



## Patellofemoral ağrı sendromunda kas kuvveti ve yumuşak doku gerginliklerinin incelenmesi

### *Assessment of muscle strength and soft tissue tightness in patients with patellofemoral pain syndrome*

İnci AKARCALI,<sup>1</sup> Nazan TUĞAY,<sup>1</sup> Zafer ERDEN,<sup>1</sup>  
Ahmet ATAY,<sup>2</sup> Mahmut Nedim DORAL,<sup>2</sup> Gürsel LEBLEBİCİOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu;

<sup>2</sup>Hacettepe Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

**Amaç:** Patellofemoral ağrısı olan hastalarda yumuşak doku gerginlikleri, kas kuvveti ve ağrıyı artıran aktiviteleri incelemek.

**Çalışma planı:** Patellofemoral ağrılı 142 hastanın (82 kadın, 60 erkek; yaş ort. 35.52±9.84; yaş dağılımı 15-45) toplam 172 dizinde iliotibial band, hamstring, rektus femoris ve gastro-soleus esnekliği test edildi. Kuadriseps ve hamstring kuvveti, Lowett'in kas testi yöntemi ile ölçüldü. Ağrı şiddeti görsel analog skala ile değerlendirildi. Ağrıyı artıran aktiviteler incelendi; ağrı süresi ile ağrı şiddeti ve kas kuvveti arasındaki ilişki araştırıldı. İstatistiksel analizler Student-t testi ve Pearson korelasyon katsayısı kullanılarak yapıldı.

**Sonuçlar:** Yüz yetmiş iki dizin %73.8'inde hamstring, %47.6'sında iliotibial band, %26.7'sinde rektus femoris, %13.9'unda ise gastro-soleus gerginliğine rastlandı. Kuadriseps ve hamstring kasları, asemptomatik dize göre anlamlı oranda zayıf bulundu ( $p<0.05$ ). Hastaların %61.2'sinde çömelme ağrısı en çok artıran aktivite idi. Ağrı şiddeti ile ağrı süresi arasında pozitif bir ilişki saptandı ( $p<0.05$ ).

**Çıkarımlar:** Patellofemoral ağrılı hastalarda diz çevresi yumuşak doku gerginliklerinin ve kas zayıflığının yüksek oranda olduğu görüldü. Elde edilen verilerin, rehabilitasyon programlarının düzenlenmesinde yararlı olacağı kanısına varıldı.

**Anahtar sözcükler:** Biyomekanikler; diz eklemi/fizyopatoloji; femur; patella/yaralanma; kaslar/fizyopatoloji; diz yaralanmaları/tanı; eklem hastalıkları/rehabilitasyon; ağrı/fizyopatoloji/terapi/rehabilitasyon; fizik tedavi/yöntem.

**Objectives:** To investigate soft tissue tightness, muscle strength and activities giving rise to pain in patients with patellofemoral pain.

**Methods:** Tightness of the iliotibial band, hamstring, rectus femoris and gastro-soleus was tested in 172 knees of 142 patients (82 females, 60 males; mean age 35.52±9.84 years; range 15-45 years). The strength of the quadriceps and hamstring was tested using the Lowett's method. Severity of pain was evaluated using visual analogue scale. Activities provoking pain were investigated and the correlation between intensity and duration of pain and muscle strength was evaluated. Statistical analysis were made using Student' t-test and the Pearson correlation coefficient.

**Results:** Muscle tightness documented in 172 knees was located in the hamstring (73.8%), iliotibial band (47.6%), rectus femoris (26.7%) and gastro-soleus (13.9%) muscles. Compared with asymptomatic contralateral knees, significant weakness was found in the quadriceps and hamstring muscles ( $p<0.05$ ). The major pain provoking activity was squatting in 61.2%. A positive correlation was found between intensity and duration of pain ( $p<0.05$ ).

**Conclusion:** The results showed a high incidence of soft tissue tightness and muscle weakness in patients with patellofemoral pain. These data may be instrumental in designing rehabilitation programs for these patients.

**Key words:** Biomechanics; knee joint/physiopathology; femur; patella/injuries; muscles/physiopathology; knee injuries/diagnosis; joint diseases/rehabilitation; pain/physiopathology/therapy/rehabilitation; physical therapy/methods.

Patellofemoral ağrı, ortopedi kliniklerinde en sık karşılaşılan ve tedavisi en zor olan sorunlardan biridir.<sup>[1,2]</sup> Devereaux ve Lachmann,<sup>[3]</sup> spor yaralanmaları kliniklerinde değerlendirilen tüm dizlerin %25'ine patellofemoral ağrı tanısı konduğunu belirtirken, McConnell,<sup>[4]</sup> patellofemoral ağrının, genel nüfusun 1/4'ünü etkilediğini ileri sürmüştür.

Patellofemoral ağrı sendromunun temel etyoloji ve patogenezi kesin olarak bilinmemekle birlikte, birçok hazırlayıcı etken üzerinde durulmaktadır. Bunlar akut travma, diz bağ yaralanmaları ve cerrahisi, instabilite, aşırı kullanım, hareketsizlik, aşırı kilo, genetik yatkınlık, diz ekstansör mekanizmasındaki yetersizlik, konjenital patella anomalileri, kronik synovitis, tekrarlayıcı eklem içi kanama ve enfeksiyonlarıdır.<sup>[5-8]</sup>

Patellofemoral ağrıların rehabilitasyonunda, bozukluğa neden olan faktörlerin ve fonksiyonel yetersizliklerin iyi belirlenmesi gerekir. Bu nedenle, tedavi ekibi altta yatan anatomik, fizyolojik faktörler ve hastanın yaşam stiline ait genel veriler hakkında bilgilendirilmelidir. Literatürde patellofemoral ağrı sendromunu hazırlayan birincil yapısal faktörler (patellar displazi, hipoplazi, patella alta, v.b.) ve ikincil yapısal faktörler (Q açısı ve femoral anteversiyonda artma, eksternal tibial torsiyon, genu valgum, genu rekurvatum, v.b.) ile yapısal olmayan faktörleri (hamstring, iliotibial band gibi yumuşak doku gerginlikleri, kas kuvvet dengesizlikleri) inceleyen çok çeşitli çalışmalara rastlanmaktadır.<sup>[1,2,9-11]</sup> Konservatif tedavide ise kuadriseps kas kuvvet dengesizliklerinin ve yumuşak doku gerginliklerinin ortadan kaldırılmasına yönelik egzersiz rejimleri ve ağrıyı artıran aktiviteler konusunda hastanın eğitilmesi en çok kabul gören yaklaşımlar olmasına karşın, patellofemoral ağrılı kişilerde bu değişkenlerin oranına ait temel verilerde eksiklik gözlenmektedir.

Bu çalışmanın amacı, patellofemoral ağrısı olan hastalarda kuadriseps ve hamstring kas kuvvetleri, hamstring, iliotibial band, rektus femoris ve gastrosoleus kas gerginliklerinin oranını saptamak, ayrıca ağrı şiddeti ve ağrıyı artıran aktiviteleri belirleyerek bu hastaların rehabilitasyon stratejilerinde ağırlık kazanması gereken noktaları aydınlatmaktır.

## Hastalar ve yöntem

Çalışmaya Hacettepe Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'nda patellofemoral ağrı sendro-

mu tanısı konan 142 olgu alındı. Klinik muayenede diz bağları ve meniskus yırtıkları, bursitis, synovial pлика ve patellar tendinitise ait pozitif bulgular gösteren hastalar değerlendirmeye alınmadı. Ayrıca, hastaların 15-45 yaş arasında olmalarına, toplam ağrı sürelerinin iki ayın üzerinde olmasına, diz röntgenlerinde osteoartrit ve osteokondrit dissekansa ait bulguların olmamasına ve daha önce rehabilite edilmiş olmalarına dikkat edildi. Olguların tümünde sıçrama, koşma, çömelme, merdiven inip çıkma gibi fiziksel aktiviteler sırasında retropatellar ağrı ve krepatasyon gibi karakteristik patellofemoral ağrı semptomları bulunmuş, ayrıca patellar kompresyon, öğütme testlerinin pozitif olduğu saptanmıştır.

Değerlendirme yöntemleri: Patellofemoral ağrı yakınması olan 142 hasta ile tek tek görüşülerek ağrının şiddeti, süresi, ağrıyı artıran aktiviteler ve meslekleri soruldu.

Ağrı şiddeti, görsel analog skala (GAS) kullanılarak 0 ile 10 arasında değerlendirildi.<sup>[12]</sup> Ağrıyı artıran aktivitelerin bir kısmı (merdiven inme, çıkma, çömelme, yokuş inme, çıkma, koşma ve rotasyonel aktiviteler) klinik ortamında test edildi; diğerleri ise (uzun süre yürüme, ayakta durma ve oturma) hastalara geçmişe yönelik deneyimleri sorularak değerlendirildi.

Vücut ağırlığının normalden fazla olmasının patellofemoral ağrıyı artıran faktörler arasında sayılması nedeniyle, olguların vücut ağırlıkları (kg) ve boy uzunlukları (cm) ölçüldü. Bu veriler ile her iki cins için ayrı ayrı vücut kitle indeksi (VKİ) saptandı ve literatürde bildirilen normal değerler ile karşılaştırıldı.<sup>[13]</sup>

Yumuşak doku gerginliklerinin değerlendirilmesi: İliotibial band esnekliğinin değerlendirilmesinde Ober testi kullanıldı.<sup>[14]</sup> Test edilecek bacak üstte kalacak şekilde hasta yan yatırılıp, kalça ekstansiyon ve adduksiyona getirildikten sonra kendisinden 90° diz fleksiyonu istendi; bunu başaramayan hastalarda test sonucu pozitif kabul edildi.

Hamstring esnekliğinin değerlendirilmesi için sırtüstü yatışta, kalça 80° fleksiyona getirildiğinde düz bacak kaldırma pozisyonu korunamıyorsa, hamstring kasları gergin olarak nitelendirildi.

Gastrosoleus esnekliğinin değerlendirilmesinde, diz ekstansiyonda iken ayak bileği pasif olarak dor-sifleksiyona getirilmiş, nötral pozisyona (90°) ulaşamayan durumlarda test pozitif olarak kabul edildi.

Rektus femoris gerginliğinin değerlendirilmesi için hasta yüzükoyun yatırıldı. Bu pozisyonda pasif diz fleksiyonu tamamlanamadığında, rektus femoris kası gerginlik testi pozitif kabul edildi.

Kas kuvvetinin değerlendirilmesi: Kuadriseps ve hamstring kas gruplarının kuvvetleri, Lovett'in kas testi yöntemi ile 0 ve 5 arasında değerlendirildi.<sup>[14]</sup>

İstatistiksel analiz: Tek taraflı patellofemoral ağrı semptomu olan hastalarda kuadriseps ve hamstring kas kuvvetleri, asemptomatik olan diğer alt ekstremiteler ile karşılaştırıldı. Bu verilerin analizinde bağımsız örneklerde Student t-testi kullanıldı. Patellofemoral ağrı semptomlarının süresi ile ağrı şiddeti, kas kuvveti ile ağrı şiddeti, kas kuvveti ile semptom süresi arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon analizi ile incelendi. İstatistiksel analizler "SPSS 8.0 for Windows" istatistiksel paket programı ile yapıldı.

## Sonuçlar

Çalışmaya alınan 142 olgunun 82'si kadın (%57.74), 60'ı erkekti (%42.2). Olguların yaş ortalaması  $35.52 \pm 9.84$  (dağılım 15-45 yaş) idi. Elli yedi olguda sağ, 55 olguda sol dizde patellofemoral ağrı semptomlarına rastlanırken, 30 olgunun şikayetleri iki taraflı idi (toplam 172 diz). Olguların 82'si sedanter, 52'si aktif çalışan, sekizi sporcu idi.

Patellofemoral ağrısı olan olgularda, semptom süresi ortalaması  $8.9 \pm 13.96$  ay bulundu. Bu olguların GAS ile değerlendirilen ağrı şiddet ortalaması  $7.29 \pm 2.30$  idi.

Kadın ve erkek hastalarda VKİ ortalamaları sırasıyla  $25.80 \pm 4.98$  kg/m<sup>2</sup> ve  $24.53 \pm 3.80$  kg/m<sup>2</sup> saptandı. Tüm olguların VKİ ortalaması ise  $25.26 \pm 4.57$  kg/m<sup>2</sup> idi.

Patellofemoral ağrısı artıran aktiviteler arasında çömelme (%61.22) ve merdiven çıkmanın (%59.85) ağrısı başlatan en yaygın aktiviteler olduğu, bunu merdiven inme ve diğer aktivitelerin izlediği saptandı (Tablo 1).

Yumuşak doku esneklik testlerinden elde edilen sonuçlar, hamstring kas grubunun 172 dizden 127'sinde (%73.8) gergin olduğunu, bunu sırayla iliotibial band (%47.67), rektus femoris (%26.74) ve gastro-soleus (%13.95) gerginliğinin izlediğini gösterdi.

Tek taraflı patellofemoral ağrısı olan 112 hastada, asemptomatik taraftaki kuadriseps kas kuvvetinin

**Tablo 1.** Patellofemoral ağrısı olan hastalarda ağrısı artıran aktivitelerin dağılımı (n=142)

Aktivite	Yüzde
Çömelme	61.22
Merdiven çıkma	59.85
Merdiven inme	57.04
Uzun mesafe yürüme	21.83
Uzun süre ayakta kalma	9.15
Yokuş inme	6.33
Yokuş çıkma	5.63
Uzun süre oturma	4.92
Koşma	4.22
Rotasyonel hareketler	4.22

( $4.43 \pm 0.62$ ), asemptomatik karşı dize ( $4.88 \pm 0.32$ ) göre anlamlı oranda zayıf olduğu saptandı ( $t = -6.72$ ,  $p < 0.05$ ). Aynı şekilde, hamstring kas kuvveti, asemptomatik dizde ( $4.66 \pm 0.52$  vs  $4.86 \pm 0.31$ ) anlamlı oranda zayıf bulundu ( $t = -3.44$ ,  $p < 0.05$ ).

Ağrı şiddeti ile ağrı süresi arasında pozitif bir ilişki gözlemlendi ( $p < 0.05$ ). Kas kuvveti ile ağrı şiddeti, kas kuvveti ile semptom süresi arasında ilişki bulunamadı ( $p > 0.05$ ) (Tablo 2).

## Tartışma

Patellofemoral ağrı sendromunun nedenleri arasında pek çok faktör sayılmaktaysa da patella konumunun majör etken olduğu düşünülmektedir.<sup>[15-18]</sup> Alt ekstremitenin kemik dizilimindeki bozukluk ile statik ve dinamik yumuşak doku gerginlikleri, patellar konumun normalden sapmasında başlıca etkenlerdir. Patellar konum bozukluğu, patellofemoral eklemde dinamik ve statik engellenmeyle birlikte patellar hareketliliğinin bozulmasına yol açar.<sup>[15-18]</sup>

**Tablo 2.** Patellofemoral olgularda ağrı şiddeti, ağrı süresi ve kas kuvveti arasındaki ilişki

	r	p
Ağrı şiddeti - ağrı süresi	0.204	< 0.05
Kuadriseps kas kuvveti - ağrı şiddeti	-0.174	> 0.05
Kuadriseps kas kuvveti - ağrı süresi	-0.0142	> 0.05
Hamstring kas kuvveti - ağrı şiddeti	-0.079	> 0.05
Hamstring kas kuvveti - ağrı süresi	0.062	> 0.05

Bu çalışmada, patellofemoral ağrılı hastalarda kas kuvveti ve yumuşak doku gerginliklerinin niteliği ve niceliği araştırılarak rehabilitasyon programında ağırlık kazanması gereken noktalar aydınlatılmaya çalışılmıştır.

Çalışmamızda, patellofemoral ağrı nedeniyle incelenen 172 dizin 82'sinde (%47.6) iliotibial bandın gergin olduğu saptanmıştır. Gergin lateral retinakulum ve iliotibial band, patellanın laterale çekilmesi ve eğilmesine neden olarak medial retinakulumda zayıflık ve gevşekliğe yol açabilir.<sup>[19]</sup> İliotibial band kısalığı olan bir kişide, yürümenin duruş fazında kalçada aşırı bir iç rotasyon meydana gelir. Bu durum, karşı pelviste düşmeye ve Trendelenburg görünümüne neden olur. Meydana gelen pelvik moment, dinamik Q açısını artırarak patellar hareketlilikte bozulma ile birlikte patellofemoral ağrı potansiyelini artırır.<sup>[20]</sup>

Patellofemoral ağrı sendromlu 172 dizin 127'sinde (%73.8) hamstring, 24'ünde ise (%13.9) gastrosoleus kas gruplarının gergin olduğu saptanmıştır. Bu kasların esnekliğinde azalma, dinamik Q açısında ve patellofemoral kompresyonda artışla sonuçlanan bir olaylar dizisine neden olur. Diz fleksiyonundaki artış, beraberinde dorsifleksiyondaki bir artışı da gerektirir. Dorsifleksiyon tamamen talokrural eklemden oluşan bir harekettir. Aşırı dorsifleksiyon için gereken açı ise özellikle subtalar eklemden ayağın pronasyona getirilmesiyle sağlanır. Bu değişiklikler, patellar hareketlilikte, patellar yer değiştirmede ve patellofemoral eklem reaksiyon kuvvetlerinde artışa neden olur.<sup>[21,22]</sup>

Çalışmamızda incelenen 172 dizde rektus femoris gerginliğinin oranı %26.74'tür. Kısalmış bir rektus femoris, diz büküldükçe, patellanın troklea üzerindeki hareketine tam olarak izin vermeyebilir; özellikle de kalça ekstansiyonda iken patellar hareket daha da kısıtlanır.<sup>[23]</sup>

Patellar konum bozukluğu ve instabilite ile birlikte olan patellofemoral ağrılar, genellikle cerrahi tedavi gerektirmektedir. Bunun dışında, patellofemoral ağrılı hastaların çoğunda yumuşak doku gerginlikleri erken dönemde uygulanan koruyucu rehabilitasyon yaklaşımları ile önenebilir.

Çalışmamızda, tek taraflı patellofemoral ağrısı olan 112 hastada kuadriseps kas kuvveti, asemptomatik tarafa göre anlamlı oranda düşük bulunmuş-

tur. Patellofemoral ağrıyı hazırlayan faktörlerden birinin de kuadriseps kasındaki kuvvet dengesizliği olduğu ileri sürülmektedir. Özellikle de vastus medialis oblikus (VMO) zayıflığında, patellanın daha kuvvetli olan vastus lateralis (VL) tarafından laterale doğru çekilmesinin, lateral patellar sublüksasyonun en büyük nedeni olduğu kabul edilmektedir.<sup>[24-26]</sup> Bu nedenle, rehabilitasyon programlarının çoğunda VMO'nun kuvvetlendirilmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Ancak Spencer ve ark.,<sup>[27]</sup> seçici VMO zayıflığını kabul etmemişler ve eklem efüzyonunun kuadrisepte bir bütün olarak kuvvet kaybına neden olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bunu destekleyen daha yeni bir çalışmada ise, patellofemoral ağrısı olan hastalarda, yürüme sırasında kuadriseps gruplarının tümündeki katılımın aynı oranda azaldığı gösterilmiştir.<sup>[28]</sup> Çalışmamızda, semptomatik kuadriseps kası bir bütün olarak Lovett'in kas testi yöntemi ile değerlendirildiğinde, asemptomatik dizlere göre daha zayıf bulunmuştur. Patellofemoral ağrılı hastalarda VMO'nun diğer vastuslardan bağımsız olarak kuvvetlendirilebildiğine ilişkin yeterli kanıt bulunmamaktadır.<sup>[29]</sup> Bu nedenle, patellofemoral ağrı tedavisini amaçlayan rehabilitasyon programları, tüm kuadrisepsin kuvvetlendirilmesine yönelik egzersizleri içermelidir. Ayrıca, patellofemoral ağrının önlenmesinde birincil rolü olmasa da, bu hastalarda zayıf bulunan hamstring kas grubunun da egzersiz programına dahil edilmesi yararlı olacaktır.

Patellofemoral eklem reaksiyon kuvvetindeki (PFERK) artışın patellofemoral semptomları alevlendirdiği bilinmektedir. Patellofemoral eklem reaksiyon kuvveti, çeşitli aktiviteler sırasında ve vücut ağırlığı arttıkça, artış gösterir.<sup>[30,31]</sup> Bu nedenle çalışmamızda, hastaların VKİ'leri hesaplanarak, obez olup olmadıkları araştırılmış; ayrıca ağrıyı artıran aktivitelerin dağılımı incelenmiştir. Olguların VKİ ortalaması  $25.26 \pm 4.57 \text{ kg/m}^2$  bulundu. Bu değer, yetişkin kadın ve erkekler için birinci derecede obezite olarak nitelendirilen ve sağlık risklerinin başladığı  $25-26.9 \text{ kg/m}^2$  lik aralık içine girmektedir.<sup>[13]</sup>

Patellofemoral eklem reaksiyon kuvvetinin diz fleksiyonu gerektiren bazı aktivitelerle arttığı; bu oranın, düz zeminde yürüme sırasında vücut ağırlığının iki katına; merdiven inip-çıkarken 3-4 katına; çömelme sırasında ise 7-8 katına çıktığı daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir.<sup>[30,31]</sup> Çalışmamızda ise, 142 hastada en fazla zorlanılan aktivite (%61.2) vü-

cut ağırlığına karşı diz fleksiyonu gerektiren çömelmedir. Bunu merdiven ve yokuş inme-çıkma gibi aktiviteler izlemektedir. Vücut ağırlığına karşı daha az diz fleksiyonu gerektiren aktivitelerden yakınma oranı ise daha düşüktür (Tablo1). Bu bulgular, bu hastaların rehabilitasyonunda daha çok dar açılı kuadriseps aktiviteleri, düz bacak kaldırma egzersizleri üzerinde durulması, vücut ağırlığının bindiği pozisyonlarda yapılan ve diz fleksiyonu gerektiren aktivitelerden kaçınılması gerekliliğini desteklemektedir.

Çalışmada dikkati çeken bir diğer sonuç da, semptomlardan uzun süredir yakınan hastalarda, GAS ile belirlenen ağrı şiddetinin daha yüksek olmasıdır. Ancak kuadriseps ve hamstring kas gruplarındaki kuvvet kaybının miktarı ile ağrı şiddeti ve semptom süresi arasında herhangi bir ilişki bulunmamıştır.

Çalışmamızda, patellofemoral ağrılı hastalarda yüksek oranda bulunan yumuşak doku gerginlikleri ve kas kuvvet kayıplarının önlenmesine yönelik egzersiz programlarının gerekliliği ortaya çıkmıştır. Ayrıca, obezitenin önlenmesi ve fonksiyonel aktivitelerin yeniden düzenlenmesi ile patellofemoral eklem reaksiyon kuvvetlerinin azaltılması da patellofemoral şikayetlerin tedavisinde dikkate alınması gereken noktalar dır.

## Kaynaklar

1. Arroll B, Ellis-Pegler E, Edwards A, Sutcliffe G. Patellofemoral pain syndrome. A critical review of the clinical trials on nonoperative therapy. *Am J Sports Med* 1997;25:207-12.
2. Cox JS. Patellofemoral problems in runners. *Clin Sports Med* 1985;4:699-715.
3. Devereaux MD, Lachmann SM. Patello-femoral arthralgia in athletes attending a Sports Injury Clinic. *Br J Sports Med* 1984;18:18-21.
4. McConnel J. The management of chondromalacia patellae: a long term solution. *Aust J Physiother* 1986;32:215-23.
5. Chrisman OD. The role of articular cartilage in patellofemoral pain. *Orthop Clin North Am* 1986;17:231-4.
6. Insall J. "Chondromalacia patellae": patellar malalignment syndrome. *Orthop Clin North Am* 1979;10:117-27.
7. Kujala UM, Jaakkola LH, Koskinen SK, Taimela S, Hurme M, Nelimarkka O. Scoring of patellofemoral disorders. *Arthroscopy* 1993;9:159-63.
8. Sachs RA, Daniel DM, Stone ML, Garfein RF. Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1989;17:760-5.
9. Boucher JP, King MA, Lefebvre R, Pepin A. Quadriceps femoris muscle activity in patellofemoral pain syndrome. *Am J Sports Med* 1992;20:527-32.
10. Karst GM, Willett 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;75:813-23.
11. Klingman RE, Liaos SM, Hardin KM. The effect of subtalar joint posting on patellar glide position in subjects with excessive rearfoot pronation. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997; 25:185-91.
12. Browsher D. Acute and chronic pain and assessment. In: Wells PE, Frompton V, Browsher D, editors. *Pain management in physical therapy*. California: Appleton and Lampe; 1998. p. 14-5.
13. Jéquier E. Energy, obesity and body weight standards [panel summary statements]. *Am J Clin Nutr* 1987;45:1035-47.
14. Kendall FP, McCreary EK. *Muscle testing and function*. Baltimore: Williams and Wilkins; 1982.
15. Aglietti P, Insall JN, Cerulli G. Patellar pain and incongruence. I: Measurements of incongruence. *Clin Orthop* 1983; (176):217-24.
16. Grana WA, Kriegshauser LA. Scientific basis of extensor mechanism disorders. *Clin Sports Med* 1985;4:247-57.
17. Kramer PG. Patella malalignment syndrome: rationale to reduce excessive lateral pressure. *J Orthop Sports Phys Ther* 1986;8:301-8.
18. Lyon L, Benzl L, Johnson K. Q angle: a factor peak torque occurrence in isokinetic knee extension. *J Orthop Sports Phys Ther* 1988;9:250-3.
19. Larson RL, Cabaud HE, Slocum DB, James SL, Keenan T, Hutchinson T. The patellar compression syndrome: surgical treatment by lateral retinacular release. *Clin Orthop* 1978; (134):158-67.
20. Kettelkamp DB. Management of patellar malalignment. *J Bone Joint Surg [Am]* 1981;63:1344-8.
21. Root M, Orien W, Weed J. *Clinical biomechanics*. Los Angeles: Clinical Biomechanics Corporation; 1977.
22. Tiberio D. The effect of excessive subtalar joint pronation on patellofemoral mechanics: a theoretical model. *J Orthop Sports Phys Ther* 1987;9:160-5.
23. McConnel J, Fulherson J. The knee: patellofemoral and soft tissue injuries. In: Zachazewski JE, Magee DE, editors. *Athletic injuries and rehabilitation*. Philadelphia: WB Saunders; 1996. p. 703.
24. Lieb FJ, Perry J. Quadriceps function. An anatomical and mechanical study using amputated limbs. *J Bone Joint Surg [Am]* 1968;50:1535-48.
25. Mariani PP, Caruso I. An electromyographic investigation of subluxation of the patella. *J Bone Joint Surg [Br]* 1979;61: 169-71.
26. Wise HH, Fiebert IM, Kates JL. EMG biofeedback as treatment for patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther* 1984;6:95-103.
27. Spencer JD, Hayes KC, Alexander IJ. Knee joint effusion and quadriceps reflex inhibition in man. *Arch Phys Med Rehabil* 1984;65:171-7.
28. 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; 76:946-55; 956-67.
29. Powers CM. Rehabilitation of patellofemoral joint disorders: a critical review. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;28:345-54.
30. Matthews LS, Sonstegard DA, Henke JA. Load bearing characteristics of the patello-femoral joint. *Acta Orthop Scand* 1977;48:511-6.
31. Reilly DT, Martens M. Experimental analysis of the quadriceps muscle force and patello-femoral joint reaction force for various activities. *Acta Orthop Scand* 1972;43:126-37.