

Sağlıklı Kişilerde ve Diz Osteoartritli Hastalarda Proprioepsiyon Duyusunun Karşılaştırılması

Comparison of the Sensation of Proprioception Between Healthy Persons and Patients with Knee Osteoarthritis

Demirhan DIRAÇOĞLU, Resa AYDIN, Akın BAŞKENT

Istanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, İstanbul

Özet

Amaç: Bu çalışmanın amacı dizde osteoartrit (OA) tanısı konan hastalarla, aynı yaş grubundaki sağlıklı kişileri proprioepsiyon duyu düzeyi açısından karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya evre I ve II primer diz OA'sı bulunan 29 kadın hasta ile 20 sağlıklı kadın alındı. Proprioepsiyon duyu ölçümleri her iki diz ekleminde reproduksiyon yöntemi kullanılarak 10 ayrı açıda yapıldı. Proprioseptif duyu düzeyi ile ters orantılı olan Ortalama Mutlak Açısal Hata (OMAH) değerleri hesaplandı.

Bulgular: OA'lı hasta ve kontrol grubu arasında yaş ve vücut kitle indeksi (VKİ) açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p>0,05$). Proprioepsiyon ölçüm sonucuna göre, sağ dizde OMAH değerleri OA'lı hasta grubunda kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksekti ($p<0,05$). Sol dizde de hasta grubunda, kontrol grubuna göre OMAH daha yüksek olmakla birlikte, fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p=0,154$). Sağ ve sol diz arasında OMAH değeri açısından orta derecede pozitif anlamlı korelasyon vardı ($p<0,01$, $r=0,61$).

Sonuç: Aynı yaş ve VKİ'ye sahip kontrollerle karşılaştırıldığında, diz OA'lı hastalarda proprioseptif duyu keskinliği azalmıştır. Ancak bu farklılık, sadece dominant bacakta istatistiksel olarak anlamlıdır. Dolayısıyla diz OA'sında proprioseptif duyu bozukluğunun öncelikle dominant bacağı etkilediği düşünülmüştür. *Türk Fiz Tıp Rehab Derg 2005;51(3):90-93*

Anahtar Kelimeler: Osteoartrit, diz, proprioepsiyon

Summary

Objective: The aim of this study was to compare patients diagnosed as having knee osteoarthritis (OA) with healthy people of the same age group with respect to the level of proprioceptive sense.

Materials and Methods: Twenty-nine female patients with stage I and II primary OA and 20 healthy female subjects were included in the study. Measurements of the sensation of proprioception were carried out in both knee joints at 10 separate angles using the reproduction method. The Average Absolute Angular Error (AAAE) values that were inversely proportional to the level of proprioceptive sense were calculated.

Results: There was no statistically significant difference between the patient group with OA and the control group with respect to age and body mass index (BMI) ($p>0,05$). According to the proprioception measurement result, the AAAE values for the right knee were significantly higher in the patient group with OA compared to the control group ($p<0,05$). Although the AAAE values in the left knee were also higher in the patient group than in the control group, the difference was not statistically significant ($p=0,154$). There was a moderately positive significant correlation between the right and left knee with respect to AAAE value ($p<0,01$, $r=0,61$).

Conclusion: Compared with control subjects of the same age and BMI, proprioceptive sense acuity is decreased in patients with knee OA. However, this difference is statistically significant only in the dominant leg. Therefore, this finding suggests that in knee OA proprioceptive sense impairment primarily affects the dominant leg. *Turk J Phys Med Rehab, 2005;51(3):90-93*

Key Words: Osteoarthritis, knee, proprioception

Giriş

Ortalama yaşam süresinin uzamasıyla birlikte ileri yaşlarda daha sık görülen osteoartrit (OA) ve benzeri hastalıklar, hem tıbbi hem de ekonomik açıdan çok daha önemli hale gelmektedir (1). OA kas-iskelet

sisteminin en sık görülen hastalığıdır (2). 75 yaş üzerindeki kişilerin ise %80'inde OA'nın klinik bulgularına rastlanmaktadır (3). Özellikle yaşlı insanlarda olmak üzere sakatlığın önde gelen nedenlerinden biridir. Amerika Birleşik Devletleri'nde 50 yaşın üzerindeki erkeklerde iskemik kalp hastalıklarından sonra iş gücü kaybının ikinci en sık nedenidir

ve tedavisi yıllık harcama açısından romatoid artritiden 7 kat daha masraflıdır (4,5).

OA, Amerikan Romatoloji Derneği (American College of Rheumatology (ACR)) tarafından, "eklem kırıkdağının bozulmuş yapılması nedeniyle eklem semptomlarına yol açan, ilave olarak eklem kenarlarındaki kemiklerde değişiklikler yaratan durumların heterojen bir grubu" olarak tanımlanmaktadır (6).

Radyolojik olarak OA'nın en sık görüldüğü eklem, başta distal interfalangial (DİF) eklemler olmak üzere el eklemleri olmasına karşılık, semptomatik olarak en sık tutulan diz eklemidir (7).

OA gelişiminde ileri yaş, kadın cinsiyeti, aile öyküsü, etnik kimlik, konjenital anomaliler, obezite ve hiper mobilité gibi risk faktörlerinin yanında travmatik etkenler ve mesleki aşırı kullanım gibi mekanik faktörlerin rol oynadığı bilinmektedir (8-10).

Proprioepsiyon; eklemler ve bunları saran dokularda bulunan reseptörler aracılığıyla oluşan nöral inputlarla sağlanan eklem ve ekstremitenin pozisyon algısıdır (11). Ya da daha basitçe, "vücut bölümlerinin uzaydaki konumundan bilinç ve bilinçdışı düzeyde haberdar olma yeteneği" şeklinde tanımlanabilir (12,13). Proprioseptif duyu eklem stabilitesinin sağlanmasında ve sürdürülmesinde önemli rol oynamaktadır (14,15). Proprioseptif bilginin üç ana kaynağı olan mekanik, vestibüler ve vizüel veriler afferent yollarla merkezi sinir sisteminin üç kontrol kademesinde yani spinal kord, beyin sapı ve beyin korteksinde değerlendirildikten sonra, efferent yollarla geri döner ve hareket sisteminde uygun motor yanıtın oluşmasını sağlar (16).

Diz eklemine proprioepsiyon kaslar, tendonlar, eklem kapsülü, krusiat ve kollateral ligamanlar, menisküsler, menisküs bağları ve derideki reseptörlerden gelen afferent sinyallerin entegrasyonundan kaynaklanmaktadır (15).

Proprioseptif duyunun yetersiz ya da bozuk olmasının, fonksiyonel olarak yürüme hızında azalma, adım uzunluğunda kısalma, total yürüme süresinde azalma ve yürüyüş ritminde bozulma ile birlikteliği gösterilmiştir (17,18).

Bu çalışmanın amacı, diz OA'lı hastalarda proprioepsiyon duyu düzeyinin aynı yaş grubundaki sağlıklı kişilerle karşılaştırılmasıdır.

Gereç ve Yöntem

Bu amaçla çalışmaya polikliniğe başvuran, ACR kriterlerine göre primer diz OA'sı tanısı konan ve Kellgren-Lawrence skalasına göre evre I ve II' de bulunan 29 kadın hasta ve 20 sağlıklı kadın alındı (19,20).

Çalışmaya sekonder OA'ya neden olabilecek hastalığı bulunan hastalar ile aktif sinoviti bulunan, son 6 ay içinde ciddi diz travması ya da cerrahi operasyon geçiren, diz eklemine artroskopi uygulanan ya da intraartiküler steroid ve hyalüronik asit enjeksiyonu yapılan hastalar ile eşlik eden romatolojik ve vestibüler hastalığı olan hastalar ve daha önce profesyonel olarak spor yapmış ya da hiper mobilitesi bulunan hastalar dahil edilmedi.

Hastalara ve kontrol grubunda yer alan kişilere çalışma hakkında yazılı ve sözlü olarak bilgi verildi ve onayları alındı.

Proprioepsiyon Ölçümü

Proprioepsiyon duyusunun değerlendirilmesi amacıyla pek çok değişik test öne sürülmüştür. Bu testler arasında eklem pozisyon duyusunu değerlendiren reproduksiyon testleri (15,21), kinestezi duyusunu ölçen eşik testleri (22) ile hamstring refleks kontraksiyon latansı ölçümü (23) sayılabilir. Bu çalışmada, eklem pozisyon duyusunu değerlendiren reproduksiyon testlerinden, oturur pozisyonda pasif-aktif yöntem kullanılmıştır. Beynnon ve ark. (16) tarafından bu yöntemin proprioepsiyonu değerlendirmede geçerliliği ve tekrarlanabilirliği gösterilmiştir. Proprioepsiyon duyusunun ölçümü için kullanılan düzende Biodex System 3 Pro Multijoint System® izokinetik dinamometresinden (Biodex Medical Inc, Shirley/NY, USA) yararlanılmıştır (Resim 1). Hasta ve kontrol grubundaki deneklerden 20°-60° arasında pasif olarak 5 saniye süreyle konumlandırılan 10 sabit diz fleksiyon açı-

ları tekrar oluşturmaları istenmiştir (Şekil 1). Bu işlem birer gün arayla üç kez tekrar edilerek her açı için bu üç günün ortalaması alınmıştır. Test sırasında ortamın sessiz, sabit sıcaklıkta olmasına dikkat edilmiş, deneklerin gözleri kapalı tutulmuştur.

Her açı için "mutlak açılma hata" değeri elde edilmiş, daha sonra 10 ayrı açı için elde edilen "mutlak açılma hata" değerlerinin ortalaması olan "ortalama mutlak açılma hata (OMAH)" değeri hesaplanmıştır. OMAH değeri proprioseptif duyu keskinliği ile ters orantılıdır.

Veri Analizi

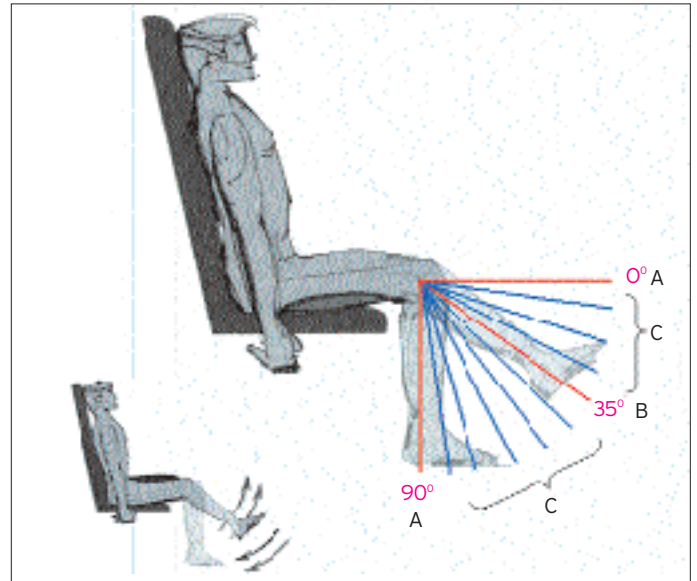
İstatistiksel analiz için SPSS bilgisayar programının 11.0 versiyonu kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerde Student-t testi ve Pearson korelasyon katsayısı kullanılmış, anlamlılık düzeyi <0,05 olarak kabul edilmiştir.

Bulgular

OA'lı hasta grubunun yaş ortalaması 51,68±7,9 yıl, kontrol grubunun yaş ortalaması ise 48,25±6,3 yıl idi. Aynı şekilde OA'lı hasta gru-



Resim 1: Diz eklemine proprioepsiyon ölçüm düzeneği (Biodex 3 Pro Multijoint System® izokinetik dinamometresi)



Şekil 1: Proprioepsiyon ölçümünün şematik olarak gösterilmesi. A. Hareket sınırları, B. Başlangıç ve dinlenme açısı, C. Test açıları

bunda vücut kitle indeksi (VKİ) ortalaması $28,61 \pm 5,5$, kontrol grubunda ise $26,47 \pm 4,7$ olarak bulundu. Her iki grup arasında yaş ve VKİ açısından fark yoktu ($p < 0,05$, $p < 0,05$).

Hastaların % 51'i ev hanımı, %34,7'si emekli, %6,1'i memur, %4,1'i işçi, %4,1'i diğer mesleklerden idi.

OA'lı hasta grubunun %93,1'inde, kontrol grubunun ise %90'ında dominant taraf sağ idi. Hasta grubunda her hastada her iki diz de etkilenmiş olmakla birlikte %62 oranında ağırlıklı olarak etkilenen diz sağ idi.

Proprioepsiyon ölçümleri incelendiğinde, sağ dizde OMAH değerleri OA'lı hasta grubunda kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksekti ($p < 0,05$). Sol dizde de hasta grubunda, kontrol grubuna göre OMAH daha yüksek olmakla birlikte, fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p = 0,154$) (Tablo 1) (Grafik 1 ve 2).

Hasta ve kontrol gruplarında sağ ve sol diz arasında OMAH açısından orta derecede pozitif anlamlı korelasyon vardı ($p < 0,01$, $r = 0,617$). Aynı şekilde araştırılan tüm açılardaki mutlak açılal hata değerleri sağ ve sol dizde pozitif anlamlı korelasyon göstermekte idi ($p < 0,01$).

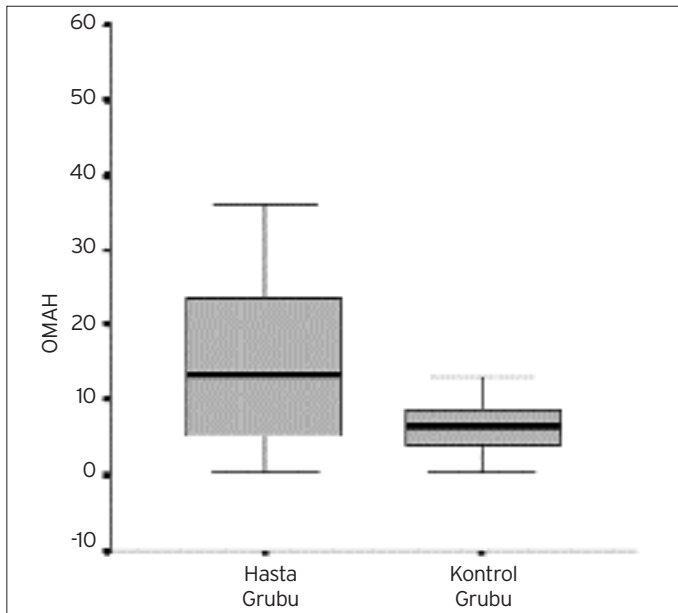
Tartışma

Bu araştırmada diz OA'lı bireylerde aynı yaş ve VKİ'ye sahip sağlıklı bireylere göre reproduksiyon yöntemi ile incelendiğinde proprioepsiyon duyusunun daha kötü olduğu gösterilmiştir.

Yapılan pek çok araştırmada yaşla birlikte proprioepsiyon duyusunun azaldığı gösterilmiştir (14,24,25). Bazı yazarlarca proprioseptif yetersizliğin yaşlanmanın doğal bir sonucu olduğu ileri sürülmüştür (26). Ancak farklı proprioepsiyon ölçüm yöntemlerinin kullanıldığı çeşitli araştırmalarda, OA'lı kişilerde aynı yaş grubundaki kontrollere göre proprioepsiyon duyusunun daha kötü olduğu gösterilmiştir (14,27,28). Buna göre proprioepsiyon kaybı yalnızca yaşlanma ile açıklanamaz. Petrella ve ark.'nın (29) yaptıkları bir çalışmada, aynı yaş

Tablo 1: Sağ ve sol alt ekstremitelerde OA'lı hasta ve kontrol gruplarında OMAH değerleri.

OMAH	OA'lı Hasta Grubu	Kontrol Grubu	p
Sağ Ekstremitede	15,95±12,8	6,78±4,7	<0,05
Sol Ekstremitede	14,51±11,0	10,63±5,5	>0,05



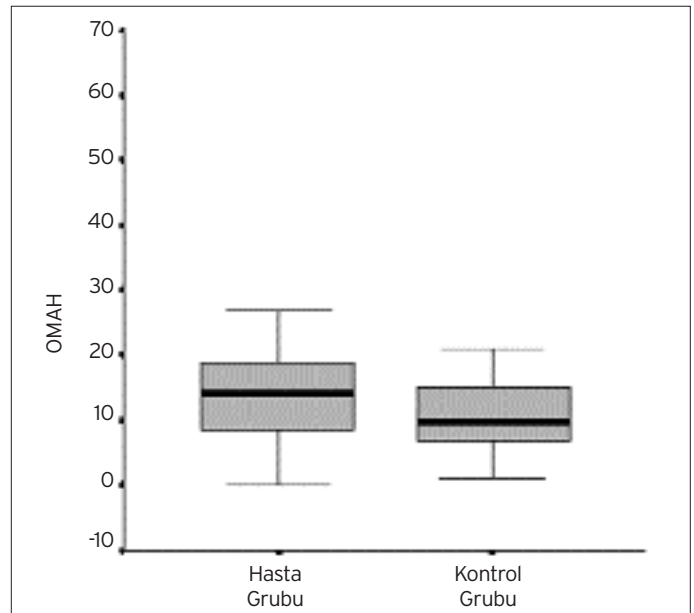
Grafik 1: OA'lı hasta ve kontrol gruplarında sağ alt ekstremitelerde OMAH değerlerinin dağılımı

grubundaki kişiler arasında, aktif yaşam sürenlerle daha sedanter yaşam sürenler arasında proprioseptif keskinlik açısından fark olduğu görülmektedir. 65 yaşın üzerindeki kişilerde önemli bir mortalite ve morbidite nedeni olan düşmenin önemli bir nedeni de proprioseptif bozukluktur.

OA'yla birlikte tesbit edilen proprioepsiyon bozukluğunun hastalığın sonucunda mı ortaya çıktığı ya da proprioepsiyon bozukluğunun mu OA'ya neden olduğu bilinmemektedir. Günlük yaşam aktiviteleri sırasında diz eklemi sayısız travmatik uyarıya ve tekrarlayan yüklenmelere maruz kalmaktadır. Eklem bu yıpratıcı etkilerden korunabilmesi ve vücut ağırlığının eklemde uygun dağılımının sağlanması için mükemmel bir eklem stabilitesine ihtiyacı vardır. Normalde bu stabilizasyon asıl olarak kemik geometrisi ve aktif kas kontraksiyonu ile sağlanır (14). Ligamanlar ve eklem kapsülü gibi yapılar da eklem hareketi sırasında stabilizasyona katkıda bulunmak üzere devreye girer (12). Hareket sırasında eklem ve çevresindeki bu yapılar mekanik olarak gerilir ve zorlanır. Bunun sonucunda uyarılan reseptörler merkezi sinir sistemine gönderdikleri afferent bilgi ile hareket ve pozisyonun bilinç düzeyinde algılanmasına yardım eder. Algılanan vücut pozisyonun gerektirdiği motor aktivasyon proprioseptif bilgi sayesinde uygun zamanlı ve eşgüdümlü olarak yapılabilir (18).

Proprioseptif sistemin yetersiz çalışması, nöromusküler kontrolün yeterli düzeyde yapılamamasına, koruyucu kas aktivitelerinin yerine getirilememesine ve eklem stabilizasyonunun bozulmasına neden olabilir (30). Bu durumda, eklem dışardan gelecek travmatik uyarılara karşı savunmasız durumda kalır. Eklem yapılarının artarak maruz kaldığı bu travma, proprioepsiyonun kaynağı olan mekanoreseptörlerin de yapısal olarak bozulmasına neden olacak, böylece proprioepsiyon daha da bozulacaktır (15) (Şekil 2). Bunun bir örneği olarak periferik duyuşal nöropatiye neden olabilen diyabet, lepra ya da tabes dorsalis gibi hastalıklar sonucunda ciddi bir artrit formu olan Charcot artropatisi gelişebilmektedir.

Diğer yandan diz eklemindeki bağlar ve kapsül yapılarındaki oluşabilecek zedelenmeler (travma, dejenerasyon vb.) proprioseptif duyuyu azaltmaktadır. Irrgang ve ark. (30) bağlara ve kapsüle ait zedelenme sonucu oluşan azalan proprioseptif duyuyu tanımlamak için "artiküler deafferentasyon" terimini kullanılmışlardır. Azalan proprioseptif duyusunun, mekanoreseptörlerin doğrudan zarar görmesinden ya da bağ ve kapsül yapılarının laksite artışı sonucunda (hipermobili-



Grafik 2: OA'lı hasta ve kontrol gruplarında sol alt ekstremitelerde OMAH değerlerinin dağılımı

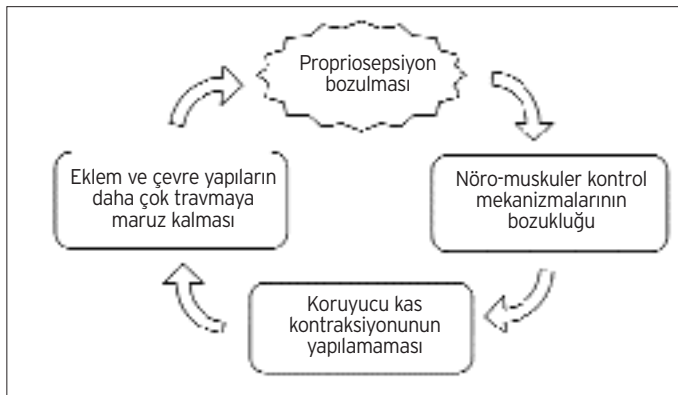
te), mekanoreseptör gerilim hassasiyetinin azalmasından kaynaklan-
dığı düşünülebilir.

Yürüyüş özellikleri ile proprioseptif duyu arasındaki ilişkiyi inceleyen bir araştırmada yapılan yürüme analizlerinde mekanik diz ağrısı bulunan kişilerde topuk çarpması öncesi daha yüksek açılanma hızı ve buna bağlı olarak hastaların zemine daha hızlı vurdukları gösterilmiştir. Bu kişilerde kuadriseps kontraksiyon süresinin daha kısa olduğunun tesbit edilmesi kuadrisepsin daha az etkin olarak kullanıldığı yorumuna neden olmuştur (31).

Proprioseptif duyu eksikliği ile OA arasındaki muhtemel ilişki temelinde nöromuskuler kontrol bozukluğu ile periartriküler dejenerasyonun biraraya gelmesine dayanabilir. Proprioseptif duyu eksikliğinde eklem stabilizasyonunu sağlayan koruyucu kas aktivitesi ile ligaman ve kapsül desteği yeterli düzeyde sağlanamamaktadır. Bunun sonucunda eklem kırıkdağına binen yükün miktarı artmakta, dağılımı bozulmaktadır. Dejenerasyon süreci kırıkdağla kalmamakta, periartriküler dokuları da etkilemektedir (29).

Çalışmamızda ortaya konan dominant bacakta propriosepsiyonun daha çok bozulması ile ilgili herhangi bir literatür bilgisi bulunmamaktadır. Aksine tek taraflı OA tutulumu görülen dizlerde diğer tarafta da propriosepsiyonun bozulduğu gösterilmiştir (11,32). Bu sonuçta dominant ekstremitenin diğerine göre daha fazla kullanılması, dolayısıyla travmaya daha açık olması da rol oynamış olabilir. Ancak bu durum herhangi bir santral mekanizma ile açıklanamaz. Ayrıca bu çalışmada kullanılan reproduksiyon yöntemi ile yapılan ölçümler proprioseptif sistemin (sensorimotor sistem) daha çok mekanik komponentini değerlendirmektedir. Yapılan araştırmalarda, farklı propriosepsiyon ölçüm yöntemlerinin birbirleri ile korelasyon göstermediği ortaya konmuştur. Bu nedenle, proprioseptif sistemin vizüel ve vestibüler komponentlerinin de değerlendirildiği farklı propriosepsiyon ölçüm yöntemleriyle yapılacak geniş kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak, OA'ya proprioseptif duyu bozukluğu eşlik etmektedir. OA rehabilitasyonunda proprioseptif algıyı artırarak uygun motor yanıtların oluşmasını sağlayacak sensorimotor restorasyona yönelik tedavi girişimlerinin daha çok araştırılmasının gerektiğini düşünmekteyiz.



Şekil 2: Proprioseptif duyu yetersizliği ve nöromuskuler kontrolün bozukluğunun muhtemel mekanizması

Kaynaklar

1. Sangha O. Epidemiology of rheumatic diseases. *Rheumatology* 2000;39 Suppl 2:3-12.
2. Bennet JC, Moreland LW. Osteoarthritis. In: Andreoli TE, Bennet JC, Carpenter CJ, Plum F, Smith LH, editors. *Cecil, Essentials of medicine*. 3rd ed. New York: W.B. Saunders Company; 1993. p. 593-5.
3. Lawrence RC, Helmick CG, Arnett FC, Deyo RA, Felson DT, Giannini EH, et al. Estimates of the prevalence of arthritis and selected musculoskeletal disorders in the United States. *Arthritis Rheum* 1998;41(5):778-99.
4. Gabriel SE, Crowson CS, Campion ME, O'Fallon WM. Indirect and non-medical costs among people with rheumatoid arthritis and osteoarthritis compared with nonarthritic controls. *J Rheumatol* 1997;24(1):43-8.

5. Lanes SF, Lanza LL, Radensky PW, Yood RA, Meenan RF, Walker AM, et al. Resource utilization and cost of care for rheumatoid arthritis and osteoarthritis in a managed care setting: the importance of drug and surgery costs. *Arthritis Rheum* 1997;40(8):1475-81.
6. Altman R, Asch E, Bloch D, Bole G, Borenstein D, Brandt K, et al. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis. Classification of osteoarthritis of the knee. Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee of the American Rheumatism Association. *Arthritis Rheum* 1986;29(8):1039-49.
7. Karaaslan Y. Osteoartrit. Ankara: MD yayınları; 2000.
8. Pelletier JP, Pelletier JM, Howell DS. Etiopathogenesis of osteoarthritis. In: Kopman WJ, editor. *Arthritis and Allied Conditions: A textbook of rheumatology*. 6th ed. New York: Williams & Wilkins; 1993. p. 1969-79.
9. Scott JC, Lethbridge C, Hochberg MC. Epidemiology and economic consequences of osteoarthritis. In: Reginster JY, Pelletier JP, Pelletier MJ, Henrotin Y, editors. *Osteoarthritis, clinical and experimental aspects*. Philadelphia: Springer; 1999. p. 21-35.
10. Leslie M. Knee osteoarthritis management therapies. *Pain Manag Nurs* 2000;1(2):51-7.
11. Garsden LR, Bullock-Saxton JE. Joint reposition sense in subjects with unilateral osteoarthritis of the knee. *Clin Rehabil* 1999;13(2):148-55.
12. Gillquist J. Knee ligaments and proprioception. *Acta Orthop Scand* 1996;67(6):533-5.
13. Hall MG, Ferrell WR, Sturrock RD, Hamblen DL, Baxendale RH. The effect of the hypermobility syndrome on knee joint proprioception. *Br J Rheumatol* 1995;34(2):121-5.
14. Pai YC, Rymer WZ, Chang RW, Sharma L. Effect of age and osteoarthritis on knee proprioception. *Arthritis Rheum* 1997;40(12):2260-5.
15. Sharma L. Proprioceptive impairment in knee osteoarthritis. *Rheum Dis Clin North Am* 1999;25(2):299-314.
16. Biedert RM. Contribution of the Three Levels of Nervous System Motor Control: Spinal Cord, Lower Brain, Cerebral Cortex. In: Lephard SM, Fu FH, editors. *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. 1st ed. Pittsburgh: Human Kinetics; 2000. p. 23-9.
17. Skinner HB, Barrack RL, Cook SD, Haddad RJ. Joint position sense in total knee arthroplasty. *J Orthop Res* 1984;1(3):276-83.
18. Sharma L, Pai YC. Impaired proprioception and osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol* 1997;9(3):253-8.
19. Cooper C. Epidemiology. Osteoarthritis and Related disorders. In: Klippel JH, Dieppe PA, editors. *Rheumatology*. 2nd ed. St. Louise: Mosby; 1998. p. 8-21.
20. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1957(16):494-502.
21. Beynon BD, Renström PA, Konradsen L, Elmqvist LG, Gottlieb D, Dirks M. Validation of techniques to measure knee proprioception. In: Lephard SM, Fu FH, editors. *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. 1st ed. Pittsburgh: Human Kinetics; 2000. p. 127-42.
22. Prentice WE. Reestablishing proprioception, kinesthesia, neuromuscular control in rehabilitation. In: Skinner JE, editor. *Rehabilitation Techniques in sports medicine*. 2nd ed. WCB: McGraw-Hill; 1994. p. 118-25.
23. Beard DJ, Kyberd PJ, Fergusson CM, Dodd CA. Proprioception after rupture of the anterior cruciate ligament. An objective indication of the need for surgery? *J Bone Joint Surg Br* 1993;75(2):311-5.
24. Hurley MV, Rees J, Newham DJ. Quadriceps function, proprioceptive acuity and functional performance in healthy young, middle-aged and elderly subjects. *Age Ageing* 1998;27(1):55-62.
25. Skinner HB, Barrack RL, Cook SD. Age-related decline in proprioception. *Clin Orthop* 1984;184:208-11.
26. Barrack RL, Skinner HB, Cook SD, Haddad RJ. Effect of articular disease and total knee arthroplasty on knee joint-position sense. *J Neurophysiol* 1983;50(3):684-7.
27. Sell S, Zacher J, Lack S. Disorders of proprioception of the arthrotic knee joint. *Z Rheumatol* 1993;52(3):150-5.
28. Marks R. An investigation of the influence of age, clinical status, pain and position sense on stair walking in women with osteoarthritis. *Int J Rehabil Res* 1994;17(2):151-8.
29. Petrella RJ, Lattanzio PJ, Nelson MG. Effect of age and activity on knee joint proprioception. *Am J Phys Med Rehabil* 1997;76(3):235-41.
30. Irrgang JJ, Neri R. The Rationale for open and closed kinetic chain activities for restoration of proprioception and neuromuscular control following injury. In: Lephard SM, Fu FH, editors. *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. 1st ed. Pittsburgh: Human Kinetics; 2000. p. 363-72.
31. Radin EL, Yang KH, Rieggger C, Kish VL: Relationship between lower limb dynamics and knee joint pain. *J Orthop Res* 1991;9(3):398-405.
32. Sharma L, Pai YC, Holtkamp K, Rymer WZ. Is knee joint proprioception worse in the arthritic knee versus the unaffected knee in unilateral knee osteoarthritis? *Arthritis Rheum* 1997;40(8):1518-25.