: 06/22/2005

Aprovado: 27/11/2007

Approved: 11/27/2007

