



## Skapula tümörlerinde ekstremitte koruyucu cerrahi ve rekonstrüksiyon

### *Extremity saving surgery and reconstruction for tumors of the scapula*

Önder BARAN, Hasan HAVİTÇİOĞLU

*Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı*

**Amaç:** Bu çalışmada, skapula tümörü nedeniyle ekstremitte koruyucu cerrahi ve skapular protezle rekonstrüksiyon uygulanan hastalarda tedavi sonuçları değerlendirildi.

**Çalışma planı:** Skapula kemik veya yumuşak doku tümörü bulunan yedi hastaya (1 kadın, 6 erkek; ort. yaş 53; dağılım 39-75) parsiyel veya total skapulektomi ve rekonstrüksiyon uygulandı. Rekonstrüksiyonda bir hastada fibular otograft, altı hastada skapula protezi kullanıldı. Yumuşak doku rekonstrüksiyonu latissimus dorsi kas flebi ile yapıldı. Ameliyat sonrasında primer patolojiye bağlı olarak adjuvan kemoterapi ve/veya radyoterapi uygulandı. Hastaların üst ekstremitte değerlendirmeleri MSTS (Musculoskeletal Tumor Society) fonksiyonel skorlamasına göre yapıldı. Takip süresi ortalama 35 ay (dağılım 18-53 ay) idi.

**Sonuçlar:** Hastalarda ameliyat sonrası erken dönemde cerrahi komplikasyon gözlenmedi. Total skapulektomi uygulanan hastalardan ikisi uzak metastaz nedeniyle kaybedildi. Bir hasta ikinci yılda takip dışı kaldı. Unconstrained protez kullanılan ilk olguda omuz instabilitesi görüldü. Hastalarda omuz hareketlerinde kısıtlılık (aktif omuz abduksiyonu 20°-90°) bulunmasına karşın, dirsek ve el fonksiyonları normale yakındı. Fonksiyonel açıdan ortalama MSTS skoru 22 (dağılım 18-25) bulundu; dört hasta iyi veya çok iyi olarak değerlendirildi. Primer hastalığı kontrol altına alınanlarda ve "constrained" protez uygulamalarında sonuçlar daha başarılı (abduksiyon 45°-90°, ort. MSTS skoru 24) idi.

**Çıkarımlar:** Skapula tümörlerinde ekstremitte koruyucu cerrahi ile birlikte skapular üçgen yapının protezle oluşturulması ve rezeksiyonda korunabilen kasların buraya bağlanmasıyla stabilite ve fonksiyonlar artırılabilir.

**Anahtar sözcükler:** Kemik neoplazileri/cerrahi; protez ve implant; hareket açıklığı, eklem; rekonstrüktif cerrahi prosedür; sarkom/cerrahi; skapula/cerrahi; omuz eklemi.

**Objectives:** The aim of this study was to evaluate the results of extremity saving surgery and reconstruction with a scapular prosthesis in patients with scapula tumors.

**Methods:** Seven patients (1 woman, 6 men; mean age 53 years; range 39 to 75 years) underwent partial or total scapulectomy followed by reconstruction with fibular autograft (n=1) or a scapular prosthesis (n=6) for bone or soft tissue scapular tumors. Latissimus dorsi muscle flap was used for the reconstruction of soft tissues. Postoperative adjuvant chemotherapy and/or radiotherapy were used depending on the primary pathology. Functional evaluations were made using the scores of the Musculoskeletal Tumor Society (MSTS). The mean follow-up period was 35 months (range 18 to 53 months).

**Results:** No major surgical complications occurred in the early postoperative period. Two patients died due to distant metastasis. One patient was lost to follow-up in the second year. The first patient of the series in whom an unconstrained prosthesis was used had severe instability. Overall, despite some limitation in the movements of the shoulder (active shoulder abduction: 20°-90°), elbow and hand functions were near-normal. The mean MSTS functional score was 22 (range 18 to 25); four patients had good or very good results. The results were more satisfactory (abduction: 45°-90°, mean MSTS score 24) in patients with well-controlled primary disease and in whom a constrained prosthesis was used.

**Conclusion:** Stability and function can be increased with limb salvage surgery, reconstruction of the scapular triangle with a prosthesis, and re-attachment of preserved muscles to the new scapular body.

**Key words:** Bone neoplasms/surgery; prostheses and implants; range of motion, articular; reconstructive surgical procedures; sarcoma/surgery; scapula/surgery; shoulder joint.

Tüm kemik sarkomlarının %5-10'u skapulada görülmektedir. Skapula ayrıca renal hücreli karsinom, kondrosarkom ve Ewing sarkomunun yaygın olarak görüldüğü bir yerdir. Kas-iskelet onkolojisinde ekstremitte koruyucu cerrahinin 25 yılı aşan sürede geldiği noktada günümüzde ekstremitte sarkomlu hastalarda %90-95'e ulaşan başarılı sonuçlar alınmaktadır.<sup>[1,2]</sup>

Omuz bölgesinde ekstremitte koruyucu cerrahinin ilk uygulamalarında herhangi bir rekonstrüksiyona gidilmeden, ekstremitte sarsak bir şekilde, cilt ve nörovasküler yapılara asılıp salınacak şekilde bırakılmaktaydı. Bu hastalarda omuz instabildi ve aktif abduksiyon yapamıyorlardı. Bundan dolayı, eli doğru pozisyona koymak ve bir eşya taşımak güçleşiyordu. Kozmetik olarak da sonuç çok kötüydü ve nöropraksi sıklığı. Hastalarda kronik ağrı ve duyu, motor kayıplar oluşuyordu.<sup>[1,2]</sup>

Cerrahlar, bu gibi sorunların çözümü için, proksimal humerus veya kalan humerus şaftını klavikulaya tel veya dikişlerle bağlıyorlardı. Ancak yine de omuz hareketleri sağlanamıyor ve omuz instabilitesi sorun olarak devam ediyordu. Komplikasyon ve yetersizlikler yine çok sıklıkla.

Bu ilk rekonstrüksiyon yöntemleri rezeke edilen kemik yapıların rekonstrüksiyonuna yönelikti. Omuz çevresi periskapular kas gruplarının rekon-

rüksiyonda kullanımı yoktu. Oysa, skapula omuz stabilitesinde kilit bağlantıdır. Skapula göğüs duvarına periskapular kaslarla tutunmakta, bir yandan da humerusa giden kaslar buradan çıkmaktadır. Dirsek ve el fonksiyonları için, bu bağlantının mutlaka rekonstrüksiyonu yapılarak stabil bir omuz elde edilmesi gerekir.<sup>[1-5]</sup>

Literatürde skapula protez uygulamaları 1980 yılından itibaren görülmeye başlanmıştır. Asavamongkolkul ve ark.<sup>[6]</sup> 1980-91 yılları arasında skapula tümörlü 17 hastaya protez uygulamışlardır. Wodajo ve ark.<sup>[1]</sup> 1981 yılından beri skapula rezeksiyonu yapılan seçilmiş hastalara skapular endoprotez ile rekonstrüksiyon yaptıklarını bildirmişlerdir. Malawer ve Kellar-Graney,<sup>[4]</sup> 1990 yılından sonra skapular endoprotezin geliştirilmesiyle 40'ın üzerinde protez rekonstrüksiyonu yapıldığını, kendilerinin de yaklaşık 12 skapula protezi uyguladıklarını belirtmişlerdir. İlk deneyimlerden sonra endikasyon ve rekonstrüksiyon tekniklerinde önemli gelişmeler sağlanırken, protez tasarımında da yenilikler yapılmıştır.

Ekstremitte koruyucu tedavi yöntemlerinin başarılı sonuçlar vermesi, eskiden amputasyonla sonuçlanan veya cerrahi tedavi düşünülmemeyen skapula ve periskapular tümörlü olgularda da bu yöntemleri kullanmamıza yol açmıştır. Çalışmamızda, kliniği-

**Tablo 1.** Onkolojik tanı, cerrahi ve rekonstrüktif işlemler, komplikasyonlar

Yaş cinsiyet	Biyopsi tanısı* Ameliyat sonrası tanı**	Skapulektomi tipi ve Rekonstrüksiyon	Kemoterapi Radyoterapi	Komplikasyon
39 K	Kondrosarkom**	Sağ parsiyel Fibular greft		
52 E	Adenokarsinom metastazı Malign epitelyal tümör Mezenkimal kondrosarkom Ewing sarkomu**	Sağ total Protez, latissimus flebi	Kemoterapi	Subluksasyon
47 E	Mezenkimal kondrosarkom* Ewing sarkomu**	Sağ total Protez, latissimus flebi	Kemoterapi	
53 E	Epiteloid sarkom- Malign undiferansiye tümör Sinovyal sarkom**	Sağ total Protez, latissimus flebi	Radyoterapi	Ölüm
75 E	Multipl miyelom**	Sol total Protez, latissimus flebi	Kemoterapi	
63 E	Akciğer kanseri metastazı**	Sol total Protez, latissimus flebi	Radyoterapi	
47 E	Sinovyal sarkom**	Sol total Protez, latissimus flebi	Kemoterapi Radyoterapi	Akciğer metastazına bağlı ölüm

mizde ekstremitte koruyucu cerrahi ve rekonstrüksiyon yapılan ve ortalama üç yıllık takibi olan skapula tümürlü yedi hasta, endikasyonlar, cerrahi sınırlar, cerrahi tekniğin özellikleri, skapular protezlerin tasarımı ve fonksiyonel sonuçlar açısından değerlendirildi.

### Hastalar ve yöntem

Ocak-2000 ile Ocak 2003 arasında skapula kemik veya yumuşak doku tümörü bulunan yedi hastaya (1 kadın, 6 erkek; ort. yaş 53; dağılım 39-75) ekstremitte koruyucu cerrahi uygulandı. Hastaların tanıları Tablo 1'de gösterildi. Ameliyat öncesi bulgular tüm hastalarda skapula üzerinde palpe edilebilen ağrılı kitle, üç hastada daha önce yapılmış biyopsi veya yetersiz cerrahi girişimlere ait izler ve bir hastada aksiller sinir tutulumuydu. Hastalar, genel biyokimyasal testler, düz radyografiler, manyetik rezonans görüntüleme, sintigrafi, akciğer bilgisayarlı tomografisi (BT) ve batin ultrasonu ile tarandı (Şekil 1, 2) ve biyopsi yapıldı. Kas-iskelet tümör konseyinde hastalığın tanısı, sınıflaması, prognozu üzerine yapılan değerlendirme sonucuna göre, hastalara skapulanın parsiyel veya total eksizyonu ile ekstremitte koruyucu tümör cerrahisi uygulandı. Eksize edilen dokuların patolojik inceleme sonucuna göre gereken adjuvan kemoterapi ve/veya radyoterapi uygulandı. Hastaların üst ekstremitte değerlendirmeleri MSTS

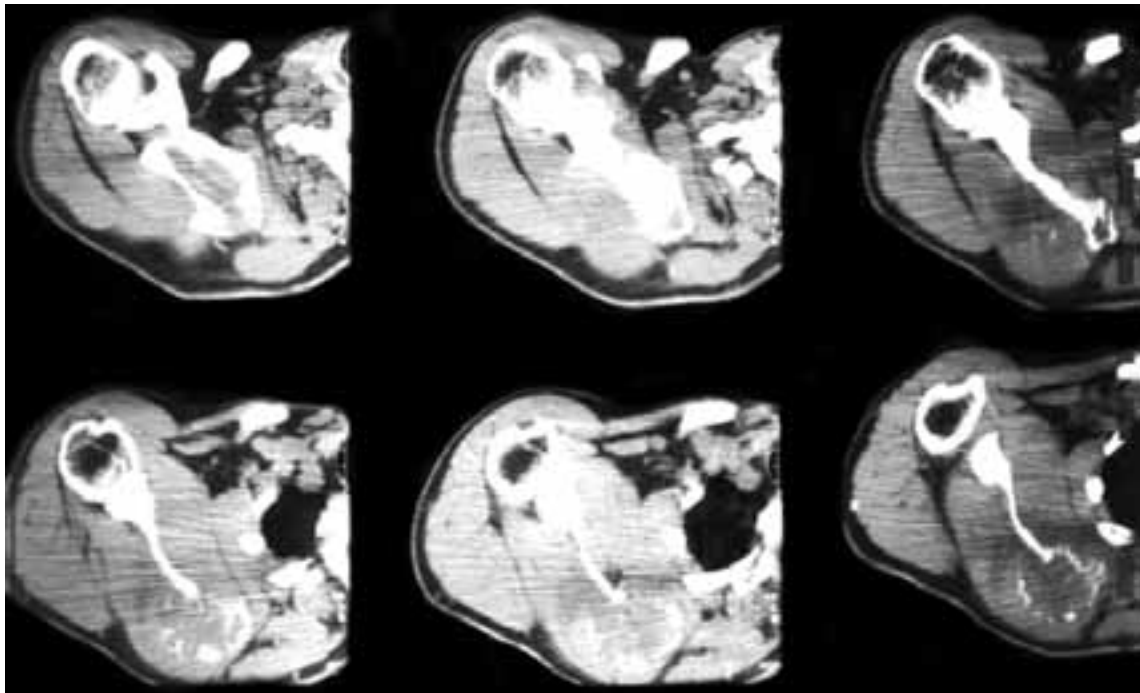


Şekil 1. Skapulada Ewing sarkomunun radyografik görünümü.

(Musculoskeletal Tumor Society) fonksiyonel skorlamasına göre yapıldı.<sup>[7]</sup> Takip süresi ortalama 35 aydı (dağılım 18-53 ay).

### Cerrahi teknik

Cerrahi uygulama olarak, ekstra-artiküler parsiyel ya da total skapula çıkartılması sonucu skapula protez uygulamaları ile omuz rekonstrüksiyonu yapıldı. Bir hastada, parsiyel skapulektomi sonrası skapula rekonstrüksiyonunda, fibula greftleriyle skapula çerçevesi oluşturularak, eksize edilen skapulaya yapışan kaslar buraya tutturulup omuz stabilitesi ve fonksiyonları korunmaya çalışıldı. Total skapulekto-



Şekil 2. Skapulada Ewing sarkomunun bilgisayarlı tomografi görüntüleri.



Şekil 3. Başlangıçta uygulanan skapula protezleri.

mi uygulanan hastalarda hastaya özel skapular protez uygulandı. Geniş eksizyonel cerrahi sonucu skapula ve omuz kuşağında oluşan yumuşak doku defekti, protezin örtünmesini zorlaştırmakta, kozmetik bozukluklara yol açmakta ve fonksiyonel kayıplara neden olmaktadır. Humerus başı ile glenoid çevresine Dacron greftler (Intergard) ve Prolen meşler (Trelex) sarılarak eklem kapsülü stabilitesi sağlanmaya çalışıldı. Periskapular kasların rekonstrüksiyonda yetersiz olduğu durumlarda, protez, medialden tel ve dikişlerle kaburgalara asılarak tespit edildi. Skapulanın humerusa karşı daha stabil olması amaçlanırken abduksiyon hareketinin sınırlanmamasına çalışıldı.

#### Protez

Skapulanın parsiyel veya total çıkartılması sonucu üst ekstremitede diziliminde oluşacak boşluğun yaratacağı morbitideyi azaltmak amacıyla, hastaya özel skapula protezi tasarlandı. Glenoid ve skapula kanat anatomisine uygun bir protez tasarımıyla, glenohumeral omuz eklem hareketlerinin sağlanması amaçlandı; bunun fonksiyonel olması için de skapula torasik ilişki

yeniden yapılandırılarak omza ve kola destek ve dayanak sağlayan stabil bir protez hazırlandı.

Her bir hastada BT tetkikleriyle skapula ölçüsünde modelleme yapılarak şekillendirilen protezler krom-kobalt malzemeden yapıldı. Protezde glenoid komponenti ve ortası boş bir üçgen çerçeve şeklinde skapula gövdesi bulunmaktaydı. Bu üçgen yapıda protezi göğüs duvarına tespit için delikler vardı (Şekil 3). Geniş eksizyonda korunan kas yapılarının bu deliklere tespit edilmesiyle protezin fonksiyonel özelliklerinin artırılması düşünüldü. Protez, başlangıçta glenoid komponent dışında diğer çıkıntıları içermezken, sonradan instabiliteyi azaltmak amacıyla akromiyal yapılar ve klavikulaya tespit edilme özellikleri eklendi. Üçboyutlu düzeltmelerle, protezde frontal düzleme göre  $12^\circ$  konveksite, glenoide  $7^\circ$  retroversiyon ve  $5^\circ$  superiora açılanma sağlandı (Şekil 4, 5a). Omuz kuşağında yumuşak doku kaybının humerus başı glenoid ilişkisinde dinamik ve statik stabilizatörleri zayıflatması veya tamamen ortadan kaldırması sonucu oluşan instabiliteyi azaltmak amacıyla, yanıl hareketleri kısıtlanmış (constrained) gle-



Şekil 4. Constrained skapula protezleri.

nohumeral eklem oluşturmak için tasarım çalışmamız sürmektedir.

## Sonuçlar

Hastalarda ameliyat sonrası damar, sinir ve yara ile ilgili cerrahi komplikasyon gözlenmedi. Skapula ve yumuşak doku tümörleri nedeniyle total skapulpektomi uygulanan hastalardan ikisi uzak metastaz nedeniyle kaybedildi. Bir hasta ikinci yılda takip dışı kaldı. Hastalarda omuz hareketlerinde kısıtlılık vardı (aktif omuz abduksiyonu 20°-90°) (Şekil 5b, c); dirsek ve el fonksiyonları ise normal bulundu. Fonksiyonel açıdan ortalama MSTS skoru 22 (dağılım 18-25) bulundu; dört hasta iyi veya çok iyi olarak değerlendirildi. Bu grup içinde, primer hastalığı kontrol altında olan uzun süreli takipli hastalarda aktif omuz hareketleri 45°-90° ve MSTS skoru ortalama 24 (dağılım 23-25) idi.

## Tartışma

Geçmişte skapula ve glenohumeral eklem ekstremitte artıklar rezeksiyonu sonrası (1928 yılında geliştirilmiş olan Tikhoff-Linberg işlemi) rekonstrüksiyon, kalan humerusun göğüs duvarı veya klavikula ya asılmasıyla oluşmaktaydı. Bu durum, genellikle omuz ve üst ekstremitte stabiliteyi azaltıyordu. Omuz fonksiyonunun yeniden kazanılması için protez kullanımı ve yumuşak doku rekonstrüksiyonu, ekstremitte kurtarıcı yöntemlerin gelişmesiyle birlikte son 25 yıl içinde gerçekleşmiştir. Alt ekstremitte uygulanan protezlerin geliştirilmesiyle ilgili daha yoğun çalışmalar yapılırken, üst ekstremitte yöne-

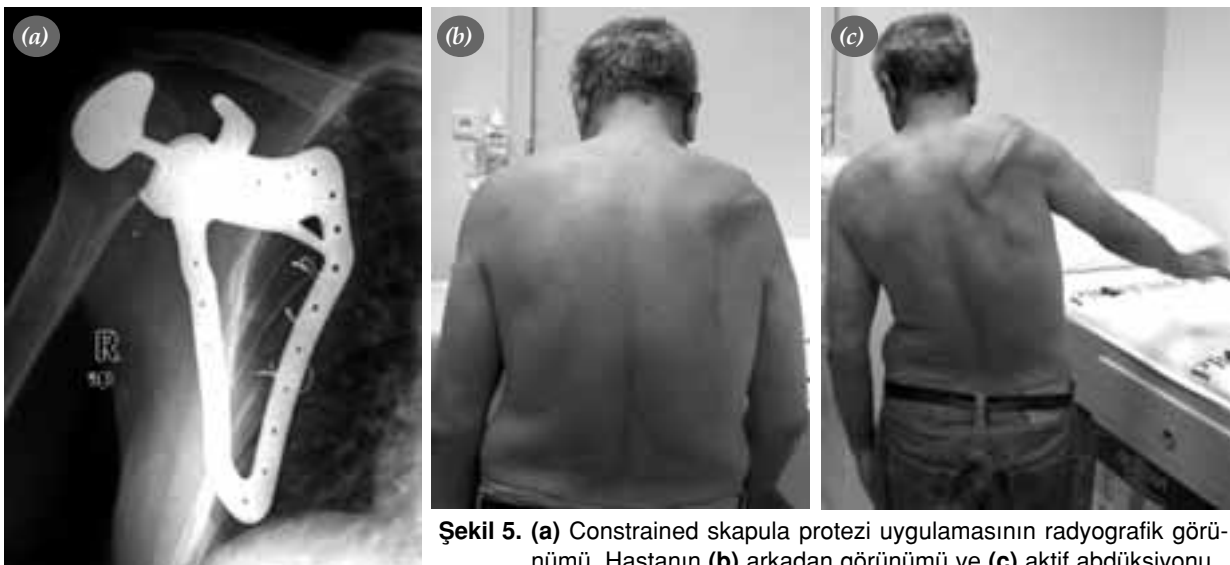
lik araştırmalar daha sınırlı kalmıştır. Bu süreç içinde skapula rekonstrüksiyonunda, skapula protez tasarımı ve cerrahi tekniklerde bazı ilerlemeler sağlanmıştır. Wodajo ve ark.<sup>[1]</sup> ve Wittig ve ark.<sup>[5]</sup> yaptıkları çalışmalarla endikasyonlar ve bu işlemin gereksinimleri daha iyi anlaşılmıştır.

Yüksek dereceli skapula tümörlerinde lezyon glenoid kadar gövdeyi de tutabilir, skapula cisminin önüne ve arkasına doğru geniş ekstraosseöz tutulum gösterebilir. Bu önemli bir noktadır; çünkü, birçok kemik sarkomu anteriorda subskapularis kasına, posteriorda infraspinatus kasına uzanım gösterebilir. Deltoid ve trapezius kasının korunamaması omuz abduksiyonunu azaltır. Geniş supraskapular tümörler endoprotez ile tedavi edilemez.<sup>[1-5]</sup>

Skapula-humeral stabiliteyi sağlamak için periskapular kasların, trapezius, rhomboid ve latissimus dorsinin korunarak tenodezi yanı sıra deltoid ve aksiller sinirin mutlaka korunması önerilmektedir.

Çalışmamızdaki hastalardan bazılarında daha önceki cerrahi tedavilerine bağlı yumuşak doku kayıpları oluşması nedeniyle ve geniş rezeksiyon zorunluğunda latissimus dorsi flebi rekonstrüksiyonda bölgenin kapatılmasında en önemli görevi üstlenmektedir. Latissimus dorsi ve pektoralis majör kas flebinin örtünme yanında stabiliteye katkılarının daha az olduğu bildirilmiştir.<sup>[8]</sup>

İlk protez uygulamamızda, hastaya özel protezde üretimden kaynaklanan zorunluluklarla ilgili nedenlerle "unconstrained" protez kullanılması tercih edilmişken, omuz eklemi stabilitesi için Prolen meş kul-



Şekil 5. (a) Constrained skapula protezi uygulamasının radyografik görünümü. Hastanın (b) arkadan görünümü ve (c) aktif abduksiyonu.

lanıldı. Hastanın kontrol grafilerinde humerus başında yukarıya subluksasyon görülmesi nedeniyle, daha sonraki uygulamalar için bunu yanal hareketleri kısıtlayıcı protez tasarımı geliştirildi. Wodajo ve ark.<sup>[1,5]</sup> da omzun skapula-humeral rekonstrüksiyonunda benzer instabilite sorunlarına karşı “constrained” protezle iyi sonuçlar almışlardır.

Çalışmamızda, skapula torasik ilişkiyi sağlamak için periskapular kaslar protez üzerindeki deliklere tutturuldu. Kas dokusu yetersizliğinde, protezle kodlara tel ve dikişlerle bağlantı yapıldı. Bu bağlantı sayesinde, çok sıkı olmayacak şekilde asılma şeklinde skapulanın stabilitesi artırılarak hem humerus başına destek olması sağlandı, hem de abduksiyon hareketlerinde daha fazla serbestlik sağlanmış oldu.

Voggenreiter ve ark.<sup>[9]</sup> Tikhoff-Linberg işlemi yaptıkları 19 hastada, yüksek komplikasyon oranına rağmen omuz protez rekonstrüksiyonunun amputasyonlardan üstün olduğunu belirtmişlerdir.

Wittig ve ark.<sup>[5]</sup> ilk birkaç hastanın sonuçlarında ağrısız omuz, fonksiyonel el ve dirsek ile 24-27 arasında (%80-90) MSTS skorları bildirmişlerdir. Omuz fleksiyonu ve abduksiyonu ise 25-40 derece arasında bulunmuştur.

Wodajo ve ark.<sup>[1]</sup> skapular rezeksiyon uygulanan hastalarda, endoprotez uygulananlarda endoprotez uygulanmayanlara göre MSTS skorlarını daha yüksek (%86 ve %62), aktif abduksiyon genişliğini daha fazla (60°-90° abduksiyon için %90 ve %10-20), kozmetik iyileşmeyi daha iyi bulmuşlardır.

Çalışmamızda, primer ve sekonder patolojilere bağlı ekstremitte kurtarıcı cerrahi uyguladığımız yedi olgudan ikisi hastalığın ilerlemesi sonucu kaybedilmiştir; bu hastalarda fonksiyonel sonuçların daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu durumun nedenleri arasında, hastaların genel durumunun kötüleşmesi, daha önce geçirilmiş cerrahiler, eklenen diğer tedavilerin komplikasyonları ve gerekli rehabilitasyondaki eksiklikler sayılabilir. “Unconstrained” protez uygulamasında oluşan subluksasyon ve takibindeki sorunlar nedeniyle bu hastalardaki fonksiyonel sonuçlar hem diğer hastalarımıza hem literatür değerlerine göre düşük bulunmuştur. Hastalığı kontrol altında olan ve “constrained” protez ve parsiyel skapulektomi-greft uygulanan olguların uzun dönem fonksiyonel değerlendirilmesinde omuzda (aktif omuz abduksiyonu 45°-90°) kısıtlılık olmasına karşın dir-

sek ve el fonksiyonları tama yakın (ortalama MSTS skoru 24) bulunmuştur. Kontrol grubu oluşturamadığımız için literatür verileriyle karşılaştırmada, sonuçlarımızın protez uygulanan gruplara yakın ve protez uygulanmayanlara göre daha iyi olduğu görülmektedir. Çalışma grubu içine almadığımız, sadece skapulektomi uygulanmış bir hasta omuz abduksiyonunu ancak ortez ile yapabilmekteydi.

Literatürde humerusun metastatik tümörlerinde protez uygulamaları üzerine çalışma bulunmasına karşın,<sup>[7]</sup> skapula metastatik tümörlerinde, seçilmiş olgularda skapulektomi ile birlikte protez uygulaması bildiren yayın<sup>[5]</sup> dışında protez uygulamasına rastlanmadı. Primeri bilinmeyen tek metastazlı olgularda veya tedavi sonrası tek metastaz gelişen olgularda tümör rezeksiyon cerrahisi, hem tanısal amaçlarla hem de diğer tedavi yöntemleriyle birlikte hastaların yaşam sürelerinin artırılmasında kullanılmaktadır. Bu durumdaki iki hastamızdan biri iki yıl, diğeri üç yıl daha yaşamıştır. Bu hastalarda oluşacak morbitideyi önlemek, hastanın yaşam kalitesini yükseltmek için, gerekli durumlarda skapular protez uygulaması tercih edilerek fonksiyonel özelliklerin geri kazandırılmasına çalışılmalıdır.

İlk olgularda “unconstrained” skapula protezinde instabilite sorunları yaşandığı için, daha sonraki olgularda “constrained” tasarım tercih edilmiştir. Total omuz protezi endikasyonlarında “constrained” protezlerle, omuz stabilitesinin artması dışında omzun yumuşak dokusu üzerindeki stresin azalması da sağlanabilir.

Omuz ile gövde arasında önemli köprü görevi gören skapulanın malign tümörlerinde, endoprotezle rekonstrüksiyon yapılması fonksiyonların korunması için gereklidir. Diğer protez uygulamalarından farklı olarak, yumuşak doku tarafından örtünmesi ve tespitinin bunlar tarafından sağlanması nedeniyle skapula protezlerinde yumuşak dokunun ve kasların daha iyi tutunacağı biyolojik uyumlu hafif ve esnek malzemelerle daha da iyi sonuçlar beklenebilir.

## Kaynaklar

1. Wodajo FM, Bickels J, Wittig J, Malawer M. Complex reconstruction in the management of extremity sarcomas. *Curr Opin Oncol* 2003;15:304-12.
2. Malawer M, Wittig JC, Rubert C. Scapulectomy. In: Malawer M, Sugarbaker P, editors. *Musculoskeletal cancer surgery: treatment of sarcomas and allied diseases*. Lancaster: Kluwer Academic Publishers; 2001. p. 553-68.

3. Malawer M, Wittig JC. Overview of resections around the shoulder girdle resections: anatomy, surgical considerations and classification. In: Malawer M, Sugarbaker P, editors. Musculoskeletal cancer surgery: treatment of sarcomas and allied diseases. Lancaster: Kluwer Academic Publishers; 2001. p. 179-202.
4. Malawer M, Kellar-Graney K. Soft tissue reconstruction after limb-sparing surgery for tumors of the upper and lower extremities. *Oper Tech Orthop* 2005;14:276-287.
5. Wittig JC, Bickels J, Wodajo F, Kellar-Graney KL, Malawer MM. Constrained total scapula reconstruction after resection of a high-grade sarcoma. *Clin Orthop Relat Res* 2002;(397): 143-55.
6. Asavamongkolkul A, Eckardt JJ, Eilber FR, Dorey FJ, Ward WG, Kelly CM, et al. Endoprosthetic reconstruction for malignant upper extremity tumors. *Clin Orthop Relat Res* 1999;(360):207-20.
7. Fuhrmann RA, Roth A, Venbrocks RA. Salvage of the upper extremity in cases of tumorous destruction of the proximal humerus. *J Cancer Res Clin Oncol* 2000;126: 337-44.
8. Frassica FJ, Chao EY, Sim FH. Special problems in limb-salvage surgery. *Semin Surg Oncol* 1997;13:55-63.
9. Voggenreiter G, Assenmacher S, Schmit-Neuerburg KP. Tikhoff-Linberg procedure for bone and soft tissue tumors of the shoulder girdle. *Arch Surg* 1999;134:252-7. [Abstract]