

## ELİT GENÇ BAYAN VOLEYBOLCULARIN FONKSİYONEL HAREKET PATERİNİ İÇERİSİNDEKİ OMUZ KAS KUVVET ÖZELLİKLERİ

Ufuk ŞEKİR\*, Bedrettin AKOVA\*, Zekine PÜNDÜK\*, Hakan GÜR\*

### ÖZET

Bu çalışma ile elit genç bayan voleybolcuların omuz kas kuvvet özelliklerinin incelenmesi amaçlandı. Çalışmaya 13-16 yaşlarında 12 bayan voleybolcu gönüllü olarak dahil edildi. Her iki omuzda gerçekleştirilen kuvvet testleri voleyboldaki smaç ve servis aktivitesine benzeyen pozisyonda yapıldı. Omuzların fleksiyon-abduksiyon-eksternal rotasyon (F-AB-ER) ve ekstansiyon-adduksiyon-internal rotasyon (E-AD-İR) kuvvetleri 30°/sn, 240°/sn ve 400°/sn'lik hızlarda izokinetik dinamometre (Cybex 6000) ile değerlendirildi. Antagonist/agonist zirve kuvvet oranı F-AB-ER'deki ve E-AD-İR'deki zirve kuvvet değerlerinin oranı ile elde edildi. Veriler Wilcoxon testi ile karşılaştırıldı. Her üç açısız hızda dominant omuzun E-AD-İR zirve kuvvet değerleri non-dominant omuz değerlerinden anlamlı olarak daha yüksekti (30°/sn ve 240°/sn için  $p<0.01$ , 400°/sn için  $p<0.05$ ). Buna karşılık F-AB-ER için omuzlar arasında anlamlı bir farklılık bulunmadı ( $p>0.05$ ). Antagonist/agonist zirve kuvvet oranı sadece 30°/sn'lik açısız hız için iki kol arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ( $p<0.05$ ) farklıydı.

**Anahtar sözcükler:** Voleybol, omuz, kadın, izokinetik test, kuvvet dengesizliği

### SUMMARY

#### SHOULDER STRENGTH CHARACTERISTICS OF ELITE JUNIOR FEMALE VOLLEYBALL PLAYERS IN A FUNCTIONAL MOVEMENT PATTERN

*The purpose of this study was to determine shoulder strength characteristics of elite junior female volleyball players. Twelve female*

\* Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Spor Hekimliği Anabilim Dalı, Bursa

*volleyball players aged 13 to 16 years volunteered for this investigation. Strength tests, executed on both shoulders, were performed in a position resembling that during serving and spiking in volleyball. Isokinetic flexion-abduction-external rotation (F-AB-ER) and extension-adduction-internal rotation (E-AD-IR) strength of the shoulders were measured at speeds of 30°/s, 240°/s and 400°/s using an isokinetic dynamometer (Cybex 6000). The antagonist to agonist peak torque ratio was calculated through the ratio of the peak torques for F-AB-ER and E-AD-IR. The Wilcoxon test was used to compare the data. Peak torque of the E-AD-IR pattern on the dominant shoulder was significantly higher than that of the non-dominant shoulder at all test speeds ( $p<0.01$  for 30°/s and 240°/s,  $p<0.05$  for 400°/s). On the other hand, no significant difference was found between the shoulders for the F-AB-ER pattern. The antagonist to agonist peak torque ratio was statistically ( $p<0.05$ ) different between the shoulders merely for the speed of 30°/s. These results provide valuable information for studies aiming the prevention and rehabilitation of shoulder injuries in volleyball players.*

**Key words:** Volleyball, shoulder, female, isokinetic test, strength imbalance

## GİRİŞ

Voleybol, tenis, yüzme, cirit atma, beysbol gibi tekrarlayıcı ve güç gerektiren baş üstü aktiviteleri içeren spor türlerinde omuz eklemının yaralanma olasılığı yüksektir (1). Omuz kaslarının antagonist/agonist kuvvet dengesizliğinin bu eklemdaki yaralanma oranı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (10,30). Bu nedenle, gerek spora katılım öncesi muayenede, gerekse yaralanma sonrası rehabilitasyonda omuz eklemının agonist ve antagonist kas kuvvetinin değerlendirilmesinin önemi vurgulanmaktadır (11).

Atış hareketi sırasında; skapula rotatorları (trapezius, serratus anterior, rhomboidler, levator skapula), gövdeyi ve skapulayı humerusa birleştiren kaslar (deltoid, pektoralis major ve minör, latissimus dorsi, teres major) ve rotator manşet kasları (subskapularis, supraspinatus, infraspinatus, teres minör) gibi bütün omuz kompleksi kaslarının görev aldığı bilinmesine karşın, çalışmalarda yalnızca internal ve eksternal rotator kasların kuvvetleri incelenmiştir. Omuzun internal ve eksternal rotatorlarının izokinetik kas kuvvet özellikleri ise sıklıkla beysbol ve tenisçilerde araştırılmıştır (2,4,6,7,12,20). Voleybolcular üzerinde yapılan sınırlı sayıda çalışmaları incelendiğinde (3,19,29); bir çalışmada erkek voleybolcularda dominant omuzun internal rotator ve non-dominant

omuzun eksternal rotator kas kuvvetinde anlamlı bir artış bulunurken (29), diğer bir çalışmada erkek voleybolcularda dominant omuzda hem internal ve hem de eksternal rotator kas kuvvetinde artış olduğu rapor edilmiştir (19). Bayan voleybolcular ile yapılan çalışmaların birinde her iki omuz arasında internal ve eksternal rotator kas kuvveti açısından bir farklılık saptanamazken (19), diğer bir çalışmada bayanların dominant omuzlarında internal rotator kas kuvvetinde artışa karşın eksternal rotator kas kuvvetinde değişiklik olmadığı bildirilmiştir (3).

Baş üstü aktiviteleri içeren sporları yapan sporcuların her iki omuz arasındaki kuvvet farklılıklarını ortaya koymanın yanısıra antagonist/agonist kuvvet oranlarını belirlemek yaralanmaları önlemek ve rehabilitasyon açısından da önemlidir (10,11,30). Bu oranın omuz yaralanmaları, özellikle de "impingement" ve instabilite için önemli bir belirleyici olabileceği ileri sürülmüştür (5,18). Beysbolcülerde eksternal/ internal rotatör kuvvet oranının dominant omuzda non-dominant omuzdan % 4-11 daha düşük olduğu tespit edilmiştir (9,11,15,23,31).

Çalışmalarda omuz kas kuvveti ölçümleri çeşitli pozisyonlarda uygulanmış ve glenohumeral eklemin pozisyonundaki değişim ile birlikte sonuçlar da farklılık göstermiştir (13,14,25,28). Bunun yanında voleybolda bir çok fonksiyonel aktivite F-AB-ER ve E-AD-İR hareket dizisi içerisinde yapıma eğilimindedir. Ulaşılabilen kaynaklarda erkek sporcularla yapılan bir çalışma dışında (27), bayan voleybolcularda smaç ve servis aktivitesini yansıtan böyle bir pozisyonda uyarlanmış bir çalışmaya rastlayamadık. Bu nedenle, bu çalışma ile elit genç bayan voleybolcuların smaç ve servis aktivitesine benzeyen pozisyonda omuz kas kuvvet özelliklerinin incelenmesi amaçlandı.

## GEREÇ VE YÖNTEM

### Denekler

Bir önceki sezon kendi yaş gruplarında Türkiye Şampiyonu olan ve bayan voleybol liginde mücadele eden bir takımın alt yapısında oynayan 12 bayan voleybolcu yazılı izinleri alınarak çalışmaya dahil edildi. Deneklerin yaşları 13-16 arasında ( $14.7 \pm 1.1$ ), boyları  $169.4 \pm 5.1$  cm ve vücut ağırlıkları  $60.6 \pm 8.2$  kg idi. Smaç ve servis atışında kullandıkları kolları esas alındığında dokuzunun sağ, üçünün ise sol tarafı dominant olarak kullandıkları tespit edildi.

Deneklerin omuz ile ilgili yakınmaları bulunmamaktaydı. Ayrıca, çalışmadan altı ay öncesine kadar hiçbirinde omuz ağrısı ya da instabilite

öyküsü yoktu. Daha önceden hiçbirinin omuz eklemine cerrahi uygulama yapılmamış, ya da instabilite ve rotator manşon yırtığı teşhisi konmamıştı.

### **İzokinetik Test**

Çalışmaya dahil edilen deneklerin testleri kalibrasyonu yapılmış olan izokinetik dinamometresi (Cybex 6000, Cybex Inc, Ronkonkoma, ABD) ve üst gövde masası kullanılarak gerçekleştirildi. Bu dinamometrelerin konsantrik kasılmalar için mekanik ve fizyolojik güvenilirliği daha önceden kanıtlanmış ve yayınlanmıştır (26).

Teste başlamadan önce denekler kol ergometresinde (Monark 881, İsveç) dk'da 75 devirde 450 kgm/dk iş gücü ile 5 dk süre ile ısındılar. Isınma egzersizini takiben denekler test masasına sırt üstü yatırıldı ve gövdeleri bantlar ile sabitlendi. Deneklerin kollarını voleyboldaki smaç ve servis atışına benzer konuma getirmek amacı ile test masasına izokinetik dinamometreye göre yatay düzlemde 30° açı ile pozisyon verildi ve omuz eklemi ile izokinetik dinamometrenin rotasyon aksı aynı hizaya getirildi. Bu şekilde, denekler fonksiyonel bir hareket tarzı içerisinde omuzlarını F-AB-ER konumundan E-AD-İR konumuna 150°'lik hareket açıklığı boyunca hareket ettirebildiler. Diğer ellerini sabitlemek için test masasının tutamağını kavramaları istendi. Ölçümlere öncelikle dominant olmayan omuzdan başlandı. Testler 30°/sn, 240°/sn ve 400°/sn'lik açısal hızlarda konsantrik kasılma tipi kullanılarak gerçekleştirildi. Maksimal teste başlamadan önce her bir denek, eklem hareket açıklığına ve dinamometrenin oluşturacağı dirence alışabilmek için üç submaksimal deneme yaptı. Bunu 30°/sn ve 240°/sn açısal hızda dört ve 400°/sn açısal hızda 20 tekrarlı maksimal kasılma takip etti. Açısal hızlar arasında denekler 30 sn dinlendi.

Antagonist/agonist zirve kuvvet oranı, F-AB-ER'deki zirve kuvvet ("peak" tork) değerinin E-AD-İR'deki aynı değere bölünmesi ile elde edildi. Her bir denekte, 30°/sn açısal hız için fonksiyonel hareket dizisi içerisinde her 10°'deki zirve kuvvet verileri hesaplanarak kuvvet eğrisi oluşturuldu. Testler sırasında denekler sözlü olarak cesaretlendirilirken, pozisyonlarından dolayı görsel geri bildirim alma olanakları yoktu. Test sırasındaki hareket yönü yer çekimine paralel olmadığı ve E-AD-İR ve F-AB-ER paternindeki kas gruplarının kuvvet uyguladıkları esnada yer çekimi ile aynı ve karşı doğrultuda kasılmalarından dolayı yer çekimi düzeltmeleri yapılmadı (11).

### İstatistiksel Analiz

İstatistiksel değerlendirmede SPSS istatistik programı (v.10.0) kullanıldı. Sonuçlar aritmetik ortalama  $\pm$  standart sapma olarak verildi. Her iki omuz arasındaki verilerinin karşılaştırılması, eşleştirilmiş örnekler için kullanılan parametrik olmayan Wilcoxon testi ile yapıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi olarak  $p < 0.05$  değeri kriter alındı.

### BULGULAR

Dominant ve dominant olmayan kolların  $30^\circ/\text{sn}$ ,  $240^\circ/\text{sn}$  ve  $400^\circ/\text{sn}$  hızdaki ortalama zirve F-AB-ER ve E-AD-İR kas kuvvet değerleri Tablo 1'de verilmektedir. Dominant omuzun E-AD-İR kuvveti hem düşük ( $30^\circ/\text{sn}$ ) ve hem de yüksek ( $240^\circ/\text{sn}$ ,  $400^\circ/\text{sn}$ ) test hızlarında dominant olmayan omuzdan anlamlı düzeyde ( $30^\circ/\text{sn}$  ve  $240^\circ/\text{sn}$  için  $p < 0.01$ ,  $400^\circ/\text{sn}$  için  $p < 0.05$ ) daha yüksek idi.

**Tablo 1.** Bayan voleybolcuların fonksiyonel hareket paterni içerisinde üç farklı açısız hızda E-AD-İR ve F-AB-ER için zirve kuvvet ("peak" torq) değerleri, Nm.

	$30^\circ/\text{sn}$		$240^\circ/\text{sn}$		$400^\circ/\text{sn}$	
	E-AD-İR	F-AB-ER	E-AD-İR	F-AB-ER	E-AD-İR	F-AB-ER
Dominant	60.8 $\pm$ 10.0**	41.5 $\pm$ 8.4	43.7 $\pm$ 8.1**	29.2 $\pm$ 6.2	37.6 $\pm$ 8.1*	20.6 $\pm$ 8.0
Non-dominant	52.8 $\pm$ 10.4	40.8 $\pm$ 11.2	37.7 $\pm$ 7.4	25.7 $\pm$ 7.4	31.4 $\pm$ 8.7	19.2 $\pm$ 8.0

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$  (dominant ve non-dominant kollar arasında)

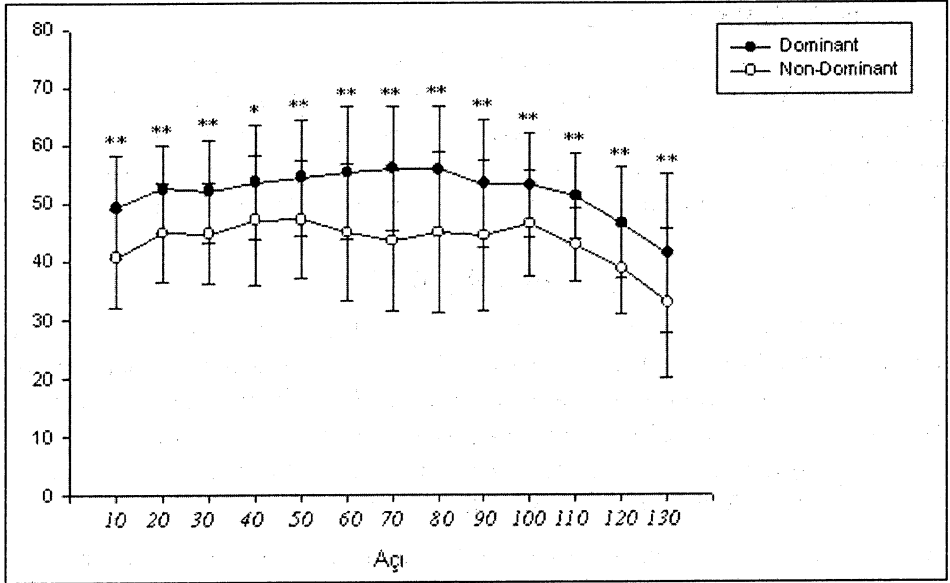
Tablo 2'de F-AB-ER kuvvetinin E-AD-İR kuvvetine bölünmesi ile hesaplanan ortalama oran değerleri sunulmuştur. Oranların dominant kolda her üç açısız hızda da non-dominant omuzdan daha düşük oldukları gözlemlendi. Bununla birlikte sadece düşük açısız hızdaki ( $30^\circ/\text{sn}$ ) oran açısından iki kol arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardı ( $p < 0.05$ ).

**Tablo 2.** Bayan voleybolcuların fonksiyonel hareket paterni içerisinde üç farklı açısız hızda (F-AB-ER) / (E-AD-İR) kuvvet oranları.

Oran	$30^\circ/\text{sn}$	$240^\circ/\text{sn}$	$400^\circ/\text{sn}$
Dominant	0.69 $\pm$ 0.10*	0.68 $\pm$ 0.14	0.56 $\pm$ 0.21
Non-dominant	0.78 $\pm$ 0.17	0.70 $\pm$ 0.20	0.58 $\pm$ 0.19

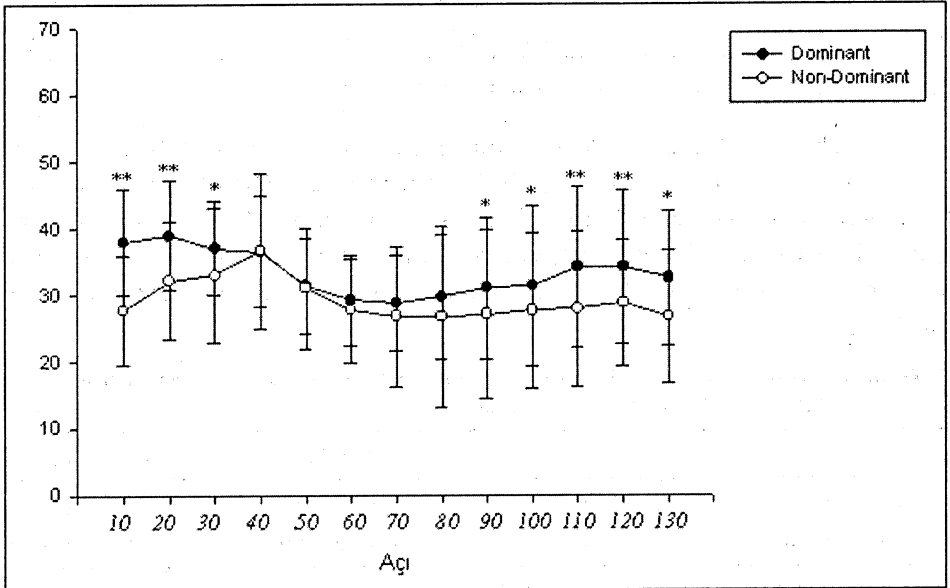
\*  $p < 0.05$  (dominant ve non-dominant kollar arasında)

Deneklerin  $30^\circ/\text{sn}$  açısız hızda F-AB-ER ve E-AD-İR dizileri için elde edilen kuvvet eğrileri sırasıyla Şekil 1 ve 2'de verilmiştir. E-AD-İR



\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$  (dominant ve non-dominant kollar arasında)

**Şekil 1.** 30°/sn açısal hızda fonksiyonel hareket sırasında E-AD-İR paterni kasları için elde edilen kuvvet eğrisi.



\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$  (dominant ve non-dominant kollar arasında)

**Şekil 2.** 30°/sn açısal hızda fonksiyonel hareket sırasında F-AB-ER paterni kasları için elde edilen kuvvet eğrisi.

paterni sırasında her açıda dominant ve non-dominant kol arasında anlamlı bir farklılık mevcuttu ( $p<0.05$  ve  $p<0.01$ , Şekil 1). Buna karşılık F-AB-ER paterni sırasında kuvvet eğrisine bakıldığında, sadece hareketin başlangıç ve bitişini temsil eden son açılarda istatistiksel anlamlı farklılık saptandı ( $p<0.05$  ve  $p<0.01$ , Şekil 2).

Deneklerin  $30^\circ/\text{sn}$  açısal hızda zirve kuvvete ulaştığı ortalama açı değerleri dominant ve non-dominant omuzda sırasıyla E-AD-İR paterni için  $65 \pm 26^\circ$  ve  $58 \pm 24^\circ$  ve F-AB-ER paterni için  $43 \pm 30^\circ$  ve  $53 \pm 23^\circ$  olarak saptandı. Bu değerler omuzlar arasında istatistiksel olarak anlamlı ( $p>0.05$ ) bir farklılık göstermemekteydi.

### TARTIŞMA

Bu çalışmada fonksiyonel hareket dizisi içerisindeki agonist (E-AD-İR) ve antagonist (F-AB-ER) kas gruplarının konsantrik kuvveti ve kuvvet oranları karşılaştırıldı. Her üç açısal hızda dominant omuzun kaslarının zirve kuvvet değerlerinin non-dominant omuzdan anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu tespit edildi. Buna karşılık F-AB-ER paternindeki kas grubu için omuzlar arasında anlamlı düzeyde bir farklılık bulunamadı. Dominant omuzun E-AD-İR paternindeki kas grubunun konsantrik kuvvetindeki artış, ağırlıklı olarak baş üstü aktivitelerini yapan sporcularda gerçekleştirilen önceki araştırmalar ile benzerlik göstermektedir (3,6,7,11,12,15,23). Beysbolcular (11,15,23), tenisçiler (6,7,12) ve voleybolcularla (3) yapılan çalışmalarda, araştırmacılar atış hareketinin agonist kuvvetini yansıtan internal rotator kas kuvvetinin dominant omuzda non-dominant omuzdan yüksek olduğunu, buna karşın antagonist kas kuvvetini yansıtan eksternal rotator kas kuvvetinin ise benzer olduğunu rapor etmişlerdir. Diğer bir grup araştırmacı (2,20,22,24,31) ise internal rotator kas kuvveti açısından her iki taraf arasında anlamlı bir farklılık bulamamıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar farklı sporcu gruplarında ve değişik test protokolleriyle (farklı omuz eklem pozisyonu, farklı açısal hız ve farklı ölçüm aleti) uygulandığı için, çalışmalarda elde edilen kas kuvvet verilerinin birbiri ile karşılaştırılması güçlük göstermektedir.

Ulaşılabilen kaynaklar incelendiğinde, çalışmamızdakine benzer test pozisyonunda, donanımda ve benzer açısal hızlarda fakat erkek sporcularda gerçekleştirilmiş olan bir çalışmaya rastlanmıştır (27). Her ne kadar istatistiksel açıdan anlamlı olmasa da, Tunay ve ark.'nın (27) çalışmasında erkek voleybolcuların dominant omuzlarında  $60^\circ/\text{sn}$  ve  $180^\circ/\text{sn}$  hızlarda E-AD-İR kuvveti daha yüksek bulunmuştur.

Baş üstü aktivite yapan sporcuların omuz eklemi antagonist kas kuvvet ölçümlerinin izokinetik eksantrik biçimde yapılmasının daha uygun olacağı ifade edilmektedir. Jobe ve ark. (16,17)'nin da tanımladıkları gibi, atış hareketinin son fazında (follow-through) kolun yavaşlamasının başlıca sorumlusu antagonist kaslardır. Bundan dolayı da antagonist kas grupları bu pozisyonda eksantrik kasılırlar. Bu kasılma özelliğine bağlı olarak, baş üstü aktiviteleri yapan sporcularda kuvvet testleri eksantrik özellikte yapılmalıdır (3,24). Yüksek açısal hızlarda ve eksantrik özellikte yapılan test protokollerinin güvenilirliği konusunda yeterli çalışma yoktur. Ayrıca yüksek açısal hızların kullanıldığı eksantrik kasılmaları takiben önemli miktarda egzersize bağlı kas hasarı ve yaralanma görülebilmektedir. Bu nedenle çalışmamızda kuvvet ölçümleri konsantrik kasılmalar için uygulanmıştır.

Her iki omuzun E-AD-İR kas grupları arasındaki farklılık düzenli antrenmandan kaynaklanmaktadır (7). Voleybolcular antrenmanları sırasında smaç ve servis çalışması yaparken genellikle dominant omuzlarını kullanmaktadırlar. Daha önceki bölümlerde de ifade edildiği gibi hareketler sırasında ağırlıklı olarak agonist kaslar konsantrik, antagonist kaslar ise eksantrik olarak kasılmaktadır (16,17). Voleybolcunun topu yeterli hızda istediği yere atabilmesi için E-AD-İR kaslarında büyük miktarda kuvvet üretmesi gerekmektedir. Konsantrik özellikteki antrenmanlar konsantrik ve eksantrik kuvveti artırırken, eksantrik antrenman konsantrik kuvveti arttırmamaktadır (21). Bu nedenle smaç ve servis çalışmalarına uygun olarak çalışmamızda agonist kasların konsantrik kuvvetinde yüksek değerler tespit etmiş olabiliriz. Buna karşılık başlıca görevi atış sonrası kolu yavaşlatmak olan antagonist kasların konsantrik kuvvetinde belirgin bir değişim saptayamadık.  $30^\circ/\text{sn}$ 'lik açısal hız için kuvvet eğrisi çıkarıldığında, bu verileri destekler şekilde E-AD-İR kuvveti için benzer şekilde her açıda kollar arasında farklılık bulunurken, F-AB-ER paterni kaslarında sadece son açılarda dominant omuzun kuvvetli olduğu dikkati çekmektedir.

Tek başına zirve kuvvet değerlerini dikkate almak, baş üstü aktiviteleri yapan sporcuları değerlendirmede kısıtlı bir bakış açısı getirmektedir. Bu nedenle agonist ve antagonist kas grupları arasında dengesizliğin olup olmadığını açığa çıkarmada oran ya da yüzdelerin kullanılması önemlidir. Antagonist (F-AB-ER)/agonist (E-AD-İR) oranı sporcuların yaralanmalara yatkınlığını ya da kuvvet kayıplarını tespit etmede yardımcıdır. Omuzun antagonist/agonist (eksternal rotasyon/ internal rotasyon) oranı araştırmacılar tarafından 2/3 olarak tespit edilmiştir (3,9,12,22,23,



29). Benzer bir değer, çalışmamızda elde edilen (F-AB-ER)/ (E-AD-İR) oranları için de gözlemlenmiştir. Her iki omuz arasındaki farklılık göz önünde bulundurulduğunda, çalışmamızda sadece düşük açısız hızdaki oran omuzlar arasında anlamlı olarak farklıydı. Her ne kadar yüksek hızlarda istatistiksel olarak olmasa da, her üç açısız hızdaki oranın dominant omuzda daha düşük olduğu da görülmüştür. Değişik çalışmalarda da (3, 6, 20) bu yönde sonuçlar elde edilmiştir. Yüksek açısız hızlar (300°/sn, 450°/sn) için iki omuz arasında oran açısından farklılık gözlemleyemeyen çalışma sonuçları da mevcuttur (2,22). Çalışmaların sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde anlamlı olmasa da dominant omuzdaki oranın dominant olmayan omuza göre daha düşük olduğunu söylemek mümkündür. Bazı araştırmacılar (10,30) dominant omuzdaki bu farklı oranların omuz eklemiindeki patolojik durumu yansıtabileceğini çalışmalarında gösterirken, diğerleri (8) omuzlar arasındaki farklılığının yüksek performansa bağlı olabileceğini ifade etmişlerdir. Bu nedenle, ileri araştırmalar düzenlenirken, dominant omuzda saptanan antagonist/agonist kuvvet oranındaki düşüklüğün kaslar arasındaki dengesizlikten mi, yoksa bir uyum sürecinden mi kaynaklandığının incelenmesinde fayda olduğu kanısındayız.

Sonuç olarak, voleyboldaki smaç ve servis atışına benzer pozisyonda testleri yapılan genç bayan voleybolcuların dominant omuzlarının E-AD-İR kas kuvvetlerinin non-dominant omuzdan daha büyük, F-AB-ER kas kuvvetlerinin ise her iki omuz arasında benzer oldukları tespit edildi. Bu verilerin voleybolcularda omuz yaralanmalarının engellenmesi ve rehabilitasyonu çalışmalarına ışık tutacağı kanısındayız.

#### KAYNAKLAR

1. Aagaard H, Jorgensen U: Injuries in elite volleyball. *Scand J Med Sci Sports* **6**: 228-32, 1996.
2. Alderink GJ, Kuck DJ: Isokinetic shoulder strength of high school and college aged pitchers. *J Orthop Sports Phys Ther* **7**: 163-72, 1986.
3. Alfredson H, Pietila T, Lorentzon R: Concentric and eccentric shoulder and elbow muscle strength in female volleyball players and non-active females. *Scand J Med Sci Sports* **8**: 265-70, 1998.
4. Brown LP, Neihues SL, Harrah A, Yavorsky P, Hirshman HP: Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in major league baseball players. *Am J Sports Med* **16**: 577-85, 1988.
5. Burnham RS, May L, Nelson E, Steadward R, Reid DC: Shoulder pain in wheelchair athletes: the role of muscle imbalance. *Am J Sports Med* **21**: 238-42, 1993.

6. Chandler TJ, Kibler WB, Stracener EC, Ziegler AK, Pace B: Shoulder strength, power, and endurance in college tennis players. *Am J Sports Med* **20**: 455-8, 1992.
7. Codine P, Bernard PL, Pocholle M, Benaim C, Brun V: Influence of sports discipline on shoulder rotator cuff balance. *Med Sci Sports Exerc* **29**: 1400-5, 1997.
8. Cohen DB, Mont MA, Campbell KR, Vogelstein BN, Loewy JW: Upper extremity physical factors affecting tennis serve velocity. *Am J Sports Med* **22**: 746-50, 1994.
9. Cook EE, Gray VL, Savinor-Nogue E, Medeiros J: Shoulder antagonistic strength ratios: A comparison between college-level baseball pitchers. *J Orthop Sports Phys Ther* **8**: 451-61, 1987.
10. Ellenbecker TS: Shoulder internal and external rotation strength and range of motion of highly skilled junior tennis players. *Isokin Exerc Sci* **2**: 65-72, 1992.
11. Ellenbecker TS, Mattalino AJ: Concentric isokinetic shoulder internal and external rotation strength in professional baseball pitchers. *J Orthop Sports Phys Ther* **25**: 323-8, 1997.
12. Ellenbecker T, Roetert EP: Age specific isokinetic glenohumeral internal and external rotation strength in elite junior players. *Journal of Science and Medicine in Sport* **6**: 65-72, 2003.
13. Greenfield BH, Donatelli R, Wooden MJ, Wilkes J: Isokinetic evaluation of shoulder rotational strength between the plane of the scapula and the frontal plane. *Am J Sports Med* **18**: 124-8, 1990.
14. Hageman PA, Mason DK, Rydlund KW: Effects of position and speed on eccentric and concentric isokinetic testing of the shoulder rotators. *J Orthop Sports Phys Ther* **11**: 64-9, 1989.
15. Hinton RY: Isokinetic evaluation of shoulder rotational strength in high school baseball pitchers. *Am J Sports Med* **16**: 274-9, 1988.
16. Jobe FW, Moynes DR, Tibone JE, Perry J: An EMG analysis of the shoulder in pitching: a second report. *Am J Sports Med* **12**: 218-20, 1984.
17. Jobe FW, Tibone JE, Perry J, Moynes D: An EMG analysis of the shoulder in throwing and pitching: a preliminary report. *Am J Sports Med* **11**: 3-5, 1983.
18. Leroux JL, Codine P, Thomas E, Pocholle M, Mailhe D, Blotman F: Isokinetic evaluation of rotational strength in normal shoulders and shoulders with impingement syndrome. *Clin Orthop* **304**: 108-15, 1994.
19. Michael J, König D, Hessling U, Popken F, Eysel P: Results of shoulder isokinetic testing in volleyball players. *Sportverl Sportschad* **17**: 71-4, 2003.
20. Mikesky AE, Edwards JE, Wigglesworth JK, Kunkel S: Eccentric and concentric strength of the shoulder and arm musculature in collegiate baseball pitchers. *Am J Sports Med* **23**: 638-42, 1995.
21. Mont MA, Cohen DB, Campbell KR, Gravare K, Mathur SK: Isokinetic concentric versus eccentric training of shoulder rotators with functional

- evaluation of performance enhancement in elite tennis players. *Am J Sports Med* **22**: 513-7, 1994.
22. Newsham KR, Keith CS, Saunders JE, Goffinett AS: Isokinetic profile of baseball pitchers' internal / external rotation 180, 300, 450°/sec. *Med Sci Sports Exerc* **30**: 1489-95, 1998.
  23. Noffal GJ: Isokinetic eccentric to concentric strength ratios of the shoulder rotator muscles in throwers and non-throwers. *Am J Sports Med* **31**: 537-41, 2003.
  24. Sirota SC, Malanga GA, Eischen JJ, Laskowski ER: An eccentric and concentric strength profile of shoulder external and internal rotator muscles in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* **25**: 59-64, 1997.
  25. Soderberg GJ, Blaschak MJ: Shoulder internal and external rotation peak torque production through a velocity spectrum in differing positions. *J Orthop Sports Phys Ther* **8**: 518-24, 1987.
  26. Timm KE, Genrich P, Burns R, Fyke D: The mechanical and physiological reliability of selected isokinetic dynamometers. *Isokin Exerc Sci* **2**: 182-90, 1992.
  27. Tunay VB, Uygur F, Ergun N: Isokinetic evaluation of shoulder muscle strength in a functional movement pattern in professional athletes. *Spor Hekimliği Dergisi* **35**: 129-37, 2000.
  28. Walmsley RP, Szybbo C: A comparative study of the torque generated by the shoulder internal and external rotator muscles in different positions and at varying speeds. *J Orthop Sports Phys Ther* **9**: 217-22, 1987.
  29. Wang HK, Macfarlane A, Cochrane T: Isokinetic performance and shoulder mobility in elite volleyball athletes from United Kingdom. *Br J Sports Med* **34**: 39-43, 2000.
  30. Warner JJ, Micheli LJ, Arslanian LE, Kennedy J, Kennedy R: Patterns of flexibility, laxity, and strength in normal shoulders and shoulders with instability and impingement. *Am J Sports Med* **18**: 366-75, 1990.
  31. Wilk KE, Andrews JR, Arrigo CA, Keirns MA, Erber DJ: The strength characteristics of internal and external rotator muscles in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* **21**: 61-6, 1993.