

DERLEME: PROPRİYOSEPSİYON VE KOORDİNASYON

Emin ERGEN, Bülent ÜLKAR, Ali ERASLAN*

ÖZET

Bu derlemede önce propriyosepsiyon ve koordinatif yetiler konusunda temel tanımlamalar yapılmakta, ilgili organ ve reseptörlerin, özellikle mekanoreseptörlerin işlevleri yansıtılmaktadır. Daha sonra propriyosepsiyonun klinik önemine ve fonksiyonel stabiliteye etkisine değinilmekte; ayak bileği, diz ve omuz eklemi propriyosepsiyonuna ilişkin çalışmalar irdelenmektedir. Propriyosepsiyon ölçüm teknikleri açıklanmakta; son olarak sportif yaralanmadan korunma ve rehabilitasyonda propriyosepsiyonun yeri, temel yaklaşımlar, değişik eklemler ve rehabilitasyon evreleri için uygulamalar belirtilmektedir.

Anahtar sözcükler: Propriyosepsiyon, koordinasyon, mekanoreseptör, fonksiyonel stabilite, ayak bileği, diz, omuz, rehabilitasyon

SUMMARY

REVIEW ARTICLE: PROPRIOCEPTION AND COORDINATION

Fundamental definitions concerning proprioception and coordinative aptitudes, and the functions of organs and receptors, especially of mechanoreceptors are given first in this review. Next, the clinical importance of proprioception, and its effect on functional stability are addressed; studies related to ankle, knee, and shoulder proprioception are assessed. Proprioception measurement methods are then explained. Finally the place of proprioception in sports injury prevention and rehabilitation is given in relation to main approaches, and practices in connection to different joints, and rehabilitation stages are described.

Key words: *Proprioception, coordination, mechanoreceptors, functional stability, ankle, knee, shoulder, rehabilitation*

* Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı, Cebeci, Ankara

GİRİŞ

Spor hekimliği açısından, bir hareketin koordinasyonu esasen motor sistem ve kısımlarını en iyi şekilde idare eden içsel düzenlemedir (82). Koordinatif kabiliyetin temelinde santral sinir sisteminin (SSS) en üst düzeyleri ve duyuşsal motor alt sistemler yatar. Koordinasyon böylece, içsel ve dışsal geribildirim mekanizmalarını içeren belirli bir görev için kas içi ve kaslar arası uyum ve işbirliğini en uygun hale getirme kavramını kucaklayan şemsiye bir terim sayılabilir. Bir yaralanma olduğu takdirde bu mekanizmalar bozulur ve bilgi işlem süreci performansta kötüleşme ve tekrar yaralanmaya neden olacak şekilde kesintiye uğrar.

Spor yaralanmalarına doğru yaklaşım bazen karmaşık olabilmekte ve spor hekimini düşünmeye zorlamaktadır. Yaralanmaların önlenmesi ve eklem lezyonu sonrası rehabilitasyon programlamasında propriyosepsiyonun rolünün anlaşılması önem taşır. Bu nedenle “propriyoseptif kusur”, “propriyoseptif antrenman” ve “propriyoseptif rehabilitasyon” terimleri spor hekimliğinde giderek artan sıklıkta kullanılmaktadır (56).

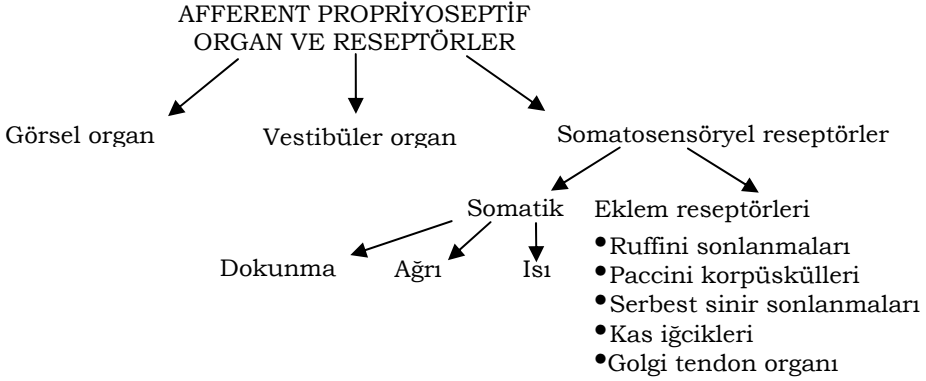
Koordinasyon, santral sinir sistemi yoluyla motor sistem ve bağlantılarını en iyi şekilde idare eden içsel düzenlemedir. Propriyosepsiyon; görsel ve vestibüler katkılarla denge ve postür kontrol, eklem kinestezisi, pozisyon hissi ve kas reaksiyon zamanını içine alan geniş bir kavramdır. Mekanoreseptörler, propriyosepsiyonda mekaniksel bozu-lum bilgisini elektriksel sinyaller içinde aktaran özelleşmiş nöronlara karşılık gelirler. Motor çıktı ile bütünleşmiş sürekli ve uygun propriyoseptif bilgi akışı eklemlerin stabilitesini sağlar. Propriyoseptif durumu ölçmek için çeşitli yöntemler öne sürülse de bunu tek başına test eden bir düzenek bulunmamaktadır. Propriyoseptif geribildirim, hareket halindeki ekstremite veya eklemden bilinçli ya da bilinçdışı haberdar olmada çok önemlidir. Bu nedenle, fonksiyonel eklem stabilitesindeki artış hem spor yaralanmalarından korunmada, hem de rehabilitasyonda önem taşır.

Tanımlamalar

Koordinasyon, sinir sistemi ve iskelet kasları arasında işbirliği içindeki etkileşim olarak tanımlanmıştır (82). Koordinatif yetinin en iyi şekilde gelişimi, her sporda başarılı motor öğrenme, hareketlerin performansı ve yüksek ustalık düzeylerinde spor becerileri için temel görev görür. Bu özellikle riskli durumlarda yaralanmalardan korunmak için önemlidir. Koordinasyon bu nedenle propriyoseptif yetenekleri kapsar.

Propriyosepsiyonu ise birçok araştırmacı eklem pozisyon hissini (pozisyon veya hareketin farkında olma) afferent girdisi olarak tanımlamıştır. Oysa propriyosepsiyon başka araştırmacılarca nöromüsküler kontrolü de içine alan daha geniş bir kapsamda düşünülmekte olup, çoğu çağdaş otoritece eklem hareketi (kinestezi) ve pozisyon hissini içeren bir çeşit özelleşmiş dokunma duyusu modeli olarak tanımlanmaktadır (62).

Yürüme, koşma veya sıçramada oluşan istemli hareketler veya pertürbasyonlar sırasında, alt ve bir ölçüde üst ekstremitelerin hızlı tepkisinden ötürü, bu bölümlerin kassal yapısı sürdürülmek istenilen postürde önemli rol oynar. Bu, ayaklar üstündeki kitlenin merkezini sürdüren refleks bir mekanizma tarafından yürütülür (statik veya dinamik denge). Ayakların pozisyonundaki ani değişiklikler, periferik reflekslerle etkileşen programlara ve merkezi üreteçlere bağlı bir dizi kassal ateşlemeyi uyarır. Motor kontrolün ince ayarı için gerekli afferent bilgi; propriyoseptif, görsel, vestibüler ve somatosensöryel reseptörler ile sağlanır (Şekil 1).



Şekil 1. Afferent propriyoseptif organ ve reseptörler

Somatosensöryel reseptörler kaslar, tendonlar, eklemler ve diğer dokularda lokalizedir. Klasik olarak üç tip somatik duyu tanımlanmıştır: ağrı, ısı ve mekanoreseptivite. Propriyosepsiyon; mekanoreseptif duyarlılığın dokunma ve pozisyon duyuları öğelerinden özellikle ikincisiyle ilişkilidir.

Propriyosepsiyon, pozisyon duyusunun statik ve dinamik yönlerini kapsar. Statik duyu bir vücut parçasının diğerine göre bilinçli oryantasyonunu verir. Dinamik duyu bir hareketin yönü ve hızıyla ilgili nöromüsküler sistem geribildirimini sağlar. Böylece propriyosepsiyon,

hem afferent girdi hem de efferent sinyalleri içeren, statik ve dinamik aktiviteler sırasında vücut stabilite ve oryantasyonunu sürdürülebilir kılan karmaşık bir nöromüsküler süreç olarak düşünülebilir (17).

Propriyosepsiyonun da bilinçli (istemli) ve bilinçsiz (refleks başlangıçlı) olmak üzere iki düzeyi vardır. Bilinçli propriyosepsiyon; spor, aktivite ve mesleki görevlerde uygun eklem fonksiyonunu etkin kılar. Bilinçsiz propriyosepsiyon ise kas fonksiyonunu ayarlar ve kas reseptörleri yoluyla eklemlerin refleks stabilizasyonunu başlatır (79).

Propriyoseptif organlar - mekanoreseptörler

Duyusal ve motor sistemler arasındaki iki yönlü iletişim normal motor kontrol için çok önemlidir. Görsel girdi propriyosepsiyondaki en önemli yollardan biridir. Yerçekimiyle ilişkili baş pozisyonu ve baş hareketleri hakkında vestibüler aparatından gelen bilgi de önemlidir. Diğer önemli vücut duyusu somatosensöryel reseptörler aracılığıyla sağlanır. Propriyosepsiyon için tendon ve ligamentlere ek olarak deri, kaslar ve eklemlerde de bulunan duyusal reseptörler bütün olarak SSS'e doku bozulumuna ilişkin girdi sağlar (37).

Özelleşmiş sinir sonlanmaları ve propriyoseptif mekanoreseptörler (Pacini korpüskülleri, Ruffini sonlanmaları, Golgi tendon organ benzeri sonlanmalar) kapsülde (7,11,80), ön çapraz bağda (52,76,77), arka çapraz bağda (51), menisküste (91), dış yan bağda (19) ve infrapatellar yağ yastıkçığında (55) histolojik olarak saptanmıştır.

Propriyoseptif mekanoreseptörler eklemlerde (Tip I: Ruffini sonlanmaları (YA), Tip II: Pacini korpüskülleri (HA) ve Tip IV: miyelinsiz serbest sinir sonlanmaları) ve kassal yapılarda (Tip III: Golgi tendon organı (YA) ve kas içiği (YA) yer alır (YA: yavaş adapte olan, HA: hızlı adapte olan).

Mekanoreseptörlerin rolü

Mekanoreseptörler mekaniksel bozulum bilgisini (ör. pozisyon değişikliği ve hareketten dolayı eklem rotasyonu) elektriksel sinyaller içinde ileten özelleşmiş nöronlardır (35,36). Bu reseptörlerin uyarılması, ilgili eklemde hızlanma ve yavaşlamada oluşan ani hareketleri uyumsal olarak kontrol eden refleks kas kasılmasıyla sonuçlanır (80).

Yukarıda sözü edilen beş mekanoreseptör tipinden herbiri farklı uyarılara tepki gösterir ve nöromüsküler fonksiyonu değiştiren özel afferent bilgiyi iletirler. Tüm reseptörler, SSS'e doğru giden aksiyon potansiyelini doğuran membran potansiyeli değişikliği için bir uyarana

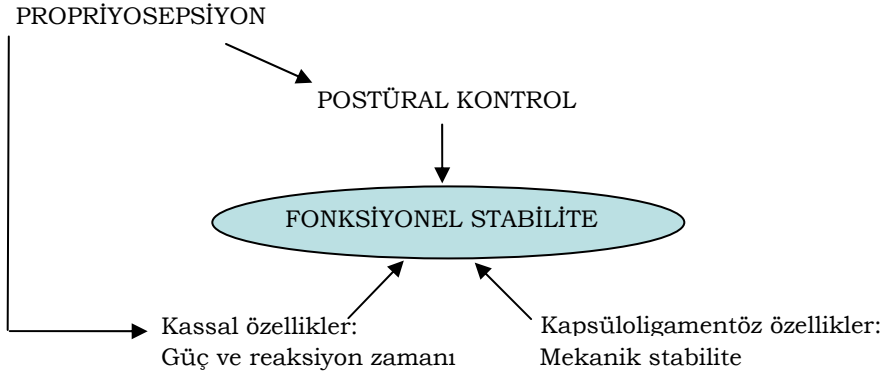
gereksinim duyarlar. Bir ligamentteki uzunlmasına gerimin bağ dokusunda basınç artışıyla sonuçlandığı ve mekanoreseptörleri uyardığı tahmin edilmektedir (66). Mekanoreseptörler uzunluk ve gerimdeki değişim hızını içeren kas uzunluk değişimleriyle de uyarılabilir. Bir reseptörün mekanik etkiyle şekil değiştirmesi membranı gerer ve iyon kanallarını açar. Bu durum pozitif yüklü iyonların (Na^+) hücre içine geçişine izin verince sinir reseptör potansiyeli üreten net depolarize edici etki ortaya çıkar. Mekanoreseptörler reseptörün kendindeki veya reseptöre komşu hücrelerdeki şekil değişimini algılayabilir (43).

Mekanoreseptörler bir uyarana verdikleri tepkiye bağlı olarak farklı adaptif özellikler gösterirler. Hızlı-adapte olan (HA) mekanoreseptörler (Pacini korpüskülü) deşarj hızlarını devamlı bir uyarının başlamasıyla milisaniyeler içinde tüketerek azaltırlar. Yavaş-adapte olan (YA) mekanoreseptörler (Ruffini sonlanmaları ve Golgi tendon organı) devamlı bir uyarana karşılık olarak deşarji sürdürürler. HA mekanoreseptörler uyarandaki değişikliklere çok duyarlıdır ve bu nedenle eklem pozisyon duyusuna aracılık ettikleri düşünülür. YA mekanoreseptörler belirli eklem açılarında azami derecede uyarılırlar, böylece YA mekanoreseptörlerdeki bir sürekliliğin eklem pozisyon duyusuna aracılık ettiği düşünülür (42,49). Bu reseptörlerin uyarılması ilgili eklemde refleks kas kontraksiyonuyla sonuçlanır (48,80). Eklemde kapsüloligamantöz zorlanma (veya yüklenme) yokken afferent nöronlar aktif olmayıp propriyosepsiyonda bir rol oynamazlar. Daha doğrusu birçok çalışma eklem afferentlerinin (özellikle Ruffini korpüskülü) sınır algılayıcılar olduğunu iddia etmektedir (38).

Kas içiği reseptörü iskelet kaslarında lokalize, karmaşık, fuziform ve YA olan bir reseptördür. Kas içiği reseptörü, intrafüzal kas liflerine gelen afferentler ve efferentler aracılığıyla, kas geriliminin ektrafüzal kas uzunluğu sınır değerinden büyük olduğunu algılayabilir. Monosinaptik gerim refleksi, kas içiği reseptörü ile I-a sinir lifleri bağlantısına ek olarak Golgi tendon organı ile I-b sinir lifleri bağlantısını içerir. Sendeleme veya düşme gibi ani pertürbasyonlar sırasında monosinaptik refleksler yoktur ve sekonder kas içiklerinden köken alan grup II ve III afferent lifler boyunca sağlanan iletimin sonucu olarak kompensasyon olur. Bunlar, yerinde yanıt üretmek için bir polisaptik refleks sistem aracılığıyla birleşirler. Vestibüler ve görsel girdinin bu reflekslere katkısı çok azdır. Plantar deri yüzeyi ve eklemler üzerindeki yerçekimi ve basınç bu refleksler için önemli olabilir (71).

PROPRİYOSEPSİYONUN KLİNİK ÖNEMİ

Biyomekanik olarak kas-tendon ve kapsüler yapılar üzerinde, ekleme temas eden kuvvetlerle birlikte epeyce bir yük vardır. Herhangi bir özel durumda kas-iskelet yapıları üzerinde dış yüklenme yaratan yerçekimi, eylemsizlik ve reaksiyon kuvvetleri bulunur. Bu yüke iç kuvvetlerle karşı koyulur ve iç kuvvetler dış kuvvetleri dengeler. İyi propriyosepsiyon ve koordinasyon, yapılar üzerindeki aşırı yüklenmenin üstesinden gelmek için tüm kas-iskelet uygunluk öğelerinin dengede olması anlamına gelir (85). Bu dinamik eklem stabilitesinin sürdürülmesinde önemlidir.



Şekil 2. Fonksiyonel stabiliteyi etkileyen faktörler

Dinamik eklem stabilitesi, uygun biçimde aktifleşmiş kasların mekanik stabilizatörlerin desteğiyle bir eklemi stabilize etme yeteneği olarak tanımlanabilir (Şekil 2). Esasen dinamik eklem stabilitesi propriyoseptif sistemin ürünüdür (56).

Dinamik eklem stabilitesinde üst düzey SSS işlevini (motor korteks, bazal gangliyonlar ve beyincik) içeren bilişsel programlama da nöromüsküler kontrol mekanizmasında rol alır. Bu işlev merkezi komutlar olarak depolanan ve tekrarlanan istemli hareketlerle ilintilidir. Vücudun hareket ve pozisyonunun farkında olmak çeşitli becerilerin bilinç olmaksızın yapılmasına olanak sağlar (86). Önceden tanımlandığı gibi, propriyoseptif geribildirim, hareket halindeki bir ekstremite veya eklemden bilinçli ya da bilinç dışı haberdar olmada çok önemlidir. Bu nedenle dinamik (fonksiyonel) eklem stabilitesindeki gelişme spor yaralanmalarından korunma ve rehabilitasyonda önem taşır. Bu

durum, koordine bir şekilde, motor çıktıyla bütünleşmiş, sürekli ve uygun bir duyuşsal bilgi akışını gerektirir (34).

Dokuya ilişkin travmalarda mekanoreseptör hasarına bağılı olarak gelişebilen kısmi ileti bozukluğu propriyoseptif kusura neden olabilir. Dolayısıyla, propriyoseptif geribildirim azalacağından tekrar yaralanmaya yatkınlığın gerçekleşmesi mümkün olabilir. Bununla birlikte çalışmalar göstermiştir ki, cerrahi girişimle onarılan omuz ve dizlerde rehabilitasyondan sonra kinestezi ve eklem pozisyon hissinde en azından kısmi iyileşme olmaktadır (58,60).

Ligamentöz travmanın etkisi mekanik instabiliteyle sonuçlanır ve propriyoseptif kayıplar fonksiyonel instabiliteye katkıda bulunur. Sonuçta daha fazla mikrotravma ve tekrar yaralanma yaşanabilir. Propriyosepsiyon tedavi programına erken başvurulur ve yapılandırılırsa, kas-iskelet travması ve rehabilitasyonu takiben fonksiyonel ve spora özgü aktivitelerin kazanılması önemli ölçüde sağlanabilir.

Ayak bileği propriyosepsiyonu

Ayak bileğinin fonksiyonel instabilitesi, akut bir burkulmadan sonra gözlenen en yaygın kalıcı yetmezliklerden biridir. Ayakbileği eklemi instabilitesi mekanik ya da fonksiyonel instabilite olarak ortaya çıkabilir. Mekanik instabilite ligaman gevşekliğinin nesnel ölçümüyle ilişkilidir. Oysa fonksiyonel instabilite tekrarlayan burkulmalar ve/veya ayak bileğinde boşluk hissedilmesi olarak tanımlanabilir. Nedensel faktörler propriyoseptif bir eksikliği, kassal zayıflığı ve/veya koordinasyon yokluğunu içerir (23).

Eklem yaralanmasıyla birlikte artiküler mekanoreseptörlerin kısmi ileti bozukluğunun bir sonucu olarak gelişen ayak bileği instabilitesi ilk kez Freeman (24) tarafından ortaya konulmuştur. Sağlam ayak bileğine oranla burkulmuş tarafta tek bacak üzerinde duruşu sürdürme yeteneğinde bir azalma olduğu gözlenir. Konradsen ve Ravn (53) fonksiyonel instabilitenin “ayakbileği dış bağlarındaki veya kastendondaki mekanoreseptörlerin hasarı ile sonradan propriyoseptif reflekste oluşun kısmi ileti bozukluğundan” kaynaklandığını belirterek fonksiyonel instabilitenin nedenini hem mekanik hem de işlevsel faktörlere bağlamışlardır.

Glencross ve Thornton (31) burkulmuş ayak bileğini test ederken, aktif ve pasif olarak ayak bileği pozisyonlama yeteneğindeki kusurları raporlamışlardır. Gross (39) da eklemde gelen duyuşsal girdideki

azalmanın sonucu olarak tekrar yaralanmanın artan bir olasılıkla meydana geldiğini göstermiştir.

Konradsen ve Ravn (53), yaş eşleştirmeli kontrollerle kıyasladıklarında, kronik ayak bileği instabilitesi bulunanların ani inversiyon stresine uzamış peroneal reaksiyon zamanıyla yanıt verdiğini bulmuşlardır.

Tropp ve Odenrick (84) önceden ayak bileği burkulmuş bir grup futbolcuyla yaralanmamış futbolcuları karşılaştırmışlar, postürsal Salınımında fark gözlemlememişlerdir. Öte yandan, Cornwall ve Murrell (18) ise, ayak bileği burkulması geçiren hastaların kontrol grubuyla karşılaştırıldığında postürsal salınımlarında önemli artışlar olduğunu bildirmişlerdir.

Kassal reaksiyon zamanı

Birçok yazar ayak ve ayak bileği pertürbasyonları açısından alt bacak kaslarındaki nöromüsküler yanıtın zamanlama ve gücünü değerlendirmiştir. Kuadriseps ve hamstring ile karşılaştırıldığında peroneal kaslarda daha hızlı refleks zamanları olduğu bulunmuştur (71). Mekanik olarak stabil ayak bileklerinde peroneal reaksiyon zamanı önemli derecede kısa bulunmuştur (50). Ancak bu çalışmalar, dinlenme durumundayken ayakta duruş pozisyonunda yürütülmüştür. Yürüme, koşma veya sıçrama benzeri bir eylemde yere dokunuş öncesinde ilgili kaslarda dikkate değer bir ön aktivasyon olmaktadır (71).

Teypleme

Ayak bileği teyplemesinin duyuşal geribildirim ile ilişkili olduğu varsayılmaktadır. Robbins ve ark (73), bacak cildi ile ayağın plantar yüzünün birleştirilmesi yoluyla plantar yüzeye gelen duyuşal ipuçlarının artırıldığını, dolayısıyla daha doğru bir ayak yerleşimine imkan verildiğini ve aşırı ligamantöz zorlanma yaratan değişimlerin azaldığını öne sürmüşlerdir. Karlsson ve Andreasson (50), teyplemenin SSS'e olan deri duyuşu ve propriyoseptif girdiyi kolaylaştırarak dengesiz ayak bileği olan hastalara yardımcı olabildiği sonucuna varmışlardır. Bu nedenle, teypleme veya bağıklı breys kullanımı duyuşal uyarım yoluyla propriyosepsiyonu desteklediği düşünülmektedir.

Diz propriyosepsiyonu

İnsan diz eklemine nöroreseptörlerin varlığı Rauber tarafından yüzyılı aşkın bir süre önce tanımlanmışken, insan ön çapraz bağında

(ÖÇB) çok sayıda mekanoreseptörün bulunduğu 1980'lerde belgelenmiştir (9).

Eklemlerin afferent innervasyonu eklem, kas ve cilt yapılarında yerleşmiş periferik reseptörlere dayandırılmıştır. Eklem reseptörleri nosiseptif serbest sinir sonlanmalarını ve propriyoseptif mekanoreseptörleri içerir. Histomorfolojik olarak ÖÇB, AÇB, menisküs, dış yan bağ ve infrapatellar yağ yastıkçığında saptanmış olan mekanoreseptörler Ruffini sonlanmaları, Pacini korpüskülleri ve Golgi tendon organlarıdır (75).

Eklem reseptör bilgisinin yeterli propriyosepsiyon için esas olduğu birkaç çalışmada öne sürülmüştür. Yeterli eklem hareketi ve stabilitesi için esas olan diz eklemi propriyosepsiyonu kas, tendon, deri ve eklem yapılarında lokalize reseptörlerden doğmaktadır. Diz eklemi reseptörlerinden kaynaklanan duyuşsal bilgi, sırayla kas içiği afferentlerini etkileyen gama-motor nöronların aktivitesini etkiler. Eklem reseptörleri böylece eklem çevresindeki kassal tonusun düzenlenmesine devamlı olarak katılırlar. Bu nedenle propriyosepsiyon kusuru teorik olarak eklem instabilitesine neden olabilmektedir (74).

Akut diz yaralanmasına karşı refleks kassal splintleme yoluyla propriyoseptif yanıt koruyucu bir rol oynayabilir. Kennedy ve ark (52), yırtılmış diz ligamentlerinden gelen mekanoreseptör geribildirimindeki kaybın refleks kassal splintleme kaybına da yol açacağını, böylece tekrarlayıcı majör ve minör yaralanma ve ilerleyici laksitenin bulunduğu kısır bir döngüye katkı sağladığı hipotezini ileri sürmüşlerdir.

Mekanoreseptörler ve kas içiği reseptörlerinden başlayan koruyucu refleks arkı, nosiseptör başlangıçlı refleks arkından çok daha hızlı meydana gelir (70-100 m/sn'ye karşılık 1 m/sn) Bu nedenle propriyosepsiyon, yaralanmadan korunmanın akut ayarlamasında ağrı duyusundan daha önemli bir rol oynayabilir (59).

AÇB ve diğer yan bağlardaki mekanoreseptörlerle beraber ÖÇB'da mekanoreseptörlerin varlığı propriyosepsiyonun nöral ağ karmaşıklaşmasında çok önemli bir faktördür. Bir ÖÇB yaralanması sonrasında, olasılıkla propriyosepsiyondaki değişimlerden dolayı ÖÇB yetmezliği olan dizin yürüyüş kalıpları değişir. ÖÇB yırtığından sonra gelişen propriyoseptif kusur başka yaralanmaya yatkınlık yaratabilir ve zayıf duyulu bir eklem değişmiş yürüme kalıpları kıkırdağın patolojik yıpranması sonucunu yaratarak dejeneratif eklem hastalığı gelişimine katkı sağlayabilir (30).

Yaralanmayı takiben eklem yapılarının mekanik bozulmasına ek olarak, propriyoseptif kayıp nöromüsküler kontrol ve günlük yaşam aktiviteleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilmektedir. Eklem ve kas-tendon yapılarından köken alan nörolojik geribildirim mekanizmalarının fonksiyonel eklem stabilitesinin sürdürülmesi için önemli bir unsur olduğu görünmektedir. Artiküler ileti bozukluğu kapsüloligamentöz yapıların hasarlanmasını takiben gelişir. Bu bozukluk, spinal refleks yolunu zayıflatabildiği gibi kinestezi ve eklem pozisyon hissinde değişikliklere ve daha fazla dejeneratif değişimlere katkıda bulunmaktadır (33).

Diz eklemi propriyosepsiyonu hakkındaki çok sayıda klinik çalışma ÖÇB yetmezlikli veya ÖÇB onarımlı dizlerle ilgilidir. Bu çalışmaların net bir sonucu vardır: propriyoseptif yetileri değerlendirmek için tamamen farklı yöntemler kullanılsa da, ÖÇB yırtığı yakınmalı hastaların diz propriyosepsiyonu sağlıklı gruptan anlamlı derecede kötüdür (46).

Safran ve ark (75) pasif pozisyonlama algılama eşliğini test ederken ve pasif repozisyonlamayı ölçerken, insan dizindeki AÇB yetmezliğinin azalmış kinesteziyle sonuçlandığını göstermişlerdir. Diğer taraftan ÖÇB yetmezlikli hastalarla yapılan çalışmalarda, bu araştırmacıların AÇB yetmezliğindeki bulgulara göre daha belirgin propriyoseptif kusurlar ortaya çıkarılmaktadır.

Eklem mekanoreseptörlerince kısmen aracılık edilen afferent yoldaki bozulmalar, sinisi gelişen mikrotravma ile birlikte yeniden yaralanmaya önemli katkı yapabilir (63). Beard ve ark (13) ÖÇB yetmezliği sonucunda refleks kas stabilizasyonunda azalmaya yol açan refleks ark inhibisyonunu belirlemişlerdir. Barrett (10) tarafından ÖÇB tamirini takiben kinestetik farkındalıkta kısmi düzelme olduğu gösterilmiştir.

ÖÇB yırtığından sonra propriyoseptif geribildirim kaybının, ÖÇB yetmezlikli dizlerde yüksek bir yüzdeyle meydana gelen ilerleyici instabilite ve engelliliğe katkı sağladığı ortaya atılmıştır (16,30,62). Yırtılmış ÖÇB'nin onarımı daima beklenen başarıyla sonuçlanmaz. Bağ tamiri sonrası başarı sadece rekonstrüksiyonun kuvveti ve sıklığına bağlı değil, aynı zamanda propriyosepsiyonun iyileşme kalitesine bağlıdır (10,69).

Omuz propriyosepsiyonu

Spora özgü kalıplara ek olarak günlük yaşam aktivitelerinde de elin pozisyonlanması gerekli bir harekettir. Eklem pozisyon duyarlığı

sadece dinamik omuz stabilitesinin sürdürülmesinde önemli bir rol oynamaz, aynı zamanda yaralanma sonrası değişiklikler gösterir. Omuz eklemi çevresindeki bağlar normal hareketler sırasında faaliyet halindedir ve aynı zamanda nörolojik geribildirim aracılı refleks kas inhibisyonunu sağlarlar. Omuz eklemi büyük bir hareket açısına dek zorlanamaz, bu nedenle eklemle ilişkili kasların koordine dinamik kontrolü kolun hareket sırasında stabilizasyonu için gereklidir. Ligamantöz yapılar, humerus başının glenoid üzerinde aşırı yer değiştirmesi ve rotasyonunu önlemek için sadece rotasyonun uç noktasındaki pozisyonlarda işlev görürler. Rotasyonun yarı menziline kapsülogamantöz yapılar göreceli olarak gevşektir ve eklem stabilitesi rotator cuff ve biceps tendonlarının dinamik hareketiyle sağlanır. Bu kas-tendon ünitelerinin kasılması eklemde basınç üretir ve humerus başını glenoid çukuru içine oturtan konkavite basıncını artırır. Ek olarak, rotator cuff ve bicepsin koordine ve sinerjik kasılması, aşırı rotasyona karşı tork (dönme kuvveti) direncini artırarak ve humerus başının aşağı yer değiştirmesini engelleyerek ligamantöz yapıları yaralanmadan koruyabilir (89).

Propriyoseptif yetiler dominant ve dominant olmayan omuz arasındaki farkı göstermese de instabil omuzlarda anlamlı ölçüde azalmaktadır (4,62). Tek taraflı, travmatik, tekrarlayıcı ön omuz instabilitesi olan erkek deneklerle yapılan birkaç çalışma omzun kinestezi ve eklem pozisyon hissindeki kusurları göstermiş olup normal omuzla kıyaslanan patolojik omuzda propriyoseptif kusurlar da gözlenmiştir (60,78). Pectoralis major, subskapularis ve latissimus dorsi kaslarında nöromüsküler aktivasyon azalmasının, hareketin gerektirdiği normal iç rotasyon kuvvetini azaltarak ön omuz instabilitesine katkı yaptığı gösterilmiştir. Ön stabilitenin onarıldığı bir girişimde aynı zamanda biceps ve supraspinatus kas aktivitesinde kompensatuar artışlar saptanmıştır.

İnstabil omuzda nöromüsküler ateşleme kalıplarının senkronizasyon kaybı, tekrarlayıcı mikrotravmalarla sonuçlanan değiştirilmiş eklem hareketlerine bağlanmıştır. Cerrahi müdahalenin (kapsüloabral tamir) travmatize dokunun onarımı yoluyla eklem propriyosepsiyonunu kısmen iyileştirdiği gösterilmiştir (60). Yazarlar modifiye yumuşak doku diseksiyon yöntemini yorumlamışlar ve onarımın sağlam mekanoreseptörlerde az bir kayba neden olup bu reseptörlerde zamanla sayıca artışı da teşvik ettiğini gözlemişlerdir. Ayrıca bu türden omuz instabilitesi olgularında kapsülü gerginleştiren kapsüler kaydırmanın kullanılması, yumuşak dokuyu yeni bir gerime sokar ve büyük olasılıkla propriyosepsiyon işlevini kolaylaştırır. Bu yeniden gerginleştirme yöntemi

sayesinde omzun mekanoreseptör yüklü kapsüloligamantöz yapıları, eklem pozisyon duyarlılığı hakkında daha işlevsel bir düzeyde afferent bilgi gönderebilir. İnstabil veya opere edilmiş omuzda dinamik nöromüsküler kontrolün onarılması işlevsel aktiviteye geri dönüş için birincil öneme sahiptir.

PROPRİYOSEPSİYON ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Kinestezi ve eklem pozisyon hissini ölçümü

- i.** bu amaçla geliştirilmiş özel cihazlar (PTC)
- ii.** izokinetik dinamometreler
- iii.** gonyometreler, inklinometreler
- iv.** hareket analiz sistemleri

Denge ve postural kontrolün ölçümü

- i.** stabilometreler
- ii.** kuvvet platformları

Kassal gecikmenin ölçümü

- i.** elektromiyografik analizler

Alet kullanılmayan yöntemler

- i.** ekstemite eşleştirme testleri
- ii.** sıçrama testleri

Nöromüsküler kontrolün değerlendirilmesi kortikal, spinal refleks ve beyin sapı yollarının ölçülmesini içerir. Bu karmaşık nöromüsküler sistemin farklı parçalar olarak değerlendirilmesi, afferent kontrol mekanizmalarının daha ayrıntılı açıklanmasını olanaklı kılar (62).

Kinestezi ve eklem pozisyon duygusu, eklem propriyosepsiyonunun iki ana değerlendirme yöntemidir. Kinestezi pasif hareket algılama eşiğinin (PHAE) ölçümüyle sağlanır. Eklem pozisyon duygusu ise pasif ve aktif pozisyonlamanın tekrar oluşturulmaları (sırasıyla pasif ve aktif repozisyon) ölçülerek değerlendirilir. Bu testler Ruffini veya Golgi tipi mekanoreseptörleri seçici olarak uyarmak için yavaş açısal hızlarda (0.5-2.5 o/s) yapılır, çünkü testin pasif uygulanmasının kas reseptörlerini minimal, eklem reseptörlerini en çok uyardığına inanılmaktadır (63).

Sağlıklı ve yaralanmış kişilerin propriyoseptif durumunu test etmek için birkaç yöntem ve aygıt tanımlanmıştır. ÖÇB yetmezlikli ve ÖÇB onarımlı dizlerin propriyoseptif yetisini inceleyen çalışmalar birincil olarak PHAE ve diz eklemi açılarının tekrar oluşturulması (repozisyonlama) ölçümlerine dayandırılmıştır (8,59,63).

Bazı araştırmacılar benzer tasarım ve uygulamalı propriyosepsiyon test cihazlarından (PTC) yararlanmıştır (8,16,64,87). Bu cihazlar ekstremitelemi eklem aksı boyunca döndüren hareketli kollara sahiptir. Dijital bir mikroişlemci sayaç arayüzüne sahip rotasyonel bir dönüştürücü açısıl yer değiştirmeyi değerlendirir. Ciltten gelen uyarıları azaltmak için her ekstremiteli distaline hava kompresyon manşonları yerleştirilir. Görsel ipuçlarını elemek için deneklerin gözleri bağlanır. İşitsel ipuçlarını elemek için de parazitli ses veren kulaklıklar kullanılır. Denekler pasif hareket eşiğini veya önceki pozisyon açısını algıladıklarında bir aç-kapa anahtarına basarlar. Bu cihazların bazıları hem diz hem de omuz eklem ölçümleri için tasarlanmıştır (15,16,64,87). Friden ve ark (25,26,27,28) lateral dekübit pozisyonunda diz eklemi PHAE'ni ölçen PTC çalışmaları yürütmüşlerdir.

Deneklerin eklemlerinde pozisyon tekrarlama yetilerinin ölçümü izokinetik dinamometreler kullanılarak da yapılabilir (45,57,64,81). Bazı araştırmacılar pozisyonlamadaki değişimleri kaydetmek için modifiye izokinetik cihazlar kullanmışlardır (22). Elektromanyetik takip cihazı ve izokinetik dinamometre kullanarak eklem aktif repozisyonlaması eklem pozisyon hissini değerlendirmenin başka bir yoludur (57,64).

Gonyometrik ölçümler ile pozisyon-eşleştirme testinin fotoğrafik kaydı, pozisyon eşleştirmedeki doğruluğun incelenmesi için yararlıdır (70). Basit bir inklinometre, eklem pozisyon duyusunu test etmenin yanı sıra hareket açıklığı (ROM) ölçümleri için de kullanılabilir (20).

Son yıllarda hareket analiz sistemleri hedef eklem açılarını kaydetmek, yeniden oluşturulan açıları hesaplamak ve eklemlerin dinamik duyusal-motor yetilerini test etmek için kullanılmıştır (6,44,47,64).

Nöromüsküler kontrole periferik, vestibüler ve görsel katkıların bileşkesini belirlemek için postüral salınım ve denge değerlendirilmektedir. Birleşmiş periferik, vestibüler ve görsel katkıların fonksiyonel değerlendirmesi, alt ekstremiteli postüral salınım ve denge ölçümlerinin kullanılmasıyla en iyi şekilde başarılıdır. Stabilometrik yöntemlerin elde edilip belgelenmesi bu ölçümler için oldukça doğru bir gösterge sağlayabilir (2,3,14,41).

Denge stabilometrisi, dik duruş postürünü sürdüren bu çeşitli nöral afferent sinyallerin toplam katkısı için özel bir değerlendirme şekli sağlar. Postüral denge ve salınım ölçümleri çeşitli tipte kuvvet platform cihazları kullanılarak yürütülür. Ekstremitenin dengede duruşu test

edilirken, bir kuvvet platformu ile sağlanan basınç merkezi sinyalindeki değişimler ölçülerek postüral kontrol değerlendirilir (1,2,29,32,54,65).

Spinal refleks yolunun değerlendirilmesi, istemsiz pertürbasyonlara karşı kas aktivasyonundaki gecikme saptanarak yürütülür. EMG analizleri, bu nöromüsküler yolun rolünü belirlemek için ayakbileği ve diz eklemine fonksiyonel yükler bindiren hareketler sırasında kullanılmıştır (63). Refleks yetilerin değerlendirilmesi genellikle, kendi eklemine çaprazlayan kasların ateşleme kalıplarının EMG'deki yorumu kullanılarak yapılır.

Uyaranın başlaması ve refleks peroneal kas yanıtının başlangıcı arasındaki gecikme "peroneal gecikme" olarak tanımlanır. Ayak bileği burkulmasını takiben gelişen gecikme değişimlerini araştıran elektromiyografik çalışmalar, peroneal kassal gecikmeleri kaydeden yüzey EMG ile tipik olarak inversiyon burkulmasını taklit eden bir pertürbasyon kullanılarak yapılmıştır. Yüzey elektrotlarınca saptanan peroneus longus elektro-miyogramının başlangıcı ile bir kuvvet platformunun dış zemininde ölçülen tepki kuvvetinin başlangıcı arasındaki zaman aralığı "elektromekaniksel gecikme" olarak tanımlanmıştır. Mora ve ark (67) peroneal kasların (ayak pronatorları) elektromekaniksel gecikmesinin ölçülmesiyle ayak bileği instabilitesini araştırmışlardır.

Nöromüsküler ve işlevsel eksiklikleri değerlendirmek için alet gerektirmeden, klinik olarak uygulanabilen testler hem araştırmacı hem de klinik amaçlar için geçerli ve güvenilirdir (33). Ekstremitte eşleştirme görevleri, elektromekanik cihaz kullanmadan propriyosepsiyon değerlendiren örneklerdendir. Eklem hareketlerinin farklı açılarda olması koşuluyla, hastaların verilen açıyı diğer ekstremitte ile tekrar oluşturması istenir (12). Çeşitli sıçrama testleri, sporcuların alt ekstremitte gücünü ve işlevsel yetisini ölçmek için kullanılmış ise de, bunların yaralanmış sporcuların rehabilitasyon dönemleri sonunda propriyoseptif durumu değerlendirmede faydalı oldukları varsayılmaktadır. Bu testler alt ekstremitte simetrisini değerlendirmek için ya mesafeye ya da zamana göre yapılmaktadır (68,72).

KORUNMA VE REHABİLİTASYON İÇİN PROPRIYOSEPTİF ANTRENMAN

Nöromüsküler kontrolü tekrar kazanmak için propriyoseptif egzersiz yapma görüşü ilk olarak rehabilitasyon programlarında ortaya konulmuştur. Mekanoreseptörler ligamanlarda lokalize olduğu için bir ligamanın uğradığı hasarın afferent girdiyi değiştireceği düşünülmüştür.

Bir yaralanmadan sonra bu değişmiş nörolojik fonksiyonu onarmak için antrenman gerekli olacaktır. Nöromüsküler kondisyonlanma teknikleri yaralanmadan korunmak için de savunulmuştur. Artmış postüral ve hareketssel kontrol, güvenli şekilde yapılan aktivitelerin yoğunluğunu arttırmaktadır (85).

Geçmişinde ayak bileği burkulması bulunan sporcular için uygulanan propriyoseptif antrenman, özel teknik antrenman ve yaralanmanın farkında olma bilgisinden oluşan bir programın, sezon boyunca burkulma geçirme insidansında % 47'lik bir düşüş sağladığı gösterilmiştir. Çalışmalar propriyoseptif antrenmanın sadece tekrar yaralanma riskini değil, profilaktik olarak kullanılırsa, akut ayak bileği lateral burkulma insidansını da azalttığını göstermiştir (5).

Propriyoseptif veya kinestetik farkındalık, rehabilitasyonun özel egzersizler yoluyla elde edilen bir yönüdür. Propriyoseptif rehabilitasyonun amaçları eklem hareket duyusunu geliştirmek için afferent yolları tekrar eğitmektir. Eklemlerin propriyosepsiyon aracılı nöromüsküler kontrolü, SSS içindeki üç farklı motor aktivasyon seviyesinde faaliyete girmektedir (40):

- 1) Spinal seviyedeki refleksler, sinir sisteminin daha üst seviyelerinden alınan hareket kalıplarına aracılık ederler. Bu eylem, eklem çevresinde aşırı stres yaratan durumlar sırasında eklem stabilizasyonu için refleks yanıt sağlar ve rehabilitasyon programı içindir.
- 2) Motor kontrolün ikinci seviyesi, vücudun postür ve dengesini sürdürmek için eklem mekanoreseptörleri, vestibüler sistem ve görsel girdiden bilgi alan beyin sapı içinde lokalizedir. Yeniden faaliyete geçmiş nöromüsküler eylemlerin bahsedilen afferent uyarın tiplerinden gelen girdiyi işlemek için bu yola imkan tanınması, beyin sapı fonksiyonunu geliştirmede kullanılabilir.
- 3) SSS'nin en üst seviyesi (motor korteks, bazal gangliyonlar ve beyincik), vücut pozisyonunun bilişsel farkındalığını ve istemli hareketler için hareketin hangi motor komutlarla başlatılacağına karar verir. Kortikal yolu kullanmak, merkezi komutlar olarak depolanan ve tekrarlanan hareketlerin bilince sürekli başvurmaksızın yapılmasını olanaklı kılar. Kinestetik ve propriyoseptif antrenman bu fonksiyonu geliştirebilen tipteki aktivitelerdendir.

Propriyoseptif yetmezlikleri gidermek için, rehabilitasyonun erken evrelerinde motor kontrolün her üç seviyesini de aktive etmek gerekir. Eklem ve kas reseptörlerinin uyarılmasında kendi SSS seviyesine doğru

azami afferent deşarjı teşvik etmek hedef olmalıdır. Spinal korddan çıkan refleks eklem stabilizasyonunu uyarmak için, refleks nöromüsküler kontrol gerektiren ani pozisyon değişimlerine odaklanılmalıdır. Beyin sapı düzeyinde motor işlevin gelişimi, görsel girdi varlığında ve yokluğunda dengesel ve postüral hareketler yaparak elde edilebilir. Özellikle eklem son sınırlarında pozisyonlama aktiviteleri yaparak, bilinçliden bilinçsiz motor programlamaya dönüşüm azami ölçüde uyarılabilir. Denge antrenmanı ve eklem repozisyonlaması gibi basit görevler rehabilitasyon programında erken yer almalı ve hastanın gelişimine göre artarak zor olmalıdır (86).

Bazı yazarlar rehabilitasyon sırasında oluşan adaptasyonların ileribildirim işlemiyle geliştiğini, gelişmiş afferent yolların daha az fonksiyonu olduğunu ileri sürmektedirler (62). Bu teoriyle ileri bildirim hızlı hareketleri denetlediği öne sürülürken, eşzamanlı propriyoseptif geribildirim görece daha az önem taşıdığı iddia edilmektedir. Geribildirim, hareketteki başarı veya başarısızlığı belirlemek için öncelikli olarak kortikal seviyede; hareketin yönetimi için de daha az olmak kaydıyla, subkortikal seviyede kullanılır. Tekrarlanacak olursa, beyin korteksi önceki denemelerin propriyoseptif bilgisi temelinde verilen görev için en etkin motor kalıbı belirleyebilmektedir. Biyofeedback antrenmanı ileribildirim öğrenme işlemini kullanıyor görünmektedir (21).

Omuz için propriyoseptif antrenman

Rehabilitasyon programlarında üst ekstremitte için propriyoseptif antrenmanlar alt ekstremitteye ilişkin olanlara göre daha az kullanılmaktadır. Oysa ki üst ekstremitenin spora özgü birincil hareketi fırlatma hareketi olduğundan hassas omuz eklem pozisyonlama ve repozisyonlaması çok önemlidir. Mekanoreseptör aktivitesi hem performansta, hem de dinamik omuz stabilizasyonunda önemli rol oynar. Aşağıdaki aktiviteler dizisi bir sporcunun fonksiyonel düzeylere dönüşünü sağlamak için yürütülür (61):

1. Eklem pozisyon hissi ve kinestezi,
2. Dinamik eklem stabilizasyonu,
3. Tepkisel nöromüsküler kontrol,
4. Fonksiyona özgü aktiviteler.

Bu aktiviteler dizisi, rehabilitasyon programında spinal refleks, beyin sapı ve bilişsel yolları bütünleştirip skapular stabilizasyon, glenohumeral

stabilizasyon, humeral hareket ve nöromüsküler kontrol üzerine odaklanma olanağı sunar. Pozisyon duyarlılık aktiviteleri, eklem pozisyon hissi ve kinestezinin onarımı için tasarlanır. Hem görsel girdi varken, hem de yokken glenohumeral repozisyonlama gibi egzersiz ya da manüel dirençle yapılan propriyoseptif nöromüsküler fasilitasyon kalıpları bilişsel düzeydeki işlemleri uyarmaktadır. Dinamik stabilizasyon aktiviteleri, kas koaktivasyonunu uyarmak için tasarlanır. Omuzda glenohumeral eklem aksiyel yüklenmesini içeren türden aktiviteler, glenohumeral ve skapulotorasik kuvvet çiftlerinin koaktivasyonunu geliştirmektedir.

Son olarak, spinal ve bilişsel seviyeleri bütünleştirmek için pliyometrikler kullanılabilir. Omuz pliyometrik egzersizleri, depolanmış elastik enerjinin salınması yoluyla miyostatik refleksi kolaylaştırarak refleksif aktiviteyi harekete geçirmektedir. Baş-üstü sporlar için kritik öneme sahip böyle aktiviteler refleks eklem stabilizasyonunu uyarmaktadır. Eklem duyarlılığı ve dinamik kas eklem stabilizasyonu onarırsa, fonksiyona özgü aktiviteler daha başarılı olarak ortaya konulabilir (61).

Diz için propriyoseptif antrenman

ÖÇB'in onarımı fonksiyonel eklem stabilitesi için gerekli afferent girdiyi düzeltiyor gibi görünmektedir. Histolojik çalışmalar ÖÇB greft dokusunda mekanoreseptörlerin yeniden çoğaldığını göstermiştir. Bu nedenle motor kontrolü arttıran egzersizler ÖÇB onarımı sonrasında önemli yer tutarlar. Son birkaç yıldır diz bağ yaralanmalarının insidansını azaltmaya çalışmak için, sezon öncesi alt ekstremite dengesi ve kondisyonu odaklı çalışmaların gerekliliği konusunda görüşler ileri sürülmektedir. Pliometrikleri ve çeviklik alıştırmalarını kapsayan ve pivot, yön değiştirme, iniş için doğru tekniğin gereğini vurgulayan nöromüsküler antrenmanın ÖÇB yaralanma insidansını azalttığı savunulmuştur. Griffis (kuadriseps-çapraz bağ etkileşimi), Henning Sportsmetrics (germe, pliyometrikler ve kuvvet alıştırmalarından oluşan üç bölümlü koruma), Caraffa (beş fazlı ilerleyici beceri edinme programı), ve Santa Monica ile Mandelbaum (kuvvet, esneklik, yaralanma farkındalığı, pliyometrikler ve çeviklik becerilerini geliştirmek için tasarlanmış beş bölümlü bir program) rehabilitasyonda başarıyla uygulanmış bazı program örnekleridir (34).

Ayak bileği için propriyoseptif antrenman

Nöromüsküler koordinasyonda afferent girdinin önemini ve bu girdi bozulduğu zaman önemli sonuçlar doğurduğunu ilk kez Freeman (24) bildirmiştir. Önceden burkulma geçirmiş hastaların, katıldıkları

propriyoseptif antrenman süreci sonrasında katılmayanlara oranla daha az fonksiyonel instabiliteye maruz kaldıkları gösterilmiştir.

Tropp (83) 10 haftalık bir denge tahtası antrenmanı sürecinde fonksiyonel instabiliteli hastaların pronator kas kuvvetinin gelişebildiğini bulmuştur. Daha fazla antrenmanın ek bir etki sağladığı bulunmamıştır. Wester ve ark (90) evre-2 ayak bileği burkulmasına bağlı kalıcı fonksiyonel instabiliteli 48 hasta (24 antrene edilen, 24 antrene edilmeyen) üzerinde benzer bir çalışma yürütmüştür. Antrene edilmeyen grupla kıyaslandığında 12 hafta antrenman yapan grupta, 230 günlük takip süresince anlamlı ölçüde daha az burkulma gözlenmiştir. Eils ve Rosenbaum (23) altı haftalık, çok istasyonlu bir propriyoseptif egzersiz programının etkilerini bulmak için 30 denekli bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar; 12 farklı egzersizden (minder üstü, sallanma platformu, havalı minder, eversiyon-inversiyon tahtaları, ayak bileği diski, mini trambolin, step, düzensiz zemin, asılma ve sallanma platformları, egzersiz bantları) oluşan “45 saniye egzersiz / 30 saniye molalı” bu istasyonlu antrenman programını takiben eklem pozisyon hissi, postüral salınım ve kas reaksiyon zamanlarında önemli gelişimler olduğunu göstermişlerdir.

Bel bölgesi için propriyoseptif antrenman

Bel sıklıkla hareket zincirinin “zayıf halkası” olarak düşünülmektedir. Dinamik lomber kas stabilizasyonu belin propriyoseptif eğitiminde popüler bir yöntem olmuştur. Bu yöntem, fonksiyonel hareket düzlemlerinde yer alan karın, bel ve gövde kaslarının koordinasyon içinde kuvvetlenmesini kapsar. Nötral bir pelvis, optimal iskeletsel dizilim ve dengeli kuvvet yoluyla doğru yük dağılımı gözetilerek, dinamik lomber stabilizasyon egzersizlerinin giderek artan zorlukta verilmesiyle bu bölgede uyumsal gelişim gözlenir (56).

Propriyoseptif egzersizler

Çok sayıda firmanın propriyoseptif girdi ve dengeyi geliştirmeye yardımcı olduğu ileri sürülen karmaşık bilgisayarlı ekipmanı bulunsa da, çift ekstremiteden tek ekstremitte üzerinde durmaya doğru ilerleyen ve çeşitli yüzeylerde gözler açık/kapalı iken yapılan basit çalışmalarla da sonuç almak olanaklıdır. Bununla birlikte, böyle gelişmiş teknolojik cihazlar propriyoseptif antrenmanlar ve rehabilitasyon programlarında kullanılabilir. Egzersizler, yavaşça ve temkinli yapılan bilinçli tekrarlı hareket serilerini içerdiği gibi, bilinçaltı refleks kas kasılmasını başlatmak

için eklem pozisyonuna aniden dışarıdan uygulanan pertürbasyonları da içermelidir (43).

”Ağrı olmaması” yaralanmanın mutlaka “tamamiyle tedavisi” anlamına gelmez ve propriyoseptif kabiliyet tam onarılmadıkça rehabilitasyon başarıyla tamamlanamaz. Ayrıca, hareket kısıtlılığının veya hasarın düzeltilmesi (ör. mekanik olarak bozulmuş dokunun cerrahiyle düzeltilmesi), dinamik eklem stabilitesini geliştirmek için gerekli olan afferent nöromüsküler girdiyi en üst düzeye çıkarmada yeterli olmayabilir.

Denge antrenmanı

Propriyoseptif egzersizin önemli bir bölümü denge antrenmanıdır. Bu egzersizler çoğunlukla durağan bir aktivitede propriyoseptif sistemin eğitimine yardımcı olmaktadır. Alt ekstremitelerdeki aktiviteler, tek bacakla dengede duruş egzersizlerini, ilerleyen evrede denge tahtası egzersizlerini ve terapist eşliğinde kişiye postüral zorlamayla uygulanabilen tandem egzersizlerini (ör. pertürbasyonlar) kapsayabilir.

Pliyometrik egzersizler

Pliyometrik egzersizler eksenrik bir ön yüklemeyi (hızlı bir eksenrik gerim) takiben kuvvetli bir konsantrik kasılmayı içerir. Bu egzersiz tekniğinin refleks eklem stabilizasyonunu geliştirdiği ve kassal katılığı arttırabildiği düşünülmektedir. Bu teknik, spinal ve beyin sapı düzeylerini bütünleştiren bir nöromüsküler kontrol egzersiz örneği olarak giderek rağbet görmüş, alt ve üst ekstremitelerde kondisyonlanmasına ve rehabilitasyon programlarına etkili katkı sağlamıştır (85). Ayak bileği ve dizde olduğu gibi, hedeflenen tüm kaslarda normale yakın kuvvet kazanıldıktan sonra pliyometrik egzersizler eklenebilir. Omuzda pliyometrikler, ağırlığı bilinen topların sabit veya hareketli geri-tepme tahtalarına doğru çeşitli açılarda fırlatılıp ya da sektirilip yakalanmasıyla, veya bir fizyoterapistin topları çeşitli ve değişken hızlarda hastaya atmasıyla yapılır (34).

İzokinetik egzersizler

Eklem pozisyon hissini geliştiren izokinetik egzersizler, izokinetik cihazlar kullanılarak yapılabilir. Sporcu ekstremitelerini önceden belirlenen bir pozisyonda yerleştirir ve bu pozisyonu tekrar oluşturması istenir. Başlangıçta gözler açık, sonrasında nöromüsküler kontrole yardımcı olabilecek görsel ipuçlarını engellemek için gözler kapalı tutulur. Bu egzersiz, eksenrik ve/veya konsantrik yüklenmelerle birlikte veya bağımsız yapılabilir.

Kinetik zincir egzersizleri

Kapalı-kinetik zincir egzersizleri bacak ve ayaklarda propriyosepsiyonun dinamik ve refleksif yönlerini uyarırlar. Sportif ve günlük yaşam aktiviteleri sırasında alt ekstremiteler kapalı-zincir şeklinde işlev görür. Bu egzersizler doğru nöromüsküler kalıpların tekrar kazanılmasını kolaylaştırır.

Bu egzersizlere örnek olarak leg press, çömelme, dairesel koşu, sekiz çizme, tek bacakla zıplama, dikey sıçrama, yana sıçrama, tek bacakla uzun atlama ve carioca (çapraz yürüme) verilebilir. Üst ekstremitelerde dereceli ve çok yönlü manüel dirençle yapılan fizyoterapist uygulaması kapalı-zincir şeklinde bir propriyoseptif geribildirim sağla-yabilir. Manüel direnç ve ritmik stabilizasyonla (uygulanmış basıncın yönünde hızlı değişim) yapılan açık-zincir egzersizlerinin de propriyo-sepsiyona faydalı olduğu düşünülmektedir. Her iki durumda da, hastanın gelişimleri ve ağrı toleransına bağlı olarak direnç değiştirilebilir.

Reaksiyon zamanı

Reaksiyon zamanının uzunluğu, çevresel uyaranlara yanıtta motor aktivitenin tek başına yeterli sayılamayacağını gösterir. Yaralanmalardan korunmak için bir grup depolanmış kas komutu gereklidir. Egzersizlerin tekrarlanması tepki süresinde potansiyel azalmaya ve beyin korteksince görev için en etkili motor kalıbın belirlenmesine katkı sağlamaktadır (85).

Spora-özgü manevralar

Herhangi bir fonksiyonel rehabilitasyon veya kondisyonlanma programının son safhası, sporcunun günlük sportif aktivitelerindekine benzer egzersizleri içermelidir. Antrenmandaki bu özgüllük ileribildirim mekanizmasını, refleksi ve bilinçle kontrol edilen motor fonksiyonları geliştirir (34). Spora özgü egzersizler propriyoseptif yollarda “sıkı bağlantıya” ve bu aktivitelere özgü nöromüsküler belleğin yoğunlaşmasına hizmet edecektir. Spora özgü manevra ve pozisyonlar, ağrı ve fonksiyon kaybı olmaksızın azami ölçüde yapılabildiğinde rehabilitasyon tamamlanacaktır. Bu beceriler hastanın yarışmalara dönmesinden önce laboratuarda, klinikte veya sahada test edilmelidir.

Özetlenecek olursa, rehabilitasyon ve kondisyonlama amacıyla oluşturulan programların eklem pozisyon hissini, eklem hareket

farkındalığını, dinamik eklem stabilitesini ve tepkisel nöromüsküler kontrolü geliştiren egzersizleri içermesi bir gerekliliktir.

Egzersiz sırasındaki ağrı zamanla tolere edildiği için, programın ilerleyişi kolaydan başlanıp giderek zorlaşan hareketlerle tasarlanmalıdır (88).

Kolay: çift bacak	Zor: tek bacak
ayakta duruş pozisyonu (zemin üstünde)	hareketli platformlar ve çeşitli yüzeyler (ör. havalı veya köpük yastıklar)
tek yönlü (ör. sallanma tahtası, ayak bileği inversion-eversion tahtaları, ayak bileği fleksiyon-ekstansiyon tahtaları)	çok yönlü (ör. Ayak bileği diski, mini trambolin)
gözler açık	gözler kapalı
eller serbest	kollar sabit (göğüste çaprazlanmış)
düz bacak	bükülü diz
az tekrarlı ve setli	çok tekrarlı ve setli
basit alıştırmalar (ör. yürüme, aşağı ve yukarı adımlama)	zor alıştırmalar (ör. zıplamalar, sıçramalar, pertürbasyonlar ve pliyometrikler)

REFERENCES

1. Adlerton AK, Moritz U, Moe-Nilssen R: Forceplate and accelerometer measures for evaluating the effect of muscle fatigue on postural control during one-legged stance. *Physiother Res Int* **8**: 187-99, 2003.
2. Ageberg E, Roberts D, Holmström E, Fridén T: The effect of short-duration sub-maximal cycling on balance in single-limb stance in patients with anterior cruciate ligament injury: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord* **5**: 44, 2004.
3. Arnold BL, Schmitz RJ: Examination of balance measures produced by the Biodex Stability System. *J Athl Train* **33**: 323-7, 1998.
4. Aydın T, Yıldız Y, Yanmış I, Yıldız C, Kalyon TA: Shoulder proprioception: a comparison between the shoulder joint in healthy and surgically repaired shoulders. *Arch Orthop Trauma Surg* **121**: 422-5, 2001.
5. Bahr R: Injury prevention. In: *Volleyball, Handbook of Sports Medicine and Science*. Reeser JC, Bahr R (Eds), Malden, Mass, Blackwell Science, 2003, pp 94-106.

6. Barden JM, Balyk R, Raso VJ, Moreau M, Bagnall K: Dynamic upper limb proprioception in multidirectional shoulder instability. *Clin Orthop Relat Res* **420**: 181-9, 2004.
7. Barrack RL, Skinner HB, Brunet ME, Cook SD: Joint kinesthesia in the highly trained knee. *J Sports Med Phys Fitness* **24**: 18-20, 1984.
8. Barrack RL, Skinner HB, Buckley SL: Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *Am J Sports Med* **17**: 1-6, 1989.
9. Barrack RL, Lund PJ, Skinner HB: Knee joint proprioception revisited. *J Sport Rehab* **3**: 18-42, 1994.
10. Barrett DS: Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J Bone Joint Surg Br* **73**: 833-7, 1991.
11. Barrett DS, Cobb AG, Bentley G: Joint proprioception in normal, osteoarthritic and replaced knees. *J Bone Joint Surg Br* **73**: 53-6, 1991.
12. Bähris H, Perlick L, Blum C, Lüring C, Perlick C, Grifka J: Midvastus approach in total knee arthroplasty: a randomized, double-blinded study on early rehabilitation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* **13**: 545-50, 2005.
13. Beard DJ, Kyberd PJ, O'Connor JJ, Fergusson CM, Dodd CA: Reflex hamstring contraction latency in anterior cruciate ligament deficiency. *J Orthop Res* **12**: 219-28, 1994.
14. Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Maki B: Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health* **83 (Suppl 2)**: 7-11, 1992.
15. Beynon BD, Ryder SH, Konradsen L, Johnson RJ, Johnson K, Renström PA: The effect of anterior cruciate ligament trauma and bracing on knee proprioception. *Am J Sports Med* **27**: 150-5, 1999.
16. Borsa PA, Lephart SM, Irrgang JJ, Safran MR, Fu FH: The effects of joint position and direction of joint motion on proprioceptive sensibility in anterior cruciate ligament-deficient athletes. *Am J Sports Med* **25**: 336-40, 1997.
17. Bunton EE, Pitney WA, Cappaert TA, Kane AW: The role of limb torque, muscle action and proprioception during closed kinetic chain rehabilitation of the lower extremity. *J Athl Train* **28**: 10-20, 1993.
18. Cornwall MW, Murrell P: Postural sway following inversion sprain of the ankle. *J Am Podiatr Med Assoc* **81**: 243-7, 1991.
19. De Avila GA, O'Connor BL, Visco DM, Sisk TD: The mechanoreceptor innervation of the human fibular collateral ligament. *J Anat* **162**: 1-7, 1989.
20. Dover G, Powers ME: Cryotherapy does not impair shoulder joint position sense. *Arch Phys Med Rehabil* **85**: 1241-6, 2004.
21. Dunn TG, Gillig SE, Ponsor SE, Weil N, Utz SW: The learning process in feedback: Is it feed- forward or feedback? *Biofeedback Self Regul* **11**: 143-56, 1986.

22. Edmonds G, Kirkley A, Birmingham TB, Fowler PJ: The effect of early arthroscopic stabilization compared to nonsurgical treatment on proprioception after primary traumatic anterior dislocation of the shoulder. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* **11**: 116-21, 2003.
23. Eils E, Rosenbaum D: A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* **33**: 1991-8, 2001.
24. Freeman MA: Instability of the foot after injuries to the lateral ligament of the ankle. *J Bone Joint Surg Br* **47**: 669-77, 1965.
25. Fridén T, Roberts D, Zätterström R, Lindstrand A, Moritz U: Proprioception in the nearly extended knee. Measurements of position and movement in healthy individuals and in symptomatic anterior cruciate ligament injured patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* **4**: 217-24, 1996.
26. Fridén T, Roberts D, Zätterström R, Lindstrand A, Moritz U: Proprioception after an acute knee ligament injury: a longitudinal study on 16 consecutive patients. *J Orthop Res* **15**: 637-44, 1997.
27. Fridén T, Roberts D, Movin T, Wredmark T: Function after anterior cruciate ligament injuries. Influence of visual control and proprioception. *Acta Orthop Scand* **69**: 590-4, 1998.
28. Fridén T, Roberts D, Zätterström R, Lindstrand A, Moritz U: Proprioceptive defects after an anterior cruciate ligament rupture: the relation to associated anatomical lesions and subjective knee function. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* **7**: 226-31, 1999.
29. Fuchs S, Tibesku CO, Frisse D, Genkinger M, Laass H, Rosenbaum D: Clinical and functional comparison of uni- and bicondylar sledge prostheses. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* **13**: 197-202, 2005.
30. Georgoulis AD, Pappa L, Moebius U, et al: The presence of proprioceptive mechanoreceptors in the remnants of the ruptured ACL as a possible source of re-innervation of the ACL autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* **9**: 364-8, 2001.
31. Glencross D, Thornton E: Position sense following joint injury. *J Sports Med Phys Fitness* **21**: 23-7, 1981.
32. Gosselin G, Rassoulian H, Brown I: Effects of neck extensor muscles fatigue on balance. *Clin Biomech* **19**: 473-9, 2004.
33. Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, Buckley WE: The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. *J Athl Train* **39**: 321-9, 2004.
34. Griffin ETTY LY: Neuromuscular training and injury prevention in sports. *Clin Orthop Relat Res* **409**: 53-60, 2003.
35. Grigg P, Hoffman AH: Properties of Ruffini afferents revealed by stress analysis of isolated sections of cat knee capsule *J Neurophysiol* **47**: 41-54, 1982.

36. Grigg P, Hoffman AH: Calibrating joint capsule mechanoreceptors as in vivo soft tissue load cells. *J Biomech* **22**: 781-5, 1989.
37. Grigg P: Peripheral neural mechanism in proprioception. *J Sports Rehab* **3**: 2-17, 1994.
38. Grigg P: Articular neurophysiology In: *Athletic Injuries and Rehabilitation*. Zachasewski JE, Magee DJ, Quillen WS (Eds), Philadelphia, Saunders, 1996, pp 152-69.
39. Gross MT: Effects of recurrent lateral ankle sprain on active and passive judgements of joint position. *Phys Ther* **67**: 1505-9, 1987.
40. Guyton AC: *Textbook of Medical Physiology*. 6th ed, Philadelphia, Saunders, 1981, pp 122-37, 534-6, 562-4, 588-95, 629.
41. Hansen MS, Dieckmann B, Jensen K, Jakobsen BW: The reliability of balance tests performed on the kinesthetic ability trainer (KAT 2000). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* **8**: 180-5, 2000.
42. Heetderks WJ: Principal component analysis of neural population response of knee joint proprioceptors in cat. *Brain Res* **156**: 51-65, 1978.
43. Hoffman M, Payne VG: The effects of proprioceptive ankle disk training on healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther* **21**: 90-3, 1995.
44. Hopper DM, Creagh MJ, Formby PA, Goh SC, Boyle JJ, Strauss GR: Functional measurement of knee joint position sense after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Phys Med Rehabil* **84**: 868-72, 2003.
45. Janwantanakul P, Magarey ME, Jones MA, Dansie BR: Variation in shoulder position sense at mid and extreme range of motion. *Arch Phys Med Rehabil* **82**: 840-4, 2001.
46. Jerosch J, Prymka M: Proprioception and joint stability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* **4**: 171-9, 1996.
47. Jerosch J, Brinkmann T, Schneppenheim M: The angle velocity reproduction test (AVRT) as sensorimotor function of the glenohumeral complex. *Arch Orthop Trauma Surg* **123**: 151-7, 2003.
48. Johansson H, Sjölander P, Sojka P: Activity in receptor afferents from the anterior cruciate ligament evokes reflex effects on fusimotor neurons. *Neurosci Res* **8**: 54-9, 1990.
49. Johansson H, Sjölander P, Sojka P: Receptors in the knee joint ligaments and their role in the biomechanics of the joint. *Crit Rev Biomed Eng* **18**: 341-68, 1991.
50. Karlsson J, Andreasson GO: The effect of external ankle support in chronic lateral ankle joint instability. An electromyographic study. *Am J Sports Med* **20**: 257-61, 1992.

51. Katonis PG, Assimakopoulos AP, Agapitos MV, Exarchou EI: Mechanoreceptors in the posterior cruciate ligament. Histological study on cadaver knees. *Acta Orthop Scand* **62**: 276-8, 1991.
52. Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC: Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J Sports Med* **10**: 329-35, 1982.
53. Konradsen L, Ravn JB: Ankle instability caused by prolonged peroneal reaction time. *Acta Orthop Scand* **61**: 388-90, 1990.
54. Kovacs EJ, Birmingham TB, Forwell L, Litchfield RB: Effect of training on postural control in figure skaters: a randomized controlled trial of neuromuscular versus basic off-ice training programs. *Clin J Sports Med* **14**: 215-24, 2004.
55. Krenn V, Hofmann S, Engel A: First description of mechanoreceptors in the corpus adiposum infrapatellare of man. *Acta Anatomica* **137**: 187-8, 1990.
56. Laskowski ER, Newcomer-Aney K, Smith J: Refining rehabilitation with proprioception training: expediting return to play. *Phys Sportsmed* **25**: 89-104, 1997.
57. Lee HM, Liau JJ, Cheng CK, Tan CM, Shih JT: Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. *Clin Biomech* **18**: 843-7, 2003.
58. Lephart SM, Kocher MS, Fu FH, et al: Proprioception following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sport Rehabil* **1**: 188-96, 1992.
59. Lephart SM: Reestablishing proprioception, kinesthesia, joint position sense and neuromuscular control in rehabilitation. In: *Rehabilitation Techniques in Sports Medicine*, 2nd ed. Prentice WE (Ed), St Louis, Mosby, 1994, pp 118-37.
60. Lephart SM, Warner JP, Borsa PA, et al: Proprioception of the shoulder in normal, unstable and post-surgical individuals. *J Shoulder Elbow Surg* **3**: 371-80, 1994.
61. Lephart SM, Henry TJ: The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. *J Sport Rehab* **5**: 71-87, 1996.
62. Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, Fu FH: The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med* **25**: 130-7, 1997.
63. Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL: Proprioception of the ankle and knee. *Sports Med* **25**: 149-55, 1998.
64. Lephart SM, Myers JB, Bradley JP, Fu FH: Shoulder proprioception and function following thermal capsulorrhaphy. *Arthroscopy* **18**: 770-8, 2002.
65. Madeleine P, Prietzel H, Svarrer H, Arendt-Nielsen L: Quantitative posturography in altered sensory conditions: a way to assess balance instability in patients with chronic whiplash injury. *Arch Phys Med Rehabil* **85**: 432-8, 2004.

66. Michelson JD, Hutchins C: Mechanoreceptors in human ankle ligaments. *J Bone Joint Surg Br* **77**: 219-24, 1995.
67. Mora I, Quinteiro-Blondin S, Pérot C: Electromechanical assessment of ankle stability. *Eur J Appl Physiol* **88**: 558-64, 2003.
68. Noyes FR, Barber SD, Mangine RE: Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med* **19**: 513-8, 1991.
69. Ochi M, Iwasa J, Uchio Y, Adachi N, Sumen Y: The regeneration of sensory neurons in the reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br* **81**: 902-6, 1999.
70. Ramsay JR, Riddoch MJ: Position-matching in the upper limb: professional ballet dancers perform with outstanding accuracy. *Clin Rehabil* **15**: 324-30, 2001.
71. Richie DH Jr: Functional instability of the ankle and the role of neuromuscular control: a comprehensive review. *J Foot Ankle Surg* **40**: 240-51, 2001.
72. Risberg MA, Ekeland A: Assessment of functional tests after anterior cruciate ligament surgery. *J Orthop Sports Phys Ther* **19**: 212-7, 1994.
73. Robbins S, Waked E, Rappel R: Ankle taping improves proprioception before and after exercise in young men. *Br J Sports Med* **29**: 242-7, 1995.
74. Roberts D, Ageberg E, Andersson G, Fridén T: Effects of short-term cycling on knee joint proprioception in ACL-deficient patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* **12**: 357-63, 2004.
75. Safran MR, Allen AA, Lephart SM, Borsa PA, Fu FH, Harner CD: Proprioception in the posterior cruciate ligament deficient knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* **7**: 310-7, 1999.
76. Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L: Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study. *J Bone Joint Surg Am* **66**: 1072-6, 1984.
77. Schutte MJ, Dabezies EJ, Zimny ML, Happel LT: Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am* **69**: 243-7, 1987.
78. Smith RL, Brunolli J: Shoulder kinesthesia after anterior glenohumeral joint dislocation. *Phys Ther* **69**: 106-12, 1989.
79. Snyder-Mackler L, Fitzgerald GK, Bartolozzi AR 3rd, Ciccotti MG: The relationship between passive joint laxity and functional outcome after anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med* **25**: 191-5, 1997.
80. Sojka P, Sjölander P, Johansson H, Djupsjöbacka M: Influence from stretch-sensitive receptors in the collateral ligaments of the knee joint on the gamma-muscle- spindle systems of flexor and extensor muscles. *Neurosci Res* **11**: 55-62, 1991.

81. Swanik KA, Lephart SM, Swanik CB, Lephart SP, Stone DA, Fu FH: The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *J Shoulder Elbow Surg* **11**: 579-86, 2002.
82. Tittel K: Coordination and balance. In: *Encyclopedia of Sports Medicine*. Vol 1. Dirix A, Knuttgen HG, Tittel K (Eds), Oxford, Blackwell Scientific Pub, 1988, pp 194-211.
83. Tropp H: Pronator muscle weakness in functional instability of the ankle joint. *Int J Sports Med* **7**: 291-4, 1986.
84. Tropp H, Odenrick P: Postural control in single-limb stance. *J Orthop Res* **6**: 833-9, 1988.
85. Tropp H, Alaranta H, Renström A: Proprioception and coordination training in injury prevention. In: *Sports Injuries, Basic Principles of Prevention and Care*. PAFH Renström (Ed), Oxford, Blackwell Scientific Pub, 1993, pp 277-88.
86. Tyldesling B, Greve JI: *Muscles, Nerves, Anti-Movement: Kinesiology in Daily Living*. Boston, Blackwell Scientific Pub, 1998, pp 26, 34, 284.
87. Ülkar B, Kunduracioğlu B, Çetin C, Güner RS: Effect of positioning and bracing on passive position sense of shoulder joint. *Br J Sports Med* **38**: 549-52, 2004.
88. Ünver F: *The Effects of Proprioceptive Training on Ankles with Inversion Injuries*. Doctoral thesis, Hacettepe University Institute of Health Sciences, Ankara, 2004.
89. Warner JJ, Lephart S, Fu FH: Role of proprioception in pathoetiology of shoulder instability. *Clin Orthop Relat Res* **330**: 35-9, 1996.
90. Wester JU, Jespersen SM, Nielsen KD, Neumann L: Wobble board training after partial sprains of the lateral ligaments of the ankle: a prospective randomized study. *J Orthop Sports Phys Ther* **23**: 332-6, 1996.
91. Zimny ML, Albright DJ, Dabezies E: Mechanoreceptors in the human medial meniscus. *Acta Anat* **133**: 35-40, 1988.

Yazışma için e-mail: emin.ergen@medicine.ankara.edu.tr