

**MIRANNE CARDOSO DA SILVA**

**REVISÃO SOBRE OS EXERCÍCIOS DE TREINAMENTO DE FORÇA APLICADOS  
EM PESSOAS COM SÍNDROME DA DOR PATELOFEMURAL**

Belo Horizonte - MG

Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional/ UFMG

2014

**MIRANNE CARDOSO DA SILVA**

**REVISÃO SOBRE OS EXERCÍCIOS DE TREINAMENTO DE FORÇA APLICADOS  
EM PESSOAS COM SÍNDROME DA DOR PATELOFEMURAL**

Monografia apresentada ao Departamento de Esportes da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito para obtenção do título de Especialista em Musculação e Ginásticas Coletivas.

Belo Horizonte - MG

Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional/ UFMG

2014

## Folha de aprovação

## **Dedicatória**

Dedico á Deus e a todos que acreditam em mim, amigos, familiares, pessoas que torcem por mim de longe e as que me acompanham de perto, isso me motiva e me faz feliz, aumentando ainda mais minha força para continuar.

## **Agradecimentos**

Agradeço à Deus pela oportunidade de ter completado mais uma etapa em minha vida.

Agradeço aos amigos, familiares, colegas de sala e professores que com certeza contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Prof. Ms. João Gustavo, que é meu principal incentivador, obrigado por está comigo na conclusão dessa etapa.

Ao Pof. Ms. Ricardo Luiz Carneiro, obrigado pela disponibilidade em me orientar.

## **Epígrafe**

O que Deus preparou é bem maior....

## Resumo

**Objetivo:** verificar na literatura os novos achados que podem impactar nas recomendações sobre os exercícios de treinamento de força aplicados em pessoas com a SDPF. **Método:** um levantamento bibliográfico foi realizado para execução da revisão de literatura através de pesquisas pela internet nas seguintes bases de dados, PUBMED, SCOPUS e WEB OF SCIENCE com os seguintes termos de busca: *femoro/femur/femuro patelar pain*. Foram selecionados artigos originais publicados somente no ano de 2013, que abordavam no seu escopo, análise de exercícios comumente utilizados no treinamento de força aplicados em pessoas com SDPF. **Resultados:** foram encontrados 24 artigos, no entanto os que abordavam os critérios de inclusão adotados eram 2 estudos **Conclusão:** As recomendações sobre os exercícios do treinamento de força aplicados em portadores da SDPF indicam que para minimizar o valgo dinâmico deve ser fortalecido o músculo Glúteo Médio, quanto ao desequilíbrio muscular entre os vastos lateral e medial deve ser priorizados exercícios em CCF, ou em CCA nos últimos 20° de extensão. Além disso, a magnitude da compressão patelofemoral demonstrou ser a mais relevante na escolha dos exercícios, onde o preciso controle da amplitude de movimento se faz necessária. Com os exercícios em CCF sendo realizados até 45° de flexão do joelho e em CCA nos últimos 20° de extensão de joelho. Diante dos achados de 2013 que verificaram menores áreas de contato nos últimos graus de extensão e alteração no alinhamento da articulação patelofemoral, reforçando a necessidade de um preciso controle da amplitude do movimento durante a execução dos exercícios. Além disso, uma maior rotação tibiofemoral para os portadores da SDPF que apresentavam o valgo dinâmico destaca a importância da função do Glúteo Médio.

## Abstract

**Objective:** To verify the new findings in the literature that may impact the recommendations on exercise strength training applied in people with PFPS. **Method:** A literature survey was conducted for implementing literature review by searching the internet in the following databases PUBMED, SCOPUS and Web of Science with the following search terms: Femoral / femur / femoro patellar pain. Published only in 2013 original articles that addressed the scope, analysis exercises commonly used in strength training applied in people were selected PPS. **Results:** 24 articles were found, however that addressed the inclusion criteria were studies **Conclusion 2:** The recommendations on training exercises of force applied in patients with PFPS indicate that to minimize the dynamic valgus should be strengthened in the gluteus medius muscle , regarding muscle imbalance between the lateral and medial vast should be prioritized exercises in CKC or OKC in the last 20 ° of extension. Furthermore, the magnitude of the patellofemoral compressive proved to be the most important in the selection of exercises, where precise control of the range of movement is needed . With CKC exercises being carried up to 45 ° of flexion of the knee and CCA in the last 20 ° of extension of the knee. Given the findings of 2013 that found lower contact areas in the last degrees of extension and change in alignment of the patellofemoral joint, reinforcing the need for precise control of range of motion during exercise execution. Moreover, greater tibiofemoral rotation for patients with PFPS who presented the dynamic valgus stresses the importance of the function of the gluteus medius.



## Lista de figuras

Figura 1. Função da patela no braço de alavanca de força no quadríceps.....	17
Figura 2. Articulação Patelofemoral.....	19
Figura 3. Valgo Dinâmico .....	21
Figura 4. Desvios do joelho no plano frontal.....	22
Figura 5. Exercício de abdução de quadril deitado de lado .....	23
Figura 6. Exercício de concha .....	24
Figura 7. Exercício de abdução de quadril com rotação externa deitado de lado ....	24
Figura 8. Exercício <i>crossover step-up</i> .....	25
Figura 9. Avaliação da atividade EMG na cadeira extensora com variação da posição dos pés.....	26
Figura 10. Compressão na articulação patelofemoral durante a execução dos exercícios <i>leg press</i> (CCF) e da cadeira extensora (CCA). .....	27

## **Lista de tabelas**

Tabela 1. Artigos Originais selecionados..... 16

Tabela 2. Dados normativos da área de contato da articulação patelofemoral, da máxima flexão até a máxima extensão.....29

## **Lista de abreviatura e siglas**

Ângulo Q = Ângulo do Quadríceps

CCA = Cadeia Cinética Aberta

CCF = Cadeia Cinética Fechada

CVIM = Contração Voluntária Isométrica Máxima

EMG = Eletromiográfica

IM = Inibição Muscular

RF = Reto Femoral

SDPF = Síndrome da Dor Patelofemoral

VL = Vasto Lateral

VM = Vasto Medial

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 MÉTODO.....	15
3 RESULTADOS .....	16
4 REVISÃO DE LITERATURA .....	17
4.1 Biomecânica da Articulação Patelofemoral .....	17
4.1.1 <i>Função da Patela</i> .....	17
4.1.2 <i>Cinemática da Articulação Patelofemoral</i> .....	18
4.1.3 <i>Cinética da articulação Patelofemoral</i> .....	19
4.2 Aspectos impactantes sobre a SDPF .....	20
4.2.1 <i>Valgo Dinâmico</i> .....	20
4.2.2 Desequilíbrio entre o Vasto Medial e Vasto lateral .....	25
4.2.3 Magnitude da Compressão Patelofemoral.....	26
4.3 Novos achados impactantes nas recomendações sobre os exercícios de força aplicados em pessoas com SDPF.....	28
5 CONCLUSÃO.....	30
REFERENCIAS .....	31

## 1 INTRODUÇÃO

A Síndrome da Dor Patelar Femural (SDPF) é definida como uma dor anterior ou retro patelar, que possui uma maior incidência e prevalência em mulheres (CATELLI; KURIKI; NASCIMENTO, 2012), mas chega a atingir 25% da população em alguma fase da vida (WILK; REINOLD, 2001). A incidência da SDPF é na sua grande maioria em mulheres jovens e fisicamente ativas (SOUZA; POWERS, 2009). Dentre outros fatores, o ângulo Q aumentado em mulheres tem sido apontado como determinante para o desenvolvimento da SDPF (MESSIER *et al.*, 1990). Segundo Pompeo *et al.* (2012) a SDPF resulta de um desgaste crônico e degenerativo na cartilagem articular associado a inibição e a fraqueza muscular. Sendo, a cartilagem articular um tecido de alta durabilidade, entretanto quando lesionado não se regenera (NORDIN; FRANKEL, 2003).

Os resultados de alguns estudos atuais sobre os diversos fatores associados à SDPF apresentam a inibição muscular (IM) no quadríceps, como a dificuldade do sistema nervoso central em ativar por completo todas as unidades motoras do músculo durante seu esforço voluntário. A IM pode ser um forte fator precursor da doença, podendo ocorrer antes da manifestação da dor (POMPEO *et al.*, 2012). Outra possibilidade investigada é a função dos músculos vasto lateral (VL) e vastos medial (VM), onde um desequilíbrio exacerbado pode resultar em um desvio látero/medial da patela. Sendo este desvio patelar o principal fator para o desenvolvimento da SDPF (CATELLI; KURIKI; NASCIMENTO, 2012).

Com o crescente número de praticantes de treinamento aeróbico, utilizando a caminhada e/ou a corrida de rua, aumentou-se consideravelmente o número de lesões em mulheres, onde a SDPF é uma das mais incidentes (MESSIER *et al.*, 1990). O fortalecimento muscular com a utilização de exercícios dinâmicos e isométricos (uni e multiarticulares) podem ser considerados eficientes para diminuir a dor dos portadores de SDPF (BILY *et al.*, 2008). Assim o fortalecimento pode ser favorável para iniciar a ativação simultânea do músculo VM e VL, uma vez que acontece o retardo da ativação inicial do VM em relação ao VL em indivíduos com SDPF (COWAN *et al.*, 2003). Ainda não foi encontrado nenhum exercício que realize a ativação seletiva, independente das posições e angulações de joelho e quadril

(ASSUNÇÃO *et al.*, 2012). Sendo que em cadeia cinética aberta (CCA) o quadríceps é ativado isoladamente e isso aumenta as forças de compressão patelar e em cadeia cinética fechada (CCF), por gerarem co-contracção, aumentam a estabilidade articular e sendo mais semelhante aos movimentos funcionais (GRAMANI-SAY *et al.*, 2006). Sabendo que há inibição e desequilíbrio de força muscular em portadores de SDPF, no entanto, de acordo com a literatura especializada a exata causa da síndrome não é conhecida (STEINKAMP, *et al.*, 1993; POWERS, 1993; POWERS, 1998; CASTELLI *et al.*, 2012; PETERSEN *et al.*, 2013; BARTON *et al.*, 2013). Apesar destes fatores, o valgo dinâmico (PETERSEN *et al.*, 2013), o desequilíbrio de forças entre os vastos lateral e medial (PETERSEN *et al.*, 2013; POWERS, 1998) e a magnitude de compressão patelofemoral (POWERS, 1998), serem destacados por apresentarem um maior impacto sobre a SDPF. Desta forma, o presente estudo tem por objetivo verificar na literatura os novos achados que podem impactar nas recomendações sobre os exercícios de treinamento de força aplicados em pessoas com a SDPF.

## 2 MÉTODO

Um levantamento bibliográfico foi realizado para execução da revisão de literatura através de pesquisas pela internet nas seguintes bases de dados, PUBMED, SCOPUS e WEB OF SCIENCE com os seguintes termos de busca: *femoro/femur/femuro patelar pain*. Foram selecionados artigos originais publicados somente no ano de 2013, que abordavam no seu escopo, análise de exercícios comumente utilizados no treinamento de força aplicados em pessoas com SDPF.

### 3 RESULTADOS

Foram encontrados 24 artigos, no entanto os que abordavam os critérios de inclusão adotados eram 2 estudos (TABELA 1).

**Tabela 1.** Artigos Originais selecionados

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Revista</b>	<b>Fator de Impacto</b>	<b>Qualis</b>
Salsich GB, Perman WH.	Tibiofemoral and patellofemoral mechanics are altered at small knee flexion angles in people with patellofemoral pain.	J Sci Med Sport	2.899	A1 (Educação Física)
Borotikar BS, Sheehan FT.	In vivo patellofemoral contact mechanics during active extension using a novel dynamic MRI-based methodology	Osteoarthritis Cartilage	4.262	A1 (Educação Física)



## 4 REVISÃO DE LITERATURA

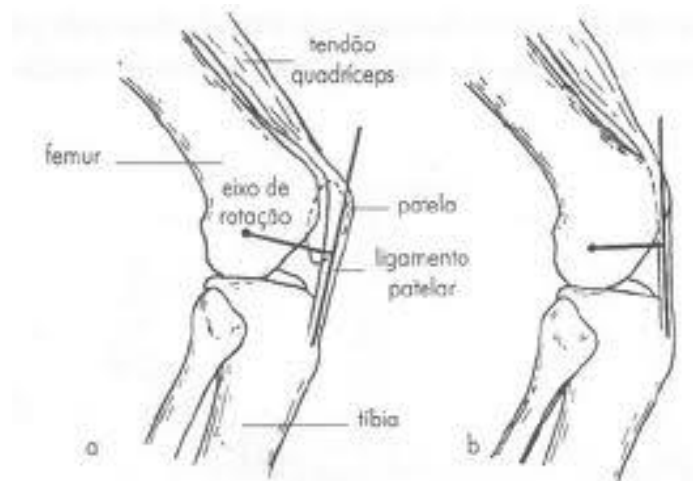
### 4.1 Biomecânica da Articulação Patelofemoral

A articulação do joelho suporta altas forças (translatórias) e momentos (rotatórios), estando situado entre os dois maiores braços de alavancas do corpo humano (i.e., o fêmur e a tíbia), resultando a maior susceptibilidade de lesões. O joelho humano é uma das articulações mais complexas do aparelho locomotor, sendo formado por duas articulações: tibiofemoral e patelofemoral (NORDIN; FRANKEL, 2003). A interface entre o lado articular da patela e o sulco intercondilar (tróclea) do fêmur é conhecida como a articulação patelofemoral (NEUMANN, 2011).

#### 4.1.1 Função da Patela

A patela que significa “pequena polia” no latim, é um osso triangular envolvido dentro do tendão do quadríceps (NEUMANN, 2011). A patela possui duas funções biomecânicas fundamentais: aumentar o braço de alavanca de força do quadríceps e diminuir a pressão no fêmur (NORDIN; FRANKEL, 2003).

A patela atua na extensão do joelho produzindo o deslocamento anterior do tendão do quadríceps durante o movimento, assim aumentando o braço de alavanca de força no quadríceps (FIGURA 1).



**Figura 1.** Função da patela no braço de alavanca de força no quadríceps. a = a presença da patela aumenta o braço de alavanca; b = a ausência da patela diminui o braço de alavanca.

A diminuição da pressão no fêmur ocorre devido ao aumento da área de contato causada pela patela, ao ser inserida entre o tendão patelar e o fêmur. Pois de acordo com a equação 1:

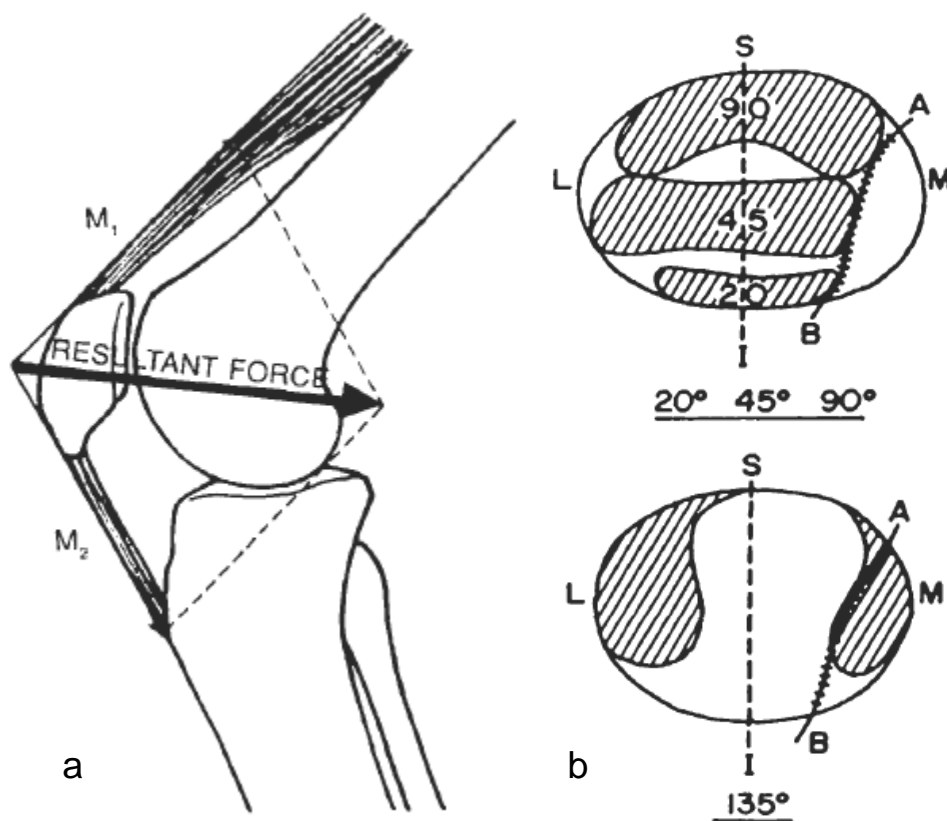
$$P = F/A \quad (1)$$

Sendo, pressão (P) igual à força (F) dividida pela área (A), dessa forma para uma mesma força aplicada pelo tendão quadricipital o aumento da área de contato causado pela patela, resulta na diminuição da pressão no fêmur.

#### **4.1.2 Cinemática da Articulação Patelofemoral**

A cinemática anormal é comumente relacionada a dor crônica anterior no joelho, que pode ser resultado da degeneração articular (NEUMANN, 2011). Sendo assim, o conhecimento da cinemática normal da articulação patelofemoral se faz importante para prescrição de exercícios e/ou intervenções que venham a ser realizadas por portadores da SDPF.

Da completa extensão até a completa flexão do joelho, as facetas medial e lateral se articulam com a patela desde a completa extensão até 140°. Depois de 90° de flexão a patela rotaciona-se externamente, e somente a faceta femoral medial se articula com a patela. Em flexão completa a patela se desloca para fossa intercondilóide (NEUMANN, 2011; NORDIN; FRANKEL, 2003). O aumento da quantidade de flexão da articulação do joelho e o aumento da força de tração do músculo quadríceps (FIGURA 2a), que será detalhada no tópico “Cinética da Articulação Patelofemoral” a seguir, resultam no aumento na área de contato (FIGURA 2b) (POWERS, 1998).



**Figura 2.** Articulação Patelofemoral. a = força compressiva sobre a articulação patelofemoral são determinadas pela resultante de  $M_1$  (vetor de força do tendão do quadríceps) e  $M_2$  (vetor de força do ligamento patelar). b = área de contato sobre a patela em função do ângulo de flexão do joelho em 20°, 45°, 90° e 135° (A-B = trajetória de margem medial da zona de contato; I = interior; S = superior; L = lateral; M = medial (adaptado de POWERS, 1998).

#### 4.1.3 Cinética da articulação Patelofemoral

A cinética envolve as análises dinâmicas e estáticas das forças nos movimentos que atuam em uma articulação. A análise estática é quando as forças e os momentos agem no corpo em equilíbrio, sendo um corpo em repouso ou com velocidade constante. A dinâmica é uma análise de momentos e forças que estão presentes em um corpo em movimento, um corpo com a aceleração ou desaceleração. Assim as resultantes das forças não são iguais a zero. A análise cinética nos auxilia a determinar a magnitude de momentos e forças na articulação gerada pelo peso do próprio corpo, ação muscular, resistência dos tecidos macios e cargas externas, tanto em análises estáticas como dinâmicas. Além de permitir o controle da carga em situações que possam produzir forças e momentos excessivamente altos (NORDIN; FRANKEL, 2003).

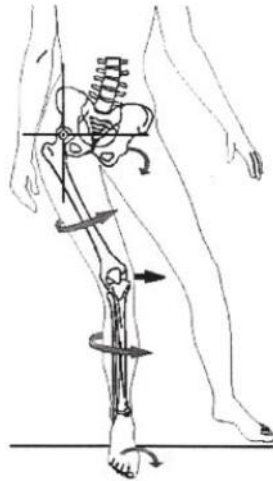
A força muscular agindo diretamente na articulação resulta na magnitude de força de reação sobre articulação patelofemoral, sendo assim, a força resultante sobre a articulação patelofemoral é diretamente proporcional aquela produzida pelo músculo quadríceps. Adicionalmente, esta força é elevada com o aumento do grau de flexão do joelho, onde o aumento da força de tensão do quadríceps e no tendão patelar resultam na maior compressão patelofemoral. (FIGURA 2a) (POWERS, 1998).

## **4.2 Aspectos impactantes sobre a SDPF**

De acordo com a literatura especializada a exata causa da SDPF não é conhecida (STEINKAMP, *et al.*, 1993; POWERS, 1993; POWERS, 1998; CASTELLI *et al.*, 2012; PETERSEN *et al.*, 2013; BARTON *et al.*, 2013). No entanto, alguns fatores são apontados, por possivelmente apresentarem um maior impacto sobre a SDPF. Sendo eles, o valgo dinâmico (PETERSEN *et al.*, 2013), o desequilíbrio entre os vastos lateral e medial (PETERSEN *et al.*, 2013; POWERS, 1998) e a magnitude de compressão patelofemoral (POWERS, 1998). Desta forma, será analisado cada um destes fatores a seguir.

### **4.2.1 Valgo Dinâmico**

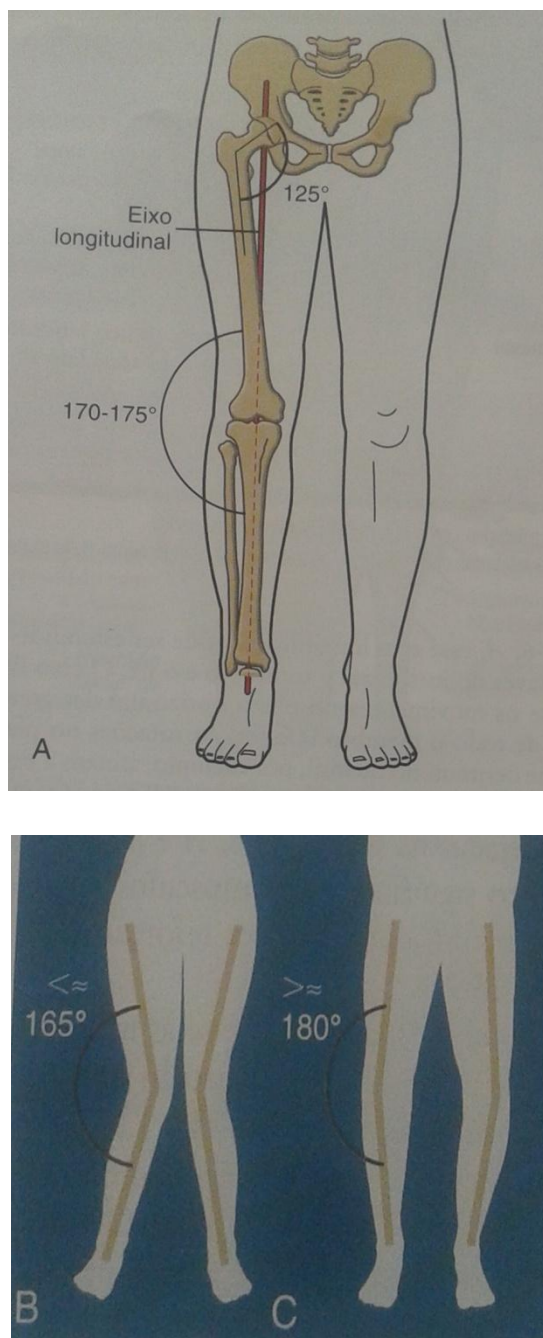
Segundo Almeida (2013), quando a musculatura estabilizadora da articulação do quadril está fraca, faz com que o centro articular do joelho movimenta-se em direção medial em relação ao pé, assim caracterizando o valgo dinâmico do joelho (FIGURA 3). O pé estando fixo ao solo faz com que o quadril se movimente fazendo a adução excessiva e o pé se movimenta fazendo uma hiperpronação (POWERS *et al.*, 2002; WILSON *et.al*, 2008). Esse mecanismo do valgo dinâmico é um dos fatores que impactam diretamente na lesão da SDPF (POWERS *et al.*, 2002; WILSON *et.al*, 2008).



**Figura 3.** Valgo Dinâmico (Adaptado de POWERS *et al.*, 2002)

Outro fator que pode contribuir para a ocorrência do valgo dinâmico é o ângulo Q ou ângulo do quadríceps. Este ângulo pode ser medido por uma linha que começa na espinha íliaca ântero superior e vai até o centro da patela e outra que mede do centro da patela até a tuberosidade da tíbia (POWERS, 2003).

O fêmur faz uma angulação medial devido sua diáfise em direção ao joelho. O ângulo natural de inclinação do fêmur proximal é de  $125^\circ$  na articulação do quadril. Assim a tíbia proximal se movimenta quase horizontalmente, devido à superfície articular, em volta de  $170^\circ$  a  $175^\circ$ , sendo o ângulo formado pelo joelho em sua lateralidade, esse alinhamento no plano frontal do joelho é considerado genu valgo fisiológico (FIGURA 4). Quando esse ângulo é maior do que  $180^\circ$  caracteriza o genu varo. No entanto, quando ele é menor que  $170^\circ$  temos o genu valgo excessivo ou joelho em X. Alguns dos principais fatores que podem levar a joelho em X, ou genu valgo excessivo mais comuns são: Frouxidão dos ligamentos, alto índice de massa corporal, lesão prévia e predisposição genética. Podendo gerar fraqueza muscular no membro inferior e a exacerbação pelo alinhamento anormal. Sendo assim, quando o ângulo do quadril é menor que  $125^\circ$  e a presença de fraqueza muscular no quadril, ou seja, no músculo Glúteo Médio, conseqüentemente teremos o aumento da carga em valgo, em alguns casos, também ocorre a pronação excessiva do pé, fazendo com que a tíbia se abduza afastando do plano medial, conseqüentemente o estresse tencional sobre o ligamento colateral medial e a cápsula adjacente pode enfraquecer o tecido, afetando o alinhamento da articulação



**Figura 4.** Desvios do joelho no plano frontal. A = geno valgo fisiológico. O ângulo de inclinação normal de 125° do fêmur proximal e o eixo longitudinal de rotação ao longo de toda a extremidade inferior também são mostrados. B = geno valgo excessivo (joelho em X). C = geno varo (perna arqueada) (Adaptado de NEUMANN, 2011).

Conforme supracitado, o glúteo médio possui um papel importante na estabilização da pelve, além do controle da adução femoral e rotação interna durante atividades funcionais. Uma fraqueza muscular do glúteo médio resulta na diminuição desta estabilização e controle, podendo ocasionar no valgo dinâmico.

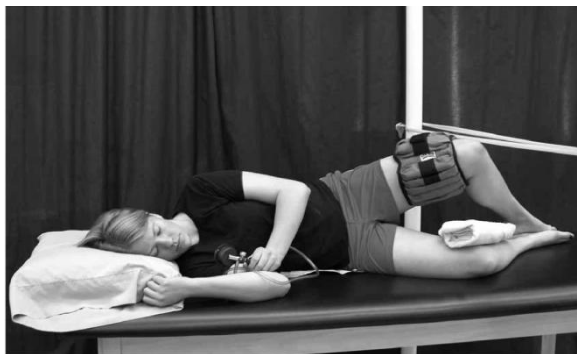
Tem sido sugerido que esta fraqueza é relacionada a disfunções e injúrias nos membros inferiores (HAMSTRA-WRIGHT; HUXEL, 2012).

Dentre estas consequências do déficit de força do glúteo médio está a SDPF, o que foi verificado por uma meta-análise (BARTON *et al.*, 2013), que buscou entender qual seria o papel deste músculo para a etiologia e desenvolvimento da SDPF. Uma moderada para forte evidência indica que existe uma atividade muscular do Glúteo Médio atrasada e de curta duração durante a atividade de subir e descer escadas em pessoas com a SDPF. Adicionalmente, uma limitada evidência indica que a atividade muscular do Glúteo Médio também é atrasada e de curta duração durante a corrida.

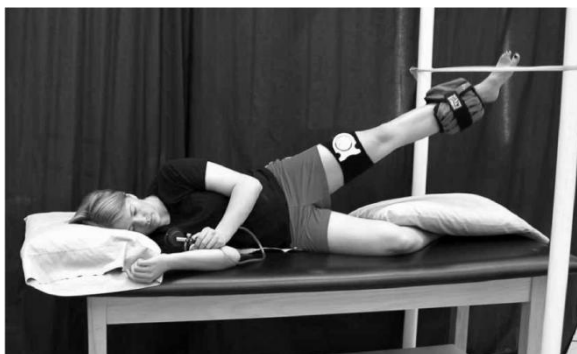
Diante desta importante função do Glúteo Médio sobre a SDPF, uma das formas de potencializar a sua atuação é por meio do treinamento de força. Exercícios que visam ativar o músculo Glúteo Médio são habitualmente utilizados nas academias, mas para conhecer qual seria o mais eficiente, é necessário a verificação do nível de atividade eletromiográfica (EMG). Sendo assim, McBeth *et al.* (2011) verificaram em corredores qual exercício entre os três utilizados por eles na rotina de treinamento de força era o de maior atividade EMG. Foram analisados o exercício de abdução de quadril deitado de lado (FIGURA 5), o exercício de concha (FIGURA 6) e o exercício de abdução de quadril com rotação externa deitado de lado (FIGURA 7). Sendo que o exercício de abdução de quadril deitado de lado (FIGURA 5) apresentou a maior ativação EMG para o músculo Glúteo Médio ( $79,1 \pm 29,9\%$  CVIM), em relação ao exercício concha que apresentou  $32,6 \pm 16,9\%$  CVIM e o exercício de abdução do quadril com rotação externa que apresentou  $53,0 \pm 28,4\%$  CVIM.



**Figura 5.** Exercício de abdução de quadril deitado de lado (McBETH *et al.*, 2011)



**Figura 6.** Exercício de concha  
(McBETH *et al*, 2011)



**Figura 7.** Exercício de abdução de quadril com rotação externa deitado de lado  
(McBETH *et al*, 2011)

No entanto, exercícios que fortalecem o Glúteo Médio e que podem apresentar uma grande compressão na articulação patelofemoral, não seriam indicados para portadores da SDPF, mas poderiam ser executados por pessoas não portadoras da SDPF, até mesmo como forma de prevenção. Sendo assim, foram comparados os seguintes exercícios: *step-up*, *crossover step-up*, *diagonal step-up* e o *lateral step-up*. Onde o *crossover step-up* (FIGURA 8) apresentou uma maior ativação EMG na fase concêntrica para o Glúteo Médio ( $76,5 \pm 23,4\%$  CVIM) e o *step-up* a maior ativação EMG na fase excêntrica para o mesmo músculo ( $41,9 \pm 15,0\%$  CVIM) (SIMENZ *et al*, 2012). Sendo que os autores indicam o *crossover step-up* (FIGURA 7) quando o objetivo for a máxima ativação do Glúteo Médio ao se utilizar variações do exercício *step-up*.





**Figura 8.** Exercício *crossover step-up*

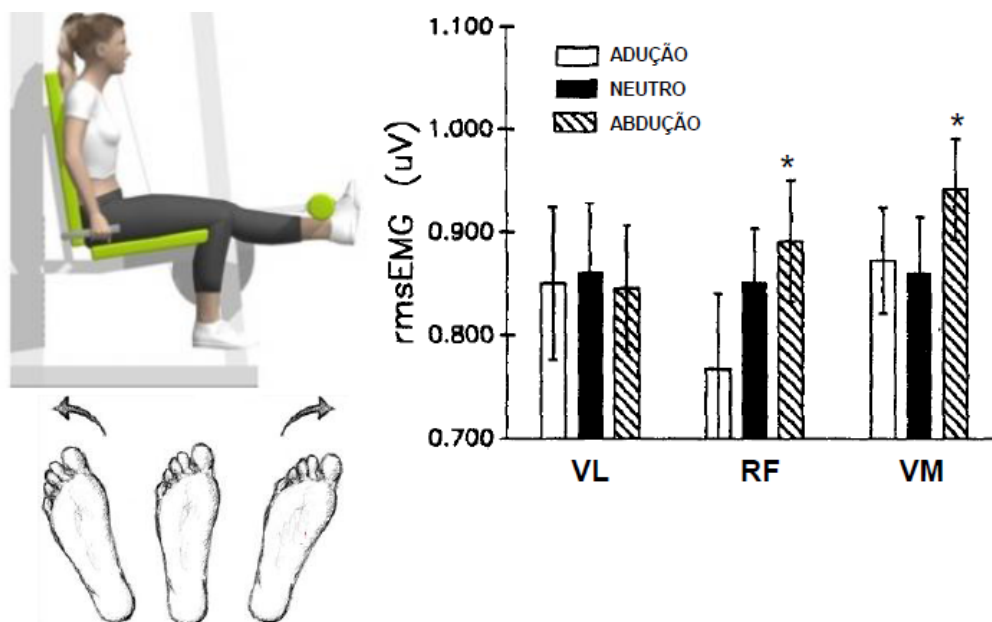
#### 4.2.2 Desequilíbrio entre o Vasto Medial e Vasto lateral

Sabendo que a desequilíbrio na ativação entre VM e VL em pessoas com SDPF, o retardo da ativação acontece tanto na fase excêntrica quanto na concêntrica, fazendo com que ocorra a lateralização da patela (COWAN *et.al.*, 2002). Sendo o VM o músculo estabilizador dinâmico medial principal da patela, inclusive nos últimos 30° de extensão (GRAMANI-SAY *et al.*, 2006).

A estabilização da patela deve se mantida pelos estabilizadores transversos, com a tração do VM e VL e os estabilizadores longitudinais que são formados pelo tendão do quadríceps, e o ligamento patelar onde ocorrem as desvantagens sobre os vetores de força decorrentes a trações e direções opostas do ligamento patelar e tendão do quadríceps, não ocorrendo está estabilização a patela tende a ser lateralizada (POWERS *et al.*, 2003).

Comparando CCF e CCA para o fortalecimento em pessoas com SDPF existe um consenso a favor da CCF (FEHR *et al.*, 2006). Isto porque em CCF, houve contrações simultâneas fazendo com que aconteça o equilíbrio na ativação entre os músculos VM e VL, isto fez com que patela não girasse lateralmente (STENSDOTTER *et.al*, 2003). Adicionalmente, Escamilla *et al.* (1998) verificaram que os exercícios em CCF, *leg press* e cadeira extensora geraram uma ativação EMG 20% maior nos músculos VL e VM do que o exercício em CCA, cadeira extensora em homens sem comprometimento na articulação do joelho. Além disso, os autores verificaram que o maior nível de ativação EMG no VM para o exercício de CCA foram nos últimos 20° da extensão do joelho. No entanto, Signorile *et al.* (1995)

analisaram o exercício em CCA, cadeira extensora, alterando a posição dos pés, sendo as posições: adução, neutro e abdução. Neste exercício foram analisados e comparados os músculos, VL, reto femoral (RF), VM. Foi verificado que com os pés em abdução ocorreu maior ativação nos músculos, RF e VM em indivíduos sem a síndrome (FIGURA 9).



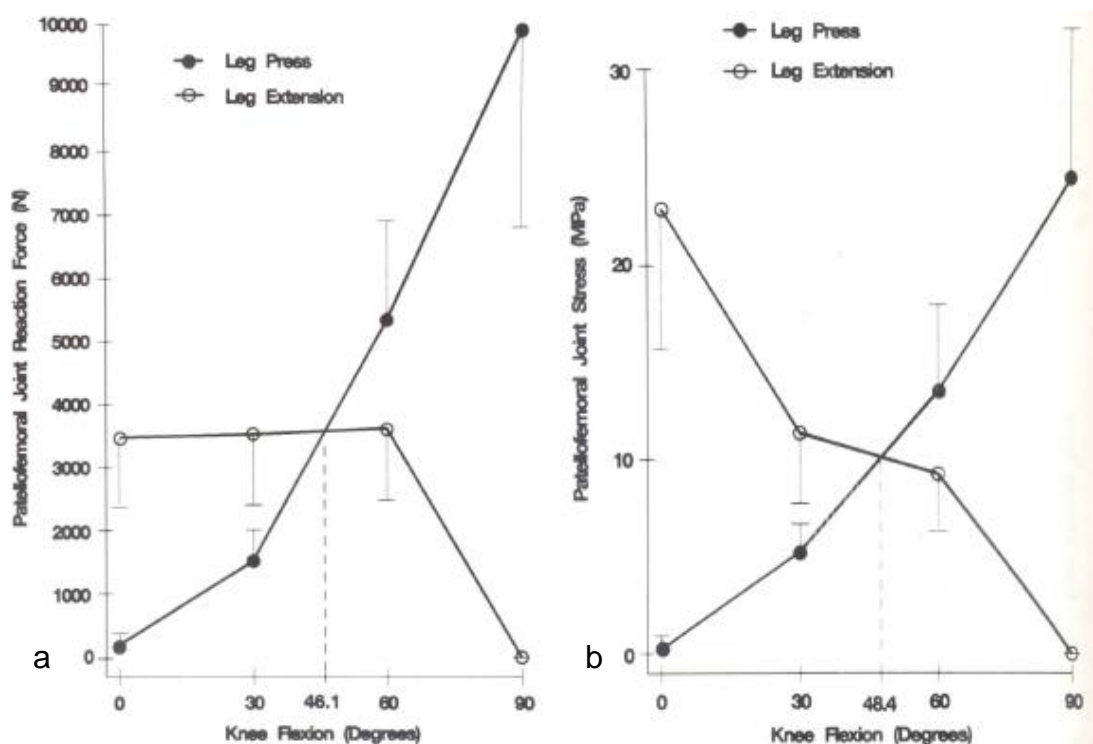
**Figura 9.** Avaliação da atividade EMG na cadeira extensora com variação da posição dos pés (Adaptado de SIGNORILE, 1995).

Baseando-se nestes achados, para se alcançar uma maior efetividade para ativação do músculo VM, podemos realizar exercícios em CCF, como o agachamento e o *leg press*. Além disso, em CCA, na cadeira extensora, é recomendado a execução do exercício nos últimos 20° graus de extensão do joelho, com os pés abduzidos.

#### 4.2.3 Magnitude da Compressão Patelofemoral

As forças compressivas na articulação patelofemoral, tendem a aumentar com o aumento do grau de flexão do joelho. Sendo isso verificado em situações do dia a dia como subir e descer escadas, caminhar em inclinações, a tarefa de sentar e levantar, ou até mesmo a simples fato de permanecer sentado por um longo período (POWERS, 1998). Como forma de minimizar a queixa de portadores da SDPF, utiliza-se exercícios de treinamento de força, no entanto, devemos nos atentar para os graus de flexão do joelho ao serem realizados estes exercícios.

Steinkamp *et al.* (1993) comparou o nível de compressão patelofemoral, calculando a força de reação (FIGURA 10a) e o estresse na articulação patelofemoral (FIGURA 10b), durante a execução do exercício de CCA, cadeira extensora, e do exercício de CCF, *leg press*. Os autores verificaram uma menor compressão na articulação nos últimos graus de extensão de joelho na cadeira extensora. No entanto, para o *leg press* até aproximadamente 45° de flexão de joelho foram encontrados os menores valores de compressão (FIGURA 10).



**Figura 10.** Compressão na articulação patelofemoral durante a execução dos exercícios *leg press* (CCF) e da cadeira extensora (CCA). a = força de reação na articulação patelofemoral (N); b = estresse na articulação patelofemoral (MPa). (Adaptado de STEINKAMP *et al.*, 1993)

Os exercícios em CCF, agachamento e leg press horizontal com os pés posicionados na plataforma de força altos e baixos, foram comparados quanto ao nível de compressão na articulação patelofemoral. Foi verificado que o aumento do ângulo de flexão do joelho resultou no aumento da compressão para os três exercícios, contudo, no agachamento houve maior magnitude quando comparado aos exercícios no leg press (ESCAMILLA *et al.*, 2001). Outra estratégia utilizada para o fortalecimento dos músculos que envolvem a articulação do joelho são os exercícios afundo e avanço. Em ambos os exercícios a magnitude de compressão

patelofemoral também aumentou a medida que o joelho foi flexionado durante o exercício. No entanto, não foram encontradas diferenças entre os exercícios (ESCAMILLA et al., 2009)

Sabendo que a compressão para portadores de SDPF é um dos fatores que implicam diretamente para o desgaste da cartilagem. Sugere-se exercícios de fortalecimento, onde devemos enfatizar o controle da amplitude do movimento, para não se atingir os graus onde ocorrem as maiores magnitudes de compressão. Para isso podemos prescrever exercícios, tanto em CCF, quanto CCA. O *leg press* e o agachamento até 45° de flexão do joelho em CCF, e a cadeira extensora nos últimos 20° de extensão de joelhos em CCA.

#### **4.3 Novos achados impactantes nas recomendações sobre os exercícios de força aplicados em pessoas com SDPF.**

Salsich e Perman (2013) utilizaram 56 voluntários, divididos em dois grupos: Grupo SDPF (21 mulheres e 6 homens; idade:  $27,0 \pm 7,1$  anos; estatura:  $165,3 \pm 6,2$  cm; massa corporal:  $65,9 \pm 11,8$  Kg) e Grupo Sem Dor (19 mulheres e 10 homens; idade:  $24,2 \pm 4,5$  anos; estatura:  $169,6 \pm 8,6$  cm; massa corporal:  $70,2 \pm 12,7$  Kg) para testar a hipótese que em 0° e 20° de flexão de joelhos a área de contato patelofemoral seria menor, enquanto a rotação tibiofemoral e o mau alinhamento patelofemoral seriam maiores em pacientes com SDPF comparado aos participantes sem dor. Os autores hipotetizaram que a ausência de diferença seria detectada em 40°, devido ao aumento da estabilidade patelar. O delineamento experimental do estudo foi um corte transversal e descritivo. Os voluntários foram avaliados por exame de ressonância magnética em 0°, 20° e 40° de flexão de joelho com o membro inferior simulando o exercício de CCF agachamento, com o suporte do próprio peso corporal. A área de contato patelofemoral, o ângulo de rotação tibiofemoral e o alinhamento patelofemoral (índice de bifurcação compensatório e o ângulo do tilt patelar) foram quantificados e comparados entre os grupos em cada ângulo usando Teste T. Uma comparação posterior foi realizada entre o Grupo Sem e Dor e o subgrupo de 15 participantes com SDPF que demonstraram o valgo dinâmico. No Grupo SDPF a área de contato foi menor em 0° ( $203,8 \pm 45,5$  mm<sup>2</sup> vs.  $224,1 \pm 46,6$  mm<sup>2</sup>,  $p = 0,05$ ) e em 20° ( $276,8 \pm 56,2$  mm<sup>2</sup> vs.  $316,7 \pm 82,8$  mm<sup>2</sup>,  $p = 0,02$ ). O alinhamento patelofemoral determinado pelo índice de bifurcação compensatório e pelo ângulo do tilt patelar foram maiores em 0° ( $0,69 \pm 0,13$  vs.

0,64 ± 0,09, p = 0,04; 12,5 ± 7,6° vs. 9,2 ± 5,8°, p = 0,04, respectivamente). No subgrupo com SDPF a rotação tibiofemoral foi maior em 0° comparada ao Grupo Sem Dor (6,4 ± 5,9° vs. 4,0 ± 4,6°, p = 0,07). Apesar dos autores adotarem o índice de significância de  $\alpha = 0,05$ , neste caso mesmo o resultado sendo p = 0,07 eles adotaram que diferença foi significativa. O estudo concluiu que enquanto a área de contato e o alinhamento patelofemoral eram alterados em portadores da SDPF, a rotação tibiofemoral foi alterada somente no subgrupo de pessoas que apresentavam o valgo dinâmico.

Borotikar e Sheehan (2013) realizaram um estudo em 20 mulheres sem histórico de SDPF ou Osteoartrose para estabelecer *in vivo* uma base de dados normativa sobre o mecanismo de área de contato da cartilagem na articulação patelofemoral. Os dados foram adquiridos por exame de ressonância magnética, enquanto os voluntários realizaram um exercício de CCA de flexão/extensão do joelho com ritmo de 30 ciclos/min. A área de contato foi mensurada a cada 5° durante a extensão do joelho, entre 10° e 40° do ângulo. A maior área de contato no movimento de extensão de joelho na articulação patelofemoral foi 228,7 ± 173,6 mm<sup>2</sup> em 40°. Em 25°, 30°, 35°, 40° de extensão de joelho a área de contato foi diferente significativamente (TABELA 2). Segundo autores este foi o primeiro passo para o desenvolvimento de estratégias biomecânicas sobre SDPF utilizando movimento dinâmico *in vivo* com método de grande acurácia.

**Tabela 2.** As médias e desvio padrão seguidos de letras diferentes indicam diferença significativa entre elas (p ≤ 0,05).

Ângulo do joelho	Área de contato
40°	228,7 ± 1773,6 mm <sup>2</sup> (a)
35°	204,7 ± 187,8 mm <sup>2</sup> (b)
30°	137,4 ± 163,5 mm <sup>2</sup> (c)
25°	108,9 ± 130,1 mm <sup>2</sup> (d)
20°	100,8 ± 108,7 mm <sup>2</sup> (d)
15°	129,5 ± 94,3 mm <sup>2</sup> (d)
10°	125,1 ± 92,8 mm <sup>2</sup> (d)

## 5 CONCLUSÃO

As recomendações sobre os exercícios do treinamento de força aplicados em portadores da SDPF indicam que para minimizar o valgo dinâmico deve ser fortalecido o músculo Glúteo Médio, quanto ao desequilíbrio muscular entre os vastos lateral e medial deve ser priorizados exercícios em CCF, ou em CCA nos últimos 20° de extensão. Além disso, a magnitude da compressão patelofemoral demonstrou ser a mais relevante na escolha dos exercícios, onde o preciso controle da amplitude de movimento se faz necessária. Com os exercícios em CCF sendo realizados até 45° de flexão do joelho e em CCA nos últimos 20° de extensão de joelho. Diante dos achados de 2013 que verificaram menores áreas de contato nos últimos graus de extensão e alteração no alinhamento da articulação patelofemoral, reforçando a necessidade de um preciso controle da amplitude do movimento durante a execução dos exercícios. Além disso, uma maior rotação tibiofemoral para os portadores da SDPF que apresentavam o valgo dinâmico destaca a importância da função do Glúteo Médio.

## REFERENCIAS

1. ALMEIDA, G.P.L. **Relação do valgo dinâmico do joelho com a força muscular do quadril e tronco em indivíduos com síndrome patelofemoral.** 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
2. ASSUNÇÃO, D.M.G. et al. Efetividade da ativação do vasto medial oblíquo em indivíduos com síndrome da dor patelofemoral. **Revista Estação Científica**, Juiz de Fora, v.8, n. 1, p. 01-16, nov. 2012.
3. BARTON C.J. et al. Gluteal muscle activity and patellofemoral pain syndrome: a systematic review. **British Journal of Sports Medicine**, Guildford, v. 47, n. 4, p. 207 - 214, mar. 2013.
4. BILY, W. et al. Training program and additional electric muscle stimulation for patello-femoral pain syndrome: a pilot study. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chigago, v. 89, n. 7, p. 1230 - 1236, jul. 2008.
5. BOROTIKAR B.S.; SHEEHAN F.T. In vivo patellofemoral contact mechanics during active extension using a novel dynamic MRI-based methodology. **Osteoarthritis and Cartilage**, Mount Laurel, v. 21, n. 12, p. 1886 - 1894. dez. 2013.
6. CATELLI, et al. Lesão esportiva: Um estudo sobre a síndrome dolorosa femoropatelar. **Motricidade**, Vila Real, v.8, n.2, p.62 - 69, abr. 2012.
7. COWAN S.M. et al. Altered vastii recruitment when people with patellofemoral pain syndrome complete a postural task. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chigago, v. 33, n. 7, p. 989 - 995, jul. 2002.
8. COWAN S.M. et al. Simultaneous feedforward recruitment of the vasti in untrained postural tasks can be restored by physical therapy. **Journal of Orthopaedic Research**, Nova Iorque, v. 21, n. 3, p. 553 - 558. mai. 2003.
9. ESCAMILLA R.F. et al. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Baltimore, v. 30, n. 4, p. 556 - 569. abr. 1998.
10. ESCAMILLA R.F. et al. Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Baltimore, v. 33, n. 9, p. 1552 - 1566, set. 2001.

11. ESCAMILLA R.F. et al. Patellofemoral joint force and stress during the wall squat and one-leg squat. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Baltimore, v. 41, n. 4, p. 879 - 888, abr. 2009.
12. FEHR G.L. et al. Efetividade dos exercícios em cadeia cinética aberta e cadeia cinética fechada no tratamento da síndrome da dor femorpatelar. **Revista de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 66 - 70. mar./abr. 2006.
13. GRAMANI-SAY, K. et al. Efeito da rotação do quadril na síndrome da dor femorpatelar. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 10, n. 1, p. 75 - 81, jan. 2006.
14. HAMSTRA-WRIGHT K.L.; HUXEL B.K. Effective exercises for targeting the gluteus medius. **Journal of Sport Rehabilitation**, Kentucky, v. 21, n. 3, p. 296 – 300, ago. 2012.
15. McBETH J.M. et al. Hip Muscle Activity During 3 Side-Lying Hip-Strengthening Exercises in Distance Runners. **Journal of Athletic Training**, Dallas, v. 47, n. 1, p. 15 - 23, jan./fev. 2012.
16. MESSIER, S.P. et al. Etiologic factors associated with patellofemoral pain in runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Baltimore, v. 23, n.9, p.1008 - 1015, set. 1990.
17. NEUMANN, D.A. Joelho. In: NEUMANN, D.A. **Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos para reabilitação**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. p. 520 - 572.
18. NORDIN, M.; FRANKEL, V. H. Biomecânica do joelho. In: NORDIN, M.; FRANKEL, V. H. **Biomecânica básica do sistema musculoesquelético** 3ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. p. 152 - 174.
19. PETERSEN W. et al. Patellofemoral pain syndrome. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**. 2013 Nov 13. [Epub ahead of print].
20. POMPEO, K.D. et al. Inibição muscular dos extensores de joelho em sujeitos acometidos por condromalácia patelar e osteoartrite no joelho. **Fisioterapia e Pesquisa**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 185 - 191, abr./jun. 2012.
21. POWERS C. M. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. **Journal of**



- Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, Québec, v. 33, n.11, p.639 - 646, nov. 2003.
22. POWERS C.M. Rehabilitation of patellofemoral joint disorders: a critical review. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, Québec, v. 28, n. 5, p. 345 -354, nov. 1998.
23. POWERS C.M., et al. Comparasion of foot pronation and lower extremity rotation in persons with and without patellofemoral pain. **Foot & Ankle International**, Traverse, v. 23, n. 7, p. 634 - 640, jul. 2002.
24. SALSICH G.B.; PERMAN W.H. Tiobiofemoral and patellofemoral mechanics are altered at small knee flexion angles in people with patellofemoral pain. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Sydney, v. 16, n. 1, p. 13 - 17. jan. 2013.
25. SIGNORILE A. et al. The effect of knee and foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, Alexandria, v. 22, n. 1, p. 2 - 9. jul. 1995.
26. SIMENZ C.J. et al. Electromyographical analysis of lower extremity muscle activation during variations of the loaded step-up exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, Connecticut, v. 26, n. 12, p. 3398 - 3405, dez. 2012.
27. SOUZA, R.B.; E POWERS, M. C. Differences in hip kinematics, muscle strength, and muscle actication between subjects with and with and without patellofemoral pain. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, Québec, v. 39, n.1, p.12-19, jan. 2009.
28. STEINKAMP L.A. et al. Biomechanical considerations in patellofemoral joint rehabilitation. **The American Journal of Sports Medicine**, Columbus, v. 21, n. 3, 438 - 444, mai./jun. 1993.
29. STENS DOTTER A. et al. Quadriceps activation in closed and in open kinetic chain exercises. **Medicine & Science inSports & Exercise**, Baltimore, v. 35, n. 12 , p. 2043 – 2047. dez. 2003.
30. WILK, K. E.; REINOLD, M. M. Principles of patellofemoral rehabilitation. **Sports Medicine and Arthroscopy Review**, San Francisco, v. 9, n.4, p. 325-326, set. 2001.

31. WILSON J.D. et al. Lower extremity mechanics of females with and without patellofemoral pain across activities with progressively greater task demands. **Clinical Biomechanics**, Bristol, v. 23, n. 2, p. 203 - 211. fev. 2008.