



# Anatomik total omuz protezinden ters total omuz protezine revizyon

## Revision from anatomical total shoulder prosthesis to reverse total shoulder prosthesis

Yasin Köker, Mehmet Demirtaş

<sup>1</sup>Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, Ankara

Omuz eklemi, günlük yaşamda önemli bir rol oynayan, vücudun en hareketli ve karmaşık eklemlerinden biridir. Eklem işlevselliği, rotator manşet, glenoid ve humeral yapıların sağlamlığına bağlıdır. Osteoartrit, romatoid artrit ve rotator manşet yırtıkları; ağrı ve hareket kısıtlılığı gibi sorunlara yol açar. Bu sorunların çözümü için cerrahi müdahaleler gerekebilir. Anatomik total omuz protezi genellikle ciddi omuz hasarlarında tercih edilir ve hastaların günlük aktivitelerine dönmelerini hedefler. Komplikasyon oranları genellikle düşüktür ve yüksek memnuniyet oranları gözlemlenmiştir. Ters total omuz protezi, son yıllarda rotator manşet yetersizliği olan hastalar için geliştirilmiş alternatif bir tedavi seçeneğidir. Bu yöntem, humeral ve glenoid komponentlerin konumlarını değiştirilerek deltoid kasının etkin kullanımını artırır. Ters total omuz protezinin klinik sonuçları daha olumlu yöndedir ve hastaların eklem hareket açıklığında önemli iyileşmeler sağlanmaktadır. Ters total omuz protezinin tasarımında yarım küre şekli, deltoid kasının liflerinin daha dikey yönlendirilmesine olanak tanır ancak dönme merkezinin medializasyonu bazı komplikasyonlara yol açabilir. Orta ve uzun vadede, ters total omuz protezinin anatomik total omuz protezine kıyasla daha düşük komplikasyon ve revizyon oranları ile daha yüksek memnuniyet sağlaması, bu yöntemi cazip kılmaktadır.

**Anahtar sözcükler:** glenohumeral eklem; masif rotator manşet yırtığı; anatomik total omuz protezi; ters total omuz protezi

The shoulder joint is among the most mobile and complex joints in the body, crucial for daily activities. Its functionality relies on the integrity of the rotator cuff, glenoid, and humeral structures. Disorders such as osteoarthritis, rheumatoid arthritis, and rotator cuff tears can lead to pain and restricted movement. Anatomical total shoulder prosthesis serves as a surgical intervention for these pathologies, typically used in severe shoulder injuries, with the goal of restoring patients to their daily routines. Anatomical total shoulder prosthesis generally exhibits low complication rates and high patient satisfaction. Conversely, reverse total shoulder prosthesis has emerged as a promising alternative for patients with rotator cuff insufficiency. This technique enhances the deltoid muscle's effectiveness by altering the positions of the humeral and glenoid components. Clinical outcomes for reverse total shoulder prosthesis are often more favorable, with significant improvements in patients' range of motion. The hemispherical design of reverse total shoulder prosthesis facilitates a more vertical alignment of deltoid muscle fibers; however, medialization of the center of rotation can lead to potential complications. In both medium- and long-term assessments, reverse total shoulder prosthesis demonstrates greater patient satisfaction and lower complication and revision rates compared to anatomical total shoulder prosthesis, highlighting its appeal as a treatment option.

**Key words:** glenohumeral joint; massive rotator cuff tear; anatomic total shoulder prosthesis; reverse total shoulder prosthesis

Omuz eklemi, vücudun en hareketli ve karmaşık eklemlerinden biridir ve günlük yaşamda birçok aktivitede kritik rol oynar. Bu eklem işlevselliği, özellikle rotator manşet, glenoidal ve humeral yapıların sağlıklı olmasına bağlıdır. Ancak, dejeneratif hastalıklar, travmalar ve yaşa bağlı değişiklikler nedeniyle omuz fonksiyonları bozulabilir. Osteoartrit, romatoid artrit ve rotator manşet yetersizliği gibi durumlar, hastaların ağrı,

hareket kısıtlılığı ve yaşam kalitesinde önemli azalmaya neden olabilir.<sup>[1]</sup>

Anatomik total omuz protezi (ATOP), bu tür durumlar için uygulanan cerrahi bir müdahaledir ve omuz eklemine tüm bileşenlerinin değiştirilmesini içerir. Anatomik total omuz protezi, genellikle osteoartrit, romatoid artrit veya travma sonucu gelişen ciddi omuz hasarlarında tercih edilir. Amaç, eklem hareketliliğini geri kazanmak, ağrıyı

İletişim / Contact: Uzm. Dr. Yasin Köker • E-posta / E-mail: [yasinkoker@gmail.com](mailto:yasinkoker@gmail.com)

ORCID ID: Yasin Köker, 0000-0002-8392-1846 • Mehmet Demirtaş, 0000-0002-3859-9798

Geliş / Received: 24 Eylül 2024 • Revizyon / Revised: 3 Ekim 2024, 21 Ekim 2024 • Kabul / Accepted: 23 Ekim 2024

azaltmak ve hastaların günlük aktivitelerine dönmelerini sağlamaktır. Bu yöntemde, humeral baş ve glenoid yüzeyi, metal ve polietilen materyallerle değiştirilmektedir.<sup>[2]</sup>

Anatomik total omuz protezinin alternatif bir yöntemi olan ters total omuz protezi (TTOP), son yıllarda rotator manşet yetersizliği olan hastalar için geliştirilen önemli bir tedavi seçeneği olmuştur. Ters total omuz protezinde, humeral ve glenoid komponentlerin konumları değiştirilerek deltoid kasının daha etkili bir şekilde kullanılmasına olanak tanınır (Şekil 1).<sup>[3]</sup> Bu yöntem, özellikle rotator manşet yetersizliği nedeniyle eklem stabilitesini kaybetmiş hastalarda ağrıyı azaltma ve fonksiyonel iyileşme sağlama konusunda umut verici sonuçlar sunmaktadır.<sup>[4]</sup>

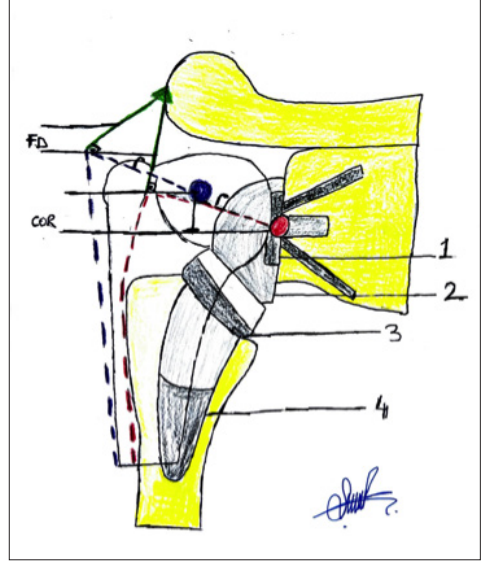
## ANATOMİK TOTAL OMUZ PROTEZİ

### Tanım ve Endikasyonlar

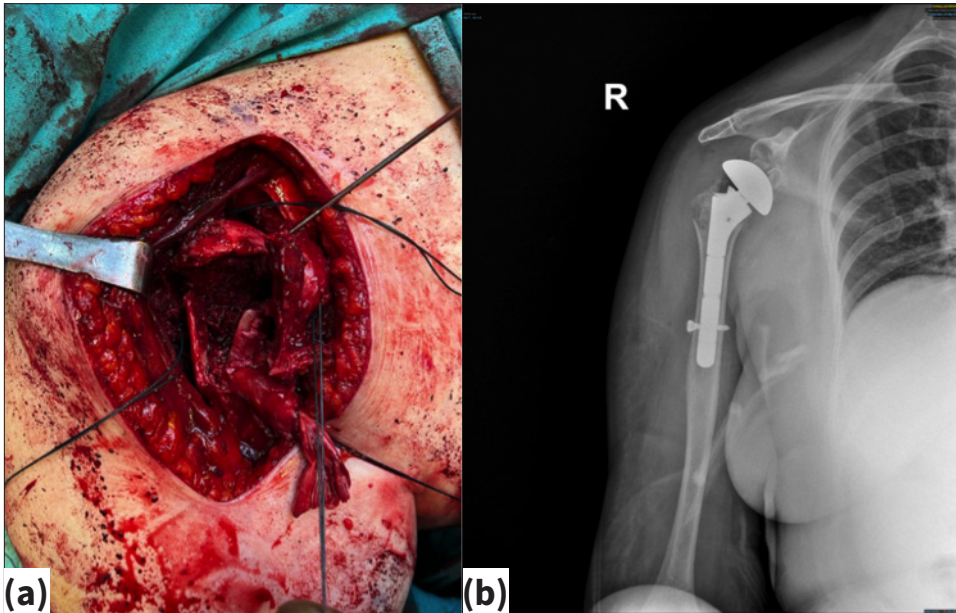
Anatomik total omuz protezi, genellikle osteoartrit, romatoid artrit ve proksimal humerus kırığı olan hastalarda tercih edilmektedir.<sup>[5]</sup>

Anatomik total omuz protezi, hastaların günlük aktivitelerini geri kazanmalarını hedefler.<sup>[4]</sup> Anatomik total omuz protezinde, humeral başın ve glenoid yüzeyin yeniden şekillendirilmesi ile eklem stabilitesini sağlamak hedeflenir. Anatomik total omuz protezi uygulanan hastalarda yüksek memnuniyet oranları gözlemlenmiştir. Anatomik total omuz protezinin beş yıl sonrası memnuniyet oranının yüksek olduğunu bildirmiştir (Şekil 2). Ayrıca, hastaların fonksiyonel iyileşme oranları da genellikle yüksektir.<sup>[6]</sup>

Anatomik total omuz protezi komplikasyon oranları genellikle yüksek değildir. Komplikasyonlar sıklık sırasına göre instabilite, periprotetik kırık, enfeksiyon, bileşen gevşemesi, sinir yaralanması, akromial ve/veya skapularda gövde kırığı, hematoma, deltoid yaralanması, rotator manşet yırtığı ve venöz tromboembolizm (VTE)'dir.<sup>[7]</sup>



**Şekil 1.** Anatomik ve ters total omuz protezinin biyomekanik özelliklerinin gösterimi. Normal anatomiye göre, rotasyon merkezi (CoR) medial ve inferior olarak kaydırılır, böylece moment kolu (r) uzar ve deltoid kuvveti (FD) artar. (1: Glenoid komponent; 2: Glensfer; 3: Metafiz bileşeni; 4: Humerus sapı.)



**Şekil 2.a,b.** Deltapektoral yaklaşım ile sağ omuz proksimal humerus parçalı kırığının intraoperatif görünümü (a) ve anatomik total omuz protez sonrası ön-arka grafisi (b).

## TERS TOTAL OMUZ PROTEZİ

Ters total omuz protezi, humeral ve glenoid komponentlerin yer değiştirilmesiyle gerçekleştirilen bir cerrahi tekniktir. Bu yöntem, özellikle rotator manşet yetersizliği, ileri düzey osteoartrit, humeral baş kırıkları ve artrit gibi durumlarda tercih edilmektedir. Ters total omuz protezi, deltoid kasının daha etkin kullanılmasını sağlar ve böylece omuz hareketlerini iyileştirir (Şekil 3).<sup>[8]</sup> Ters total omuz protezinde humeral komponent, glenoid komponentin yerine göre değiştirilir. Bu, humeral başın glenoid ile olan ilişkisinin yeniden yapılandırılmasını sağlar. Ters total omuz protezinin klinik sonuçları genellikle olumlu yöndedir. Yapılan bir meta-analizde, hastaların eklem hareket açıklığında ve klinik sonuçlarında önemli olumlu gelişmeler gösterilmiştir.<sup>[9]</sup>

### Tasarım ve Biyomekanik

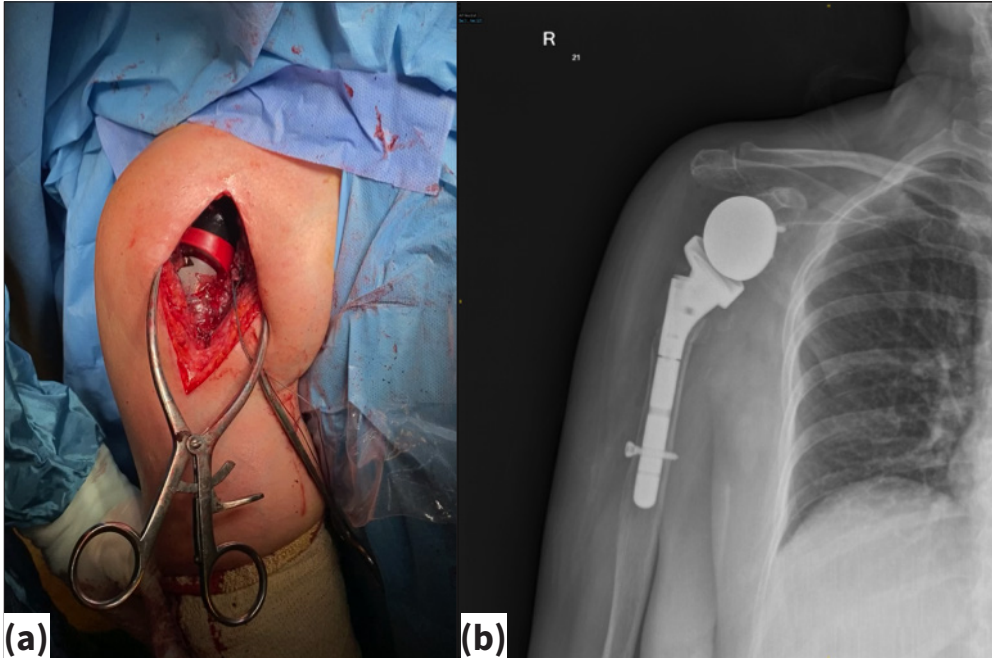
Ters total omuz protezi, (TTOP) ilk olarak 1974 yılında Charles Neer tarafından tasarlanmış ve o zamandan beri önemli ölçüde geliştirilmiştir.<sup>[10-12]</sup> Ters omuz protezinin en büyük özelliği, yalnızca glenohumeral artrozu değil, aynı zamanda masif rotator manşet yırtığında da tedavi edebilmesidir. Bununla birlikte, 1974'te Charles Neer'in ilk tasarımı, oldukça kısıtlı tasarımlar ve rotasyon merkezinin lateralizasyonu nedeniyle glenoid bileşen gevşemesi ve implant kırılması gibi çeşitli sınırlamalara sahipti.<sup>[12-14]</sup> 1985'te Paul Grammont, dört temel ilkeye

dayanan yeni "top ve yuva" tasarımını tanıtmıştır:

- 1) Glenoid bileşendeki mekanik torku azaltmak için rotasyon merkezini mediale kaydırmak, böylece glenoid gevşemesini önlemek;
- 2) Deltoid kasını germek için humerusun seviyesini alçaltmak, bu da masif rotator manşet yırtığını telafi etmek için ön ve arka deltoidin kas lifi kullanımını arttırmak;
- 3) Glenoid eklem hattına distalize ve medialize edilmiş sabit bir dönme merkeziyle stabil bir implant sağlamak;
- 4) Yarı kısıtlı bir implant özelliği aracılığıyla hareket aralığını arttıran büyük bir glenosfer sağlamak.<sup>[10-15]</sup>

İlk sonuçlardan memnun olmayan Paul Grammont ters omuz protezin ikinci neslinde, kayma kuvvetlerini ve implantlardaki mekanik torku azaltmak ve güçlü bir fiksasyon sağlamak için dönme merkezini glenoid yüzeyle doğrudan temas hâlinde yerleştirecek şekilde bir yarım küre şeklinde revize edilmiş bir glenosfer geliştirmiştir.

Farklı implantların protez özellikleri değişken biyomekanik ve kinematik etkilere sahip olmasına rağmen, kompresyon vidaları içeren glenoid komponent, yarım küre şeklinde şekillendirilmiş glenosfer, modüler metafiz implantı içeren saplı veya sapsız humerus komponent ve polietilen komponent oluşan ters omuz protezi prensipleri değişmeden kalmaktadır (Şekil 1).<sup>[16]</sup>



Şekil 3.a,b. Sağ omuz ters total omuz protezinin intraoperatif görünümü (a) ve sağ omuz ön-arka ameliyat sonrası direkt grafisi (b).



Tüm eklem kuvvetleri sabit bir dönme merkezinden iletildiğinden, ters omuz protezinin tasarımı kemik implant arayüzündeki kayma kuvvetlerini en aza indirirken sıkıştırma kuvvetlerini en üst düzeye çıkarır.<sup>[17]</sup> Glenoid bileşenin yarım küre şekli, dönme merkezinin kemik implant arayüzüne doğrudan yerleşimine yol açar.<sup>[18]</sup> Bu yerleşim, deltoid kas liflerinin daha dikey bir şekilde yönlendirilmesine ve alt bölge liflerinin birincil omuz abdüktörleri hâline gelmesine olanak tanır. Bu durum, ameliyat sonrası deltoid abdüksiyon etkinliğinin doğal anatomiye kıyasla %30'a kadar artmasını sağlamaktadır.<sup>[19-21]</sup> Ancak, dönme merkezinin medializasyonu, polietilen ara parça ile humerus bileşenin, skapulada görülen çentiklenme riski yüksektir. Kolun adduksiyonu sırasında humerus bileşenin ve alt skapular boynunun bu mekanik çarpması ters omuz protezindeki birincil mekanik komplikasyon olarak kabul edilir.

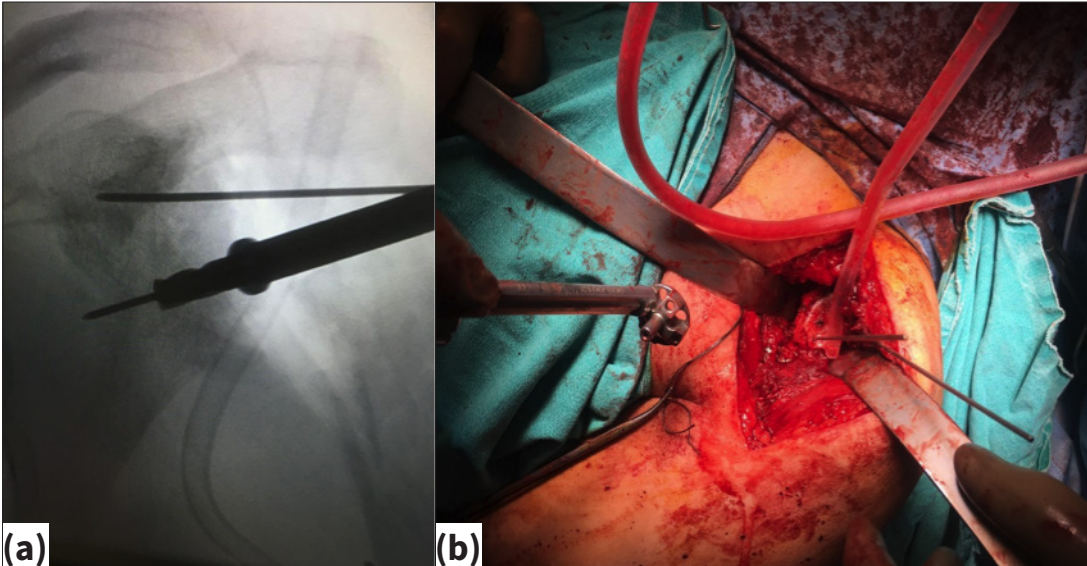
Glenoid ve humeral bileşen özelliklerine dayalı olarak farklı TTOP tasarımlarını kategorize etmek için Routman ve ark. tarafından bir sınıflandırma sistemi önerilmiştir.<sup>[22]</sup> Glenoid bileşenler, dönme merkezi pozisyonuna göre medialize veya lateralize olarak sınıflandırılabilir.<sup>[23]</sup> Dönme merkezinin konumu glenosfer kalınlığı ve yarıçapı ile kemik veya metal takviyelerin kullanımına göre belirlenir. Humerus bileşenleri, intramedüller kanal eksenyle humeral insertin dönme merkezi arasındaki mesafeye bağlı olarak medialize ve lateralize olarak ikiye ayrılır. Bu mesafe humerus diafiz boyun açısından, humeral komponentin metafiz bileşeni ve insert kalınlığından ve osteotomi yüksekliğinden etkilenir.

Implantlar şu şekilde sınıflandırılmaktadır: MedG-MedH (medialize glenosfer-medialize humerus), MedG-LatH (medialize glenosfer-lateralize humerus), LatG-MedH (lateralize glenosfer-medialize humerus), LatG-LatH (lateralize glenosfer-lateralize humerus). Bu dört konfigürasyonun her birinin artıları ve eksileri vardır. Bu sınıflandırma, farklı TTOP tasarımlarının spesifik özelliklerine göre Werthel ve ark. tarafından daha da değiştirilmiştir.<sup>[24]</sup>

## TARTIŞMA

Çevresel bir defekt, glenoid anteversiyonu veya retroversiyonu var ve implantın glenoidin %50'den fazla teması varsa humerustan otoplast (tercih edilen) veya allograft kullanılabilir. Eğer %50'den az temas sağlayan durumlarda, mümkünse humerusun proksimal kısmından veya iliak kanattan trikortikal otoplast kullanılması düşünülmelidir (Şekil 4).<sup>[25]</sup> Böylece glenoidin lateral off-seti artırılıp daha stabil bir tespit sağlanarak skapular çentiklenme riski azaltılmış olmaktadır.<sup>[26]</sup>

Ters total omuz protezi, subskapularisin onarılmasının gerekip gerekmediği tartışılmaktadır.<sup>[27]</sup> Teorik olarak subskapularisin onarılması, glenohumeral stabiliteyi iyileştirmeli ve çıkık riskini azaltmalıdır. Medialleştirilmiş tasarımlar için bu öneri dikkate alınmalıdır; subskapularisin lateralize bir tasarımla onarılmamasının daha büyük bir glenohumeral instabilite riskiyle sonuçlandığı gösterilmemiştir. Bu etki, lateralize edilmiş tasarımlarda deltoid kasının daha sıkıştırıcı bir eklem yükü üretmesinden kaynaklanmaktadır.<sup>[28]</sup>



**Şekil 4.a,b.** İntraoperatif glenoid defektin floroskopi ile değerlendirilmesi (a) ve greftlenme sonrası intraoperatif glenoidin görünümü (b).

Ayrıca subskapularis onarımının iç ve dış rotasyon ve abdüksiyon açısından klinik ameliyat sonrası eklem hareket açıklığını etkileyip etkilemediği hâlâ tartışmalıdır.

Bazı yazarlar, TTOP'de subskapularisin aşağıya, rotasyon merkezine doğru kaydırılması, neredeyse tüm hareket aralığı için bir addüktör hâline gelmesi ve deltoid ve eklem yükünü arttıran antagonistik bir etki yaratması nedeniyle bunun ameliyat sonrası abdüksiyonu azaltabileceğine inanmaktadır.<sup>[29,30]</sup> Başlangıçta TTOP yalnızca rotator manşet artropatisi ve masif rotator manşet yırtıkları için endikedir.<sup>[29]</sup> Daha sonra bu endikasyonlar, Walch sınıflamasına göre rotator manşet sağlam olsa bile glenoid defisitli glenohumeral artrit de kapsayacak şekilde genişletildi.<sup>[31,32]</sup> Dolayısıyla cerrah bu durumlarda rotator manşeti koruma veya serbest bırakma seçeneğine sahiptir. Cerrahi sırasındaki amaç, supraspinatus tendonunun serbest bırakılması sıklıkla gerekli olsa da aşırı gerginlikten ve TTOP'nin yerleşiminde zorluklardan kaçınmak için posterosuperior manşeti korumaktır.<sup>[33]</sup>

Sheth ve ark., en az 10 yıllık takiple 94 hastayı değerlendirdi ve orta vadeden uzun vadeye kadar fonksiyonda veya ağrıda herhangi bir bozulma göstermedi. Hastalar çok memnun (%56), memnun (%26), memnun olmayan (%14) ve çok memnun olmayan (%4) olarak tanımlandı. Sağlık oranının 10 yılda %81 olduğu gösterildi.<sup>[34]</sup>

Bacle ve ark.'nın en az 10 yıllık orta vadeli sonuçları karşılaştırıldığında klinik sonuçlardaki kötüleşmeyi vurgulamalarına rağmen yüksek bir protez sağlık oranı (%93) ve iyi uzun vadeli klinik sonuçlar gösterildi.<sup>[35]</sup>

Üç parçalı ve dört parçalı proksimal humerus kırıkları olan 70 yaş üstü hastalarda TTOP, açılabilir sabit kilitli plağa göre daha iyi hasta klinik sonuçları ve eklem hareket açıklığı bildirildi.<sup>[36]</sup>

Ters total omuz protezi ile ilişkili en yaygın komplikasyonlar; akromiyal ve skapular kırıklar, instabilite, aseptik glenoid ve humerus gevşemesi, enfeksiyon, humerus kırıkları ve sinir yaralanmalarına rastlanılmaktadır. En yaygın sorun skapular çentiklenmesidir. Ayrıca, replasman kemik adaptasyonları ile proksimal humerustaki stres dağılımını değiştirebilir.

Yapılan çalışmalarda komplikasyonların görülme sıklığı zamanla değişmektedir. Son on yılda enfeksiyon, instabiliteyi geride bırakarak komplikasyonun ilk nedeni hâline gelmiş gibi görünmektedir.<sup>[37,38]</sup>

Ters total omuz protezinin en sık görülen komplikasyonları arasında enfeksiyon, humeral baş migrasyonu ve periprotetik kırıklar bulunmaktadır. Ters total omuz protezinde hastanede yatarak tedavi gören hastalarda daha yüksek oranda tıbbi komplikasyon riski ve kısa vadeli periprotetik mekanik komplikasyon riskinin arttığı da gözlemlenmiştir.<sup>[7]</sup>

Protez bileşenlerinin yeterli ve stabil fiksasyonu, özellikle ileri osteoartrit ve eşlik eden kemik kaybında cerrahi zorluğun artabileceğinden, cerrahi navigasyon ve hasta özelinde enstrüman teknikleri ilk olarak 2000'den sonra tanıtıldı ve daha sonra 2014 yılında lanotti ve ark. tarafından uyarlanmıştır.<sup>[39]</sup> Bu teknik ve bilgisayar navigasyonu, özellikle karmaşık ve değişken anatomiye sahip teknik olarak zor vakalarda glenoid konumlandırmasını iyileştirmek için geliştirildi.<sup>[40,41]</sup> Sadoghi ve ark., navigasyonlu omuz replasmanı ve standart protez için glenoid versiyonuna ilişkin verileri değerlendiren bir meta-analiz gerçekleştirmişlerdir.<sup>[41-43]</sup> Navigasyonlu omuzlarda, implant versiyonu ve eğim hatasının önemli ölçüde azaltıldığı belirtilmiştir.<sup>[43]</sup>

## SONUÇ

Orta ile uzun vadeli takipte, TTOP'nin ATOP'ye kıyasla önemli ölçüde daha az komplikasyon ve revizyon oranı gözlemlendi. Benzer hasta bildirim sonuçlarına rağmen, TTOP ile tedavi edilen hastaların omuzlarından memnuniyet oranları daha yüksektir.<sup>[44]</sup>

## KAYNAKLAR

1. Craig RS, Goodier H, Singh JA, Hopewell S, Rees JL. Shoulder replacement surgery for osteoarthritis and rotator cuff tear arthropathy. Cochrane Database Syst Rev 2020;4(4):CD012879. **Crossref**
2. Kolade O, Ghosh N, Buchalter D, Rosenthal Y, Zuckerman JD, Virk MS. Patterns of limitations in activities of daily living, sleep, and pain in the early postoperative period following total shoulder arthroplasty: A prospective study. JSES Int 2023;7(1):1-7. **Crossref**
3. Jeong JY, Cha HE. Reverse total shoulder arthroplasty in the massive rotator cuff tear. Clin Shoulder Elb 2014;17(3):145-50. **Crossref**
4. Garcia GH, Liu JN, Sinatro A, Wu HH, Dines JS, Warren RF, et al. High satisfaction and return to sports after total shoulder arthroplasty in patients aged 55 years and younger. Am J Sports Med 2017;45(7):1540-7. **Crossref**
5. Mattei L, Mortera S, Arrigoni C, Castoldi F. Anatomic shoulder arthroplasty: An update on indications, technique, results, and complication rates. Joints 2015;3(2):72-8. **Crossref**
6. Liu JN, Steinhaus ME, Garcia GH, Chang B, Fields K, Dines DM, et al. Return to sport after shoulder arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2018; 26(9):2779-95. **Crossref**
7. Bohsali KI, Bois AJ, Wirth MA. Complications of shoulder arthroplasty. JBJS 2017;99(3):231-43. **Crossref**
8. Occhiboi E, PA-C ATC, Clement R. Anatomic total shoulder arthroplasty and reverse total shoulder arthroplasty: Indications, outcomes, and complications. J Orthop Physician Assist 2020;8(1):6-11. **Crossref**

9. Galvin JW, Kim R, Ment A, Durso J, Joslin PMN, Lemos JL, et al. Outcomes and complications of primary reverse shoulder arthroplasty with a minimum of 2 years' follow-up: A systematic review and meta-analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 2022;31(6):1178-89. [Crossref](#)
10. Baulot E, Sirveaux F, Boileau P. Grammont's idea: The story of Paul Grammont's functional surgery concept and the development of the reverse principle. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469(9):2436-43. [Crossref](#)
11. Boileau P, Watkinson DJ, Hatzidakis AM, Balg F. Grammont reverse prosthesis: Design, rationale, and biomechanics. *J Shoulder Elbow Surg* 2005;14(1):145-52. [Crossref](#)
12. Berliner JL, Regalado-Magdos A, Ma CB, Feeley BT. Biomechanics of reverse total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2015;24(3):493-502. [Crossref](#)
13. Flatow EL, Harrison AK. A history of reverse total shoulder arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469(9):2431-5. [Crossref](#)
14. Fenlin JM. Total glenohumeral joint replacement. *Orthop Clin North Am* 1975; 6(2):227-36. [Crossref](#)
15. Rugg CM, Coughlan MJ, Lansdown DA. Reverse total shoulder arthroplasty: Biomechanics and indications. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2019;12(1):41-9. [Crossref](#)
16. Frank JK, Siegert P, Plachel F, Heuberger PR, Huber S, Schanda JE. The evolution of reverse total shoulder arthroplasty-From the first steps to novel implant designs and surgical techniques. *J Clin Med* 2022;11(6):1512. [Crossref](#)
17. Kontaxis A, Johnson GR. The biomechanics of reverse anatomy shoulder replacement-A modelling study. *Clin Biomech* 2009; 24(3):257-63. [Crossref](#)
18. Edwards TB, Trappey GJ, Riley C, O'Connor DP, Elkousy HA, Gartsman GM. Inferior tilt of the glenoid component does not decrease scapular notching in reverse shoulder arthroplasty: Results of a prospective randomized study. *J Shoulder Elbow Surg* 2012;21(5):646-53. [Crossref](#)
19. Terrier A, Reist A, Merlini F, Farron A. Simulated joint and muscle forces in reversed and anatomic shoulder prostheses. *J Bone Joint Surg Br* 2008;90(6):797-804. [Crossref](#)
20. Jobin CM, Brown GD, Bahu MJ, Gardner TR, Bigliani LU, Levine WN, et al. Reverse total shoulder arthroplasty for cuff tear arthropathy: The clinical effect of deltoid lengthening and center of rotation medialization. *J Shoulder Elbow Surg* 2012;21(10):1371-7. [Crossref](#)
21. Henninger HB, Barg A, Anderson AE, Bachus KN, Tashjian RZ, Burks RT. Effect of deltoid tension and humeral version in reverse total shoulder arthroplasty: A biomechanical study. *J Shoulder Elbow Surg* 2012;21(4):488-93. [Crossref](#)
22. Routman HD, Flurin PH, Wright TW, Zuckerman JD, Hamilton MA, Roche CP. Reverse shoulder arthroplasty prosthesis design classification system. *Bull Hosp Joint Dis* 2015;73:85-91.
23. Cogan CJ, Ho JC, Entezari V, Iannotti JP, Ricchetti ET. The influence of reverse total shoulder arthroplasty implant design on biomechanics. *J Shoulder Elbow Surg* 2023;32(4):728-36. [Crossref](#)
24. Werthel JD, Walch G, Vegehan E, Deransart P, Sanchez-Sotelo J, Valenti P. Lateralization in reverse shoulder arthroplasty: A descriptive analysis of different implants in current practice. *J Shoulder Elbow Surg* 2019;28(8):1433-40. [Crossref](#)
25. Wagner E, Houdek MT, Elhassan BT, Sanchez-Sotelo J, Sperling JW, Cofield RH. Glenoid bone-grafting in revision to a reverse total shoulder arthroplasty: Surgical technique. *JBJS Essent Surg Tech* 2016;6(4):e35. [Crossref](#)
26. Boileau P, Moineau G, Roussanne Y, O'Shea K. Bony increased-offset reversed shoulder arthroplasty minimizing scapular impingement while maximizing glenoid fixation. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469(9):2454-62. [Crossref](#)
27. Drake GN, O'Connor DP, Edwards TB. Indications for reverse total shoulder arthroplasty in rotator cuff disease. *Clin Orthop Relat Res* 2010;468(3):754-63. [Crossref](#)
28. Giles JW, Langohr GDG, Johnson JA, Athwal GS. The rotator cuff muscles are antagonists after reverse total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2016;25(10):1682-8. [Crossref](#)
29. Wall B, Nové-Josserand L, O'Connor DP, Edwards TB, Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty: A review of results according to etiology. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89(4):778-85. [Crossref](#)
30. Boulahia A, Edwards TB, Walch G, Baratta RV. Early results of a reverse design prosthesis in the treatment of arthritis of the shoulder in elderly patients with a large rotator cuff tear. *Orthopedics* 2002;25(2):183-7. [Crossref](#)
31. Denard PJ, Walch G. Current concepts in the surgical management of primary glenohumeral arthritis with a biconcave glenoid. *J Shoulder Elbow Surg* 2013;22(8):1147-55. [Crossref](#)
32. Sears BW, Johnston PS, Ramsey ML, Williams GR. Glenoid bone loss in primary total shoulder arthroplasty: Evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg* 2012;20(9):604-12. [Crossref](#)
33. Bauer S, Blakeney WG, Wang AW, Ernstbrunner L, Corbaz J, Werthel JD. Challenges for optimization of reverse shoulder arthroplasty Part II: Subacromial space, scapular posture, moment arms, and muscle tensioning. *J Clin Med* 2023;12(4):1616. [Crossref](#)
34. Sheth MM, Heldt BL, Spell JH, Vidal EA, Laughlin MS, Morris BJ, et al. Patient satisfaction and clinical outcomes of reverse shoulder arthroplasty: A minimum of 10 years' follow-up. *J Shoulder Elbow Surg* 2022;31(4):778-85. [Crossref](#)
35. Bacle G, Nove-Josserand L, Garaud P, Walch G. Long-term outcomes of reverse total shoulder arthroplasty: A follow-up of a previous study. *J Bone Joint Surg Am* 2017; 99(6):463-71. [Crossref](#)
36. Lanzetti RM, Gaj E, Berlinberg EJ, Patel HH, Spoliti M. Reverse total shoulder arthroplasty demonstrates better outcomes than angular stable plate in the treatment of three-part and four-part proximal humerus fractures in patients older than 70 years. *Clin Orthop Relat Res* 2023;481(4):648-57. [Crossref](#)
37. Zumstein MA, Pinedo M, Old J, Boileau P. Problems, complications, reoperations, and revisions in reverse total shoulder arthroplasty: A systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20(1):26-35. [Crossref](#)

38. Ascione F, Domos P, Guarrella V, Chelli M, Boileau P, Walch G. Long-term humeral complications after Grammont-style reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2018;27(6):1019-27. **Crossref**
39. Von Schroeder HP, Kuiper SD, Botte MJ. Osseous anatomy of the scapula. *Clin Orthop Relat Res* 2001;382:60-7. **Crossref**
40. Matsumura N, Oki S, Ogawa K, Iwamoto T, Ochi K, Sato K, et al. Three-dimensional anthropometric analysis of the glenohumeral joint in a normal Japanese population. *J Shoulder Elbow Surg* 2016;25(3):493-501. **Crossref**
41. Shimozono Y, Arai R, Matsuda S. The dimensions of the scapula glenoid in Japanese rotator cuff tear patients. *Clin Orthop Surg* 2017;9(2):207-13. **Crossref**
42. Iannotti JP, Gabriel JP, Schneck SL, Evans BG, Misra S. The normal glenohumeral relationships: An anatomical study of one hundred and forty shoulders. *J Bone Joint Surg Am* 1992;74(4):491-500. **Crossref**
43. Chae SW, Kim SY, Lee H, Yon JR, Lee J, Han SH. Effect of baseplate size on primary glenoid stability and impingement-free range of motion in reverse shoulder arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord* 2014;15:417. **Crossref**
44. Schoch BS, King JJ, Zuckerman J, Wright TW, Roche C, Flurin PH. Anatomic versus reverse shoulder arthroplasty: A mid-term follow-up comparison. *Shoulder Elbow* 2021;13(5):590-7. **Crossref**