



Ters omuz protezinde biyolojik lateralizasyon (BİO-TOP) ne zaman ve nasıl yapılmalıdır?

When and how should biological lateralization (BIO-RSA) be performed in reverse shoulder prosthesis?

Ahmet Alperen Öztürk¹, İhsan Ahmet Güneren¹, Kerem Bilsel²

¹Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Tıp Fakültesi, Prof. Dr. Cemil Taşcıoğlu Şehir Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

²Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fulya Acıbadem Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Grammont tipi ters omuz protezinde rotasyon merkezinin medialize edilmesi, humeral polietilen insert ve skapular boyun arasında mekanik sıkışmaya neden olma eğilimindedir. Bu durum, sınırlı eklem hareket açıklığı, skapular çentiklenme ve protez instabilitesi gibi komplikasyonlarla sonuçlanabilir. Bu sorunları önlemek veya en aza indirmek için protez rotasyon merkezinin lateralizasyonu önerilmiştir. Lateralizasyon, metal kullanılarak veya biyolojik olarak sağlanabilmektedir. Biyolojik lateralizasyonda, glenoid yüzeyine bir kemik grefti yerleştirilerek glenoid lateralizasyonu sağlanmaktadır. Skapula boynunu etkili bir şekilde uzatarak kemik grefti kaynadıktan sonra rotasyon merkezini glenoid komponentle skapula arasındaki ara yüzde tutan ve lateralizasyonu sağlayan bu cerrahi prosedüre kemik destekli offsetli ters omuz protezi (*bony increased offset reversed shoulder arthroplasty*, BİO-TOP) adı verilmektedir. Kemik destekli offsetli ters omuz protezi tekniği, omuz ekleminde biyolojik lateralizasyon sağlayarak fonksiyonel sonuçları iyileştirme potansiyeline sahip başarılı bir yöntemdir. Biyolojik lateralizasyonun başlıca avantajları; donör saha morbiditesinin olmaması, hastalık bulaşma riski bulunmaması ve nispeten düşük maliyetli olmasıdır. Hasta, kendi donörüdür ve greft cerrahi bölgede bulunmaktadır. Ameliyat öncesi planlama, glenoid erozyonunun doğru değerlendirilmesi ve *base platenin* eğiminin yerleştirilmesi açısından önemli yer tutmaktadır. Açılı BİO-TOP ile multiplanar deformiteler dâhil olmak üzere glenoid yetersizlikleri öngörülebilir şekilde düzeltilebilmektedir. Kemik destekli offsetli ters omuz protezi sınırlı eklem hareket açıklığı, skapular çentiklenme ve protez instabilitesi gibi komplikasyonları en aza indirmektedir.

Anahtar sözcükler: ters omuz protezi; biyolojik lateralizasyon; kemik grefti destekli offset

In the Grammont-type reverse shoulder prosthesis, medialization of the center of rotation tends to cause mechanical impingement between the humeral polyethylene insert and the scapular neck. This condition can result in complications such as limited range of motion, scapular notching, and prosthetic instability. To prevent or minimize these issues, lateralization of the prosthetic center of rotation has been proposed. Lateralization can be achieved either through the use of metal or biologically. In biological lateralization, a bone graft is placed on the glenoid surface to achieve glenoid lateralization. This surgical procedure, known as bony increased offset reversed shoulder arthroplasty (BIO-RSA), effectively lengthens the scapular neck, and once the bone graft has healed, maintains the center of rotation at the interface between the glenoid component and the scapula, thereby providing lateralization. The BIO-RSA technique is a successful method with the potential to improve functional outcomes by achieving biological lateralization of the shoulder joint. The main advantages of biological lateralization include the absence of donor site morbidity, no risk of disease transmission, and relatively low cost. The patient serves as their own donor, with the graft located at the surgical site. Preoperative planning plays a critical role in accurately assessing glenoid erosion and positioning the inclination of the baseplate. With angled BIO-RSA, glenoid deficiencies, including multiplanar deformities, can be predictably corrected. BIO-RSA minimizes complications such as limited range of motion, scapular notching, and prosthetic instability.

Key words: reverse shoulder prosthesis; biological lateralization; bone graft-supported offset

1970'li yıllarda Neer tarafından ortaya konulan ters omuz protezi (TOP); Grammont tarafından 1980'li yıllarda geliştirilmiş ve günümüzde

sık uygulanan bir tedavi yöntemi hâline gelmiştir.^[1] Modern TOP'nin öncüsü olarak kabul edilen Grammont, glenohumeral rotasyon merkezinin medializasyonu ve

İletişim / Contact: Prof. Dr. Kerem Bilsel • **E-posta / E-mail:** kbilsel@gmail.com

ORCID ID: Ahmet Alperen Öztürk, 0000-0002-1777-9060 • İhsan Ahmet Güneren, 0009-0001-2059-2504, Kerem Bilsel, 0000-0002-7402-756X

Geliş / Received: 9 Eylül 2024 • **Revizyon / Revised:** 21 Ekim 2024 • **Kabul / Accepted:** 24 Ekim 2024

humerusun inferiora yer değiştirmesinden oluşan iki ana biyomekanik prensibi tarif etmiştir. Böylece glenoid binen yük azalacak ve deltoid moment kolu artacaktır.^[2] Ancak artan klinik tecrübe beraberinde literatürde, medialize tasarımıyla ilişkili çeşitli sorunlar ve komplikasyonlar bildirilmiştir.^[3,4]

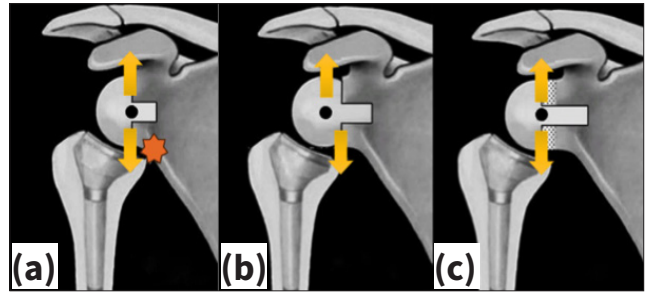
Grammont tipi TOP'de rotasyon merkezinin medialize edilmesi, humeral polietilen insert ve skapular boyun arasında mekanik sıkışmaya neden olma eğilimindedir. Bu durum, sınırlı eklem hareket açıklığı, skapular çentiklenme ve protez instabilitesi gibi komplikasyonlarla sonuçlanabilir.^[4,5] Humeral komponentin kolun adduksiyon ve rotasyonu esnasında skapula boynuna karşı inferomedial sıkışması; kemik erozyonuna ve polietilen aşınmasına neden olarak inferior skapular çentiklenmeyi meydana getirir. Ameliyat sonrası radyografilerin %50-96'sında bu görünümle karşılaşılmaktadır. Ayrıca anterior skapular sıkışmayla iç rotasyonda, posterior sıkışmayla dış rotasyonda kısıtlılık oluşabilmektedir. Ters omuz protezi sonrası gelişebilecek sınırlı omuz eklem hareket açıklığı; tüberküllerin iç rotasyonda korakoid çıkıntıya, dış rotasyonda ise spina skapulaya olan mekanik sıkışmasıyla ilişkilendirilebilmektedir. Humeral medializasyonun bir sonucu olarak görülen yumuşak doku gerginliğinde zayıflama ve glenohumeral sıkışma, protez instabilitesine ve dislokasyon riskinde artışa neden olabilmektedir. İnstabilite, takiplerde vakaların %3-6'sında gözlemlenmiştir.^[6,7] Ayrıca humeral medializasyon TOP sonrası omuzda kontur kaybı oluşturarak hastalarda kozmetik kaygılara neden olabilecek bir görünüm değişikliğine sebep olabilmektedir.^[2,6,7]

Bu sorunları önlemek veya en aza indirmek için protez rotasyon merkezinin lateralizasyonu önerilmiştir. Ters omuz protezi açısından, lateralizasyon, rotasyon merkezinin klasik medialize tasarımına göre daha laterale kaydırılmasını ifade eder. Protez rotasyon merkezi, doğal omuzla karşılaştırıldığında ise medialize kalır.^[4]

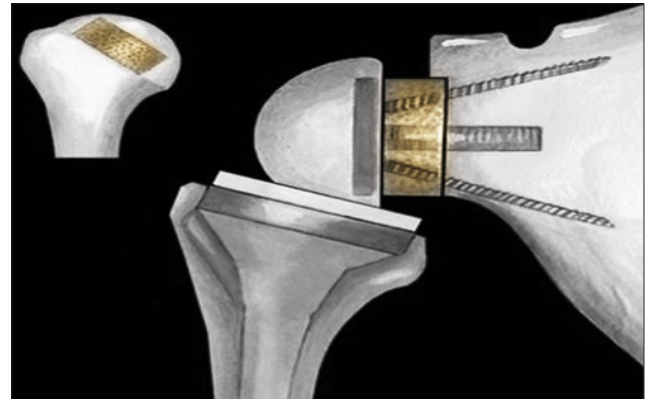
LATERALİZASYON YÖNTEMLERİ

Lateralizasyon, metal kullanılarak veya biyolojik olarak kemik grefti kullanılarak sağlanabilir (Şekil 1). Metalik lateralizasyon, glenoid veya humeral tarafta lateralize edilmiş metalik protez bileşenleri kullanılarak sağlanabilir. Metal destekli offsetli ters omuz protezinde ya daha kalın bir *base plate* ya da arttırılmış kalınlıkta bir glenosfer veya her ikisi birden kullanılabilir. Uzun boyunlu bir glenosfer, doğal glenoid yüzeyine implante edilerek lateralizasyon sağlanır. Bu durum, protez-kemik ara yüzünde artan yüklenmeye yol açar ve glenoid protez gevşeme riskini arttırabilir.

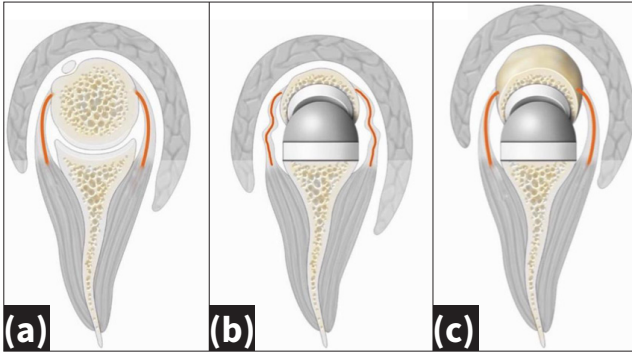
Biyolojik lateralizasyonda ise, glenoid yüzeyine bir kemik grefti yerleştirilerek glenoid lateralizasyonu sağlanmaktadır (Şekil 2). Skapula boynunu etkili bir şekilde uzatarak kemik grefti iyileştikten sonra rotasyon merkezini glenoid komponentle skapula arasındaki ara yüzde tutan ve lateralizasyonu sağlayan bu cerrahi prosedüre kemik destekli offsetli ters omuz artroplastisi (*bony increased offset reversed shoulder arthroplasty*, BİO-TOP) adı verilmektedir.^[4-6] Bu teknikte önce humerus başından disk şeklinde bir kemik grefti alınır, ardından bu greft uygun şekilde hazırlanarak *base platinin* altına yerleştirilir ve uzun santral bir peg ve vidalarla sabitlenmektedir. kemik destekli offsetli ters omuz protezinin temel prensibi, kemik greftiyle doğal glenoid arasındaki kaynama gerçekleştiğinde eklem rotasyon merkezinin kemik-protez ara yüzünde korunmasıdır. Bu durum metal destekli offsetli ters omuz protezinde görülen yüklenme kuvvetlerini azaltır ve daha stabil bir yapı meydana getirmektedir.



Şekil 1.a-c. Medialize edilmiş (Grammont) TOP (yarım küre), protezin maruz kaldığı tork düşük ancak skapular çentiklenme riski artmıştır (turuncu yıldız) (a). Metalik lateralize TOP (küresel yapının üçte ikisi), skapular çentiklenme riskini azaltır, ancak lateralize rotasyon merkezi, glenoid fiksasyonuna zarar veren kuvvet yüklenmesine sebep olur (b). Kemik destekli offsetli ters omuz protezi skapular çentiklenme riskini (lateralizasyon nedeniyle) azaltırken, glenoid fiksasyonunu en üst düzeye çıkarır (çünkü rotasyon merkezi kemik-protez ara yüzünde kalır ve kaldıraç kolu yoktur) (c).



Şekil 2. Kemik destekli offsetli ters omuz protezi için kemik greftinin humerustan alındığı bölge ve lateralizasyon ya da kemik erozyonunu düzeltmek için glenoidde uygulanması.



Şekil 3.a-c. Omuzun doğal aksiyel pozisyonu (a). Glenoid lateralizasyonu ancak humerusun medialize olduğu TOP kombinasyonunda rotator manşetin gevşemesi ve rotasyonel harekete etkisinin azalması (b). Hem glenoid hem humerusun lateralize olduğu TOP kombinasyonunda rotator manşetin yeterli gerginliğinin sağlanması (c).

Skapula boynunun uzamasıyla lateralizasyon sağlanarak; skapular çentiklenme riskinin azaltılması, omuz hareketi ve stabilitesinin artırılması amaçlanmaktadır (Şekil 3).^[5]

Biyolojik lateralizasyonun avantajları arasında, donör saha morbiditesinin olmaması, hastalık bulaşma riski bulunmaması (allogreft ile karşılaştırıldığında) ve düşük maliyet (arttırılmış *base plate* veya allogreft ile karşılaştırıldığında) yer alır. Hasta, kendi donörüdür ve greft cerrahi bölgede bulunur. Ayrıca açılı BİO-TOP tekniği kullanılarak, multiplanar deformitelerin ve glenoid defektlerinin de yeniden yapılandırması sağlanabilmektedir.^[8]

GLENOİD DEFEKTLERİ VE PLANLAMA

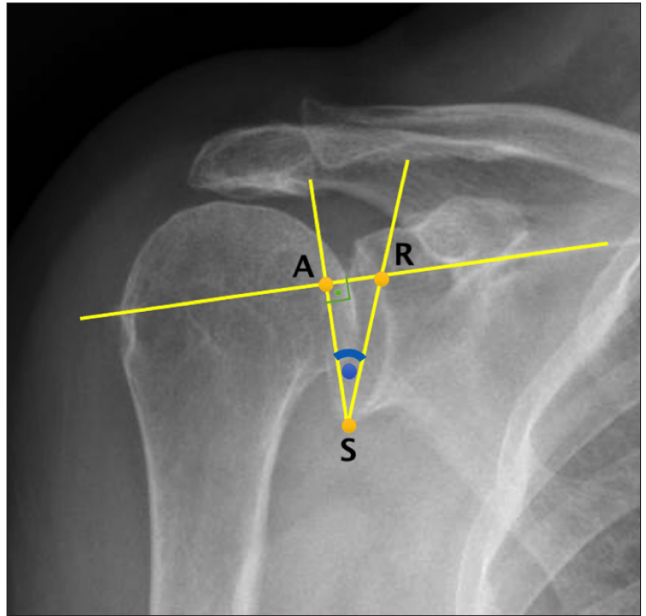
Şiddetli glenoid erozyonu veya yetersizliği artritli hastalarda sık görülmekte olup ters omuz protezi gerçekleştiren cerrah için zorluk yaratan durumlardandır.^[8,9] Ters omuz protezi uygulaması sırasında glenoid kemik kaybının düzeltilmesi; protezde çentiklenmeyi ve instabiliteyi önleyebilmektedir. Bununla birlikte eklem hareket açıklığını ve fonksiyonunu arttırabilmekte, protez sağkalımını uzatabilmektedir.^[8]

Protezin glenoid komponentinin uygun olmayan pozisyondaki yerleşiminden dolayı birçok komplikasyon (skapular çentiklenme, instabilite, eklem hareket açıklığının kısıtlanması gibi) meydana gelebilmektedir. Doğru pozisyonlama için *base plate*yi glenoid yüzeyinin alt kısmında en azından nötr eğimde olacak şekilde sabitlemek, optimal deltoid gerilimini sağlamak ve inferior skapular sıkışmadan kaçınmak önemli yere sahiptir. Glenoid komponentin doğru pozisyonlaması için son zamanlarda sıkça kullanılan parametrelerden biri ters omuz protez (TOP) açısıdır.^[10,11] Ters omuz protezi uygulanırken glenoid bileşeninin superiora açılı yerleştirilmesi dikkat edilmesi gereken noktalardandır. Geleneksel

glenoid eğimi ölçümleri [b açısı veya TSA (*total shoulder arthroplasty*) açısı] tüm glenoid fossa dikkate alınarak değerlendirilmektedir. Ancak çoğu *base plate* glenoidin yalnızca inferior kısmı ile temas ettiğinden, TOP planlanırken glenoidin alt yarısındaki eğimin ölçülmesi yani TOP açısının hesaplanması gerekmektedir (Şekil 4).^[8,11]

Glenoid değerlendirilirken Favard sınıflandırması kullanılır. Favard sınıflandırması, manşet yırtığı artropatisine bağlı en yaygın glenoid erozyon kalıplarını tanımlar ve erozyonun dereceleri; erozyon olmaması (E0), merkezi konsantrik (E1), eksantrik superior (E2 ve E3) ve inferior (E4) erozyona kadar değişmektedir. Merkezi erozyona sahip Favard tip E1 glenoidler, superior *base plate* eğimi riski taşımaktadır.^[11]

Bir TOP uygulanırken glenoidin superior inklinasyonunu düzeltmek için birçok farklı teknik mevcut tur.^[11,12] Yaygın olarak kullanılan tekniklerden biri, inferior subkondral gülümseyen yüz elde etmek için inferiorda eksantrik drilleme ve inferior açıldırılmış kılavuz pin kullanımınıdır. Ancak, yüksek derecede bir superior inklinasyon miktarını düzeltmek, büyük miktarda doğal kemiğin kaybına neden olabilir; bu da kemik stokun azalmasına ve glenoid komponentin medialize olmasına neden olabilir.



Şekil 4. Glenoid alt kısmının eğiminin TOP açısı kullanılarak ölçülmesi. Omuz ön-arka direkt grafide [veya iki boyutlu bilgisayarlı tomografi (BT) taramasının koronal görüntüsünde] supraspinatus fossasına paralel bir çizgi çizilir. Nokta R, bu çizginin glenoid yüzeyi ile kesişim noktasıdır; nokta S, glenoidin alt kenarındır ve nokta A, supraspinatus fossa çizgisi ile nokta S'deki dik çizgi arasındaki dik açılı üçgenin tepe noktasıdır (mavi renkte çizilen açı). Ters omuz (RS) çizgisi, dik açılı üçgenin hipotenüsüdür.

Dilisiso ve ark., superior glenoid inklinasyonunu düzeltmede, subkondral gülümseyen yüz tekniği veya açılı kılavuz pin kullanımının güvenilir bir şekilde glenoid inklinasyonu düzeltmediğini göstermiştir.^[13] Rotasyon merkezinin aşırı inferior glenoid drilleme ile aşırı medializasyonu, protez instabilitesine, skapular çentiklenmeye, glenoid gevşemesine ve hareketliliğin azalmasına yol açabilir. Bunun yerine, superior augmentli bir *base plate* ya da inferior açılılandırılmış kemik grefti tercih edilebilmektedir. Açılı BİO-TOP tekniğinde, proksimal humerustan alınan açılı bir kemik grefti kullanılmaktadır. Proksimal humerusta kemik stoku mevcut olmadığında (humeral baş nekrozu) veya revizyon vakalarında arttırılmış *base plate* veya allogreft kullanılmaktadır.^[11] Açılı BİO-TOP tekniği, TOP uygulamasında şiddetli glenoid kemik kaybı veya erozyonu durumunda uygulanabilir basit bir çözümdür. Bu teknik, multiplanar deformitelerin yeniden yapılandırılması için gerekli esnekliği sağlayabilmektedir.^[8]

BİO-TOP ENDİKASYONLARI VE KONTRENDİKASYONLARI

Rotator manşet artropatisi Hamada sınıflaması IVa, IVb ve ileri derecede glenoid erozyonu olan veya multiplanar glenoid deformitesi olan durumlar; rotator manşet kaslarının ciddi hasar gördüğü ve geleneksel omuz protezlerinin yetersiz kaldığı durumlar; var olan omuz protezinde gevşeme, periprotetik kırık veya enfeksiyon gibi komplikasyonların ortaya çıktığı durumlar için revizyon cerrahisi ihtiyacı olması durumu; TOP sonrası skapular çentiklenme riskinin yüksek olduğu hastalar ve omuz ekleminin stabilitesinin arttırılması gerektiği durumlar, BİO-TOP için cerrahi endikasyonları oluşturmaktadır.^[4,8]

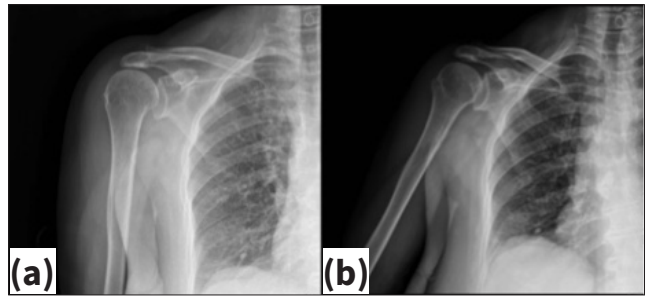
Başın çökmesi ile ilişkili Hamada sınıfı V manşet artropatisi; humerus başı osteonekrozu; başarısız parsiyel veya total omuz protezi; glenoid kemik stoğunun yetersiz olması veya ciddi deformite nedeniyle glenoid yüzeyinin implantasyona uygun olmaması; nörolojik yaralanma veya önceki cerrahi nedeniyle fonksiyonel olmayan deltoid kası varlığı durumları, BİO-TOP için kontraendikasyonları oluşturmaktadır. Ancak humerus başında uygun kemik grefti bulunmaması durumunda BİO-TOP, iliak kanat kemik grefti alınarak veya allogreft kullanılarak yine de uygulanabilir.^[4]

AMELİYAT ÖNCESİ PLANLAMA

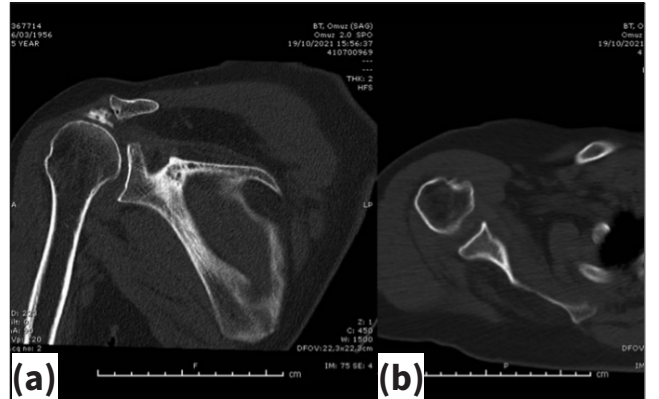
Cerrahi için endikasyon doğrulanır ve BİO-TOP için uygunluğu doğrulamak amacıyla radyografiler ve üç boyutlu görüntüleme; bilgisayarlı tomografi (BT) veya manyetik rezonans görüntüleme (MRG) tara-

maları elde edilir (Şekil 5,6). Rotator manşet artropatisi etiolojisinde, akromiöhümeral mesafe hesaplanır ve Hamada sınıflamasına göre evresi belirlenir. Üç boyutlu BT görüntülemesiyle otogreft alınması için humerus başı kemiğinin yeterliliği ve glenoid kemiğinin taban plakasını kabul etme uygunluğu doğrulanır (Şekil 7). Glenoid morfolojisi (Favard sınıflaması), hem aksiyal planda hem de dikey planda belirlenir.

Ameliyat öncesi planlama, glenoid erozyonunun doğru şekilde değerlendirilmesi ve *base plate* eğiminin yerleştirilmesi için esastır. Cerrahi açıdan, TOP açısı, glenoid bileşenin nötr eğimini sağlamak için kullanışlıdır. İki veya üç boyutlu planlama kullanılarak, gerekli kemik grefti veya arttırılmış *base plate* kalınlığı ve açısı ölçüle-



Şekil 5.a,b. Ameliyat öncesi sağ omuz ön-arka (a) ve dış rotasyon grafileri (b). Humerus başının superiora migrasyonu ve glenohümeral eklemin artrozu görülmektedir.



Şekil 6.a,b. Ameliyat öncesi omuz BT'si koronal (a) ve aksiyal (b) kesitleri. Glenoid erozyonu ve *base plate* eğiminin hesaplanması için kullanılan kesitler.



Şekil 7.a,b. Ameliyat öncesi üç boyutlu BT görüntülemesi (a,b). Humerus başı ve glenoid kemik stoku değerlendirilmiştir.

bilir, üç boyutlu yazılım programlarından faydalanılabilir. Bu tür ameliyat öncesi planlama yazılımı, cerrahın glenoid bileşenin süperior eğiminden kaçınmak için kemik greftinin açısını, boyutlarını ve şeklini tahmin etmesine olanak tanır.

Berhouet ve ark.'nın yaptığı TOP ameliyat öncesi planlama çalışmasında farklı cerrahlar arasında glenoid hazırlık kılavuz pim yerleştirilmesinde güçlü bir uyum bulunmasına karşın, glenoid *base platenin* lateralizasyon, versiyon ve eğim kriterlerinde çok az fikir birliği vardır. Glenoid drillleme ve glenoid lateralizasyon için doğrulanmış kesin önerilerin olmaması, pim yerleştirme ve nihai *base plate* konumlandırmasında olduğu kadar iyi bir uyum sağlanamamasını açıklayabilir. Bununla birlikte, ameliyat öncesi planlamadan elde edilen üç boyutlu bilgiler, glenoid deformitesinin cerrahlar arası konum farklılıkları üzerindeki etkisini en aza indirmeye yardımcı olabilir.^[14]

Ameliyat öncesi planın cerrahi prosedüre uygulanmasına yardımcı olmak için farklı bilgisayar destekli teknikler de geliştirilmiştir. Navigasyonlu artırılmış gerçeklik (*navigated augmented reality*, AR) gerçek dünyayı, enstrümanların ve komponentlerin pozisyonu ve yönelimi hakkında sanal gerçek zamanlı bilgilerle arttırmayı ifade eder. Bu bilgiler, kullanıcının sanal bilgileri gerçek dünya üzerine doğrudan yerleştirerek görmesini sağlayan başa takılan bir ekran (HMD) aracılığıyla sunulabilir.^[15]

İntraoperatif bilgisayar navigasyonu; daha uzun vida boyu, daha az sayıda toplam vida kullanımı ve toplamda iki vida kullanım sıklığının artmasını sağlamaktadır. Navigasyon ve ameliyat öncesi şablonlamanın TOP'deki rolü hâlâ gelişmekte olup kullanımının gelecekte cerrahi planlama ve intraoperatif teknik üzerinde önemli bir etkisi olacaktır.^[16]

Bu aşamalar, cerrahi öncesi planlamanın başarılı bir şekilde yapılmasını sağlayarak BİO-TOP'nin etkinliğini ve güvenliğini arttıracaktır.

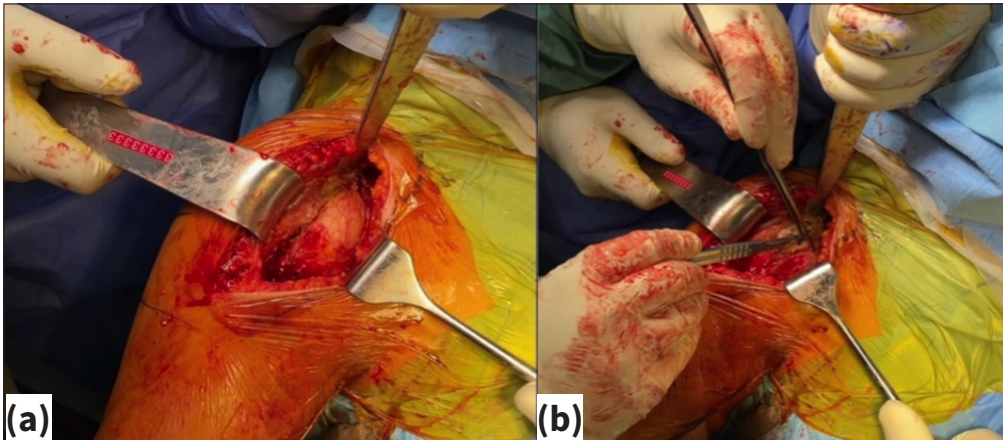
BİO-TOP CERRAHİ TEKNİĞİ

Öncelikle hastalara ameliyat süresi uzaması ve cerrahi konforun sağlanabilmesi adına genel anestezi uygulanmalıdır, ameliyat sonrası dönemde analjeziye destek amacıyla interskalen bölgesel blok da eklenebilir. Pozisyonlanma ise hastanın omuz rotasyonlarını serbest bırakacak şekilde olmalıdır. Cerrahi uygulanacak alanın göğüs ön kısmına kadar görülebilir olması ve skapula arka kısmının serbest ve görülebilir olması gerekir. Hastanın şezlong pozisyonunda hazırlanması cerrahi teknik ve cerrahi örtüm işlemini kolaylaştırmaktadır. Ameliyat esnasında cerrahi asistan ve hemşire gereksinimi bulunmaktadır. Anestezi ekibi tam bir kas gevşemesi sağlamalıdır.

BİO-TOP ameliyatı, kabaca dört ana adımda gerçekleştirilir. İlk adımda hastanın humerus başından bir disk şeklinde kemik grefti alınır. Ardından alınan kemik grefti, glenoid *base platenin* altına yerleştirilir. Bu işlem, protez sisteminin dönme merkezini lateralize edilmesini sağlar. Üçüncü basamakta hazırlanan kemik greftli glenoid *base plate* yeni glenoid yerine tespit edilir. Son olarak ters omuz protezinin glenoidal ve humeral komponentleri yerleştirilir ve cerrahi işlem tamamlanır.

Hasta Pozisyonlandırma ve Cerrahi Yaklaşım

Hastaya genel anestezi ve interskalen blok uygulanması sonrası şezlong pozisyonu verilerek deltopektoral insizyonla cilt, cilt altı dokular geçilir. Sefalik ven diseke edilerek laterale alınmak suretiyle korunur. Ardından subskapularis tendonu işaret süturu ile tespit edilerek eklem kapsülü ve tüberkulum minustan kaldırılır (Şekil 8). Biceps uzun başı supraglenoidal tüberkülden tenotomize edilir ve transvers humeral ligamente yumuşak doku tenodezi yapılarak tespit edilir. Böylece cerrahi alanın açıklığı sağlanmış olur. Eklem açılması esnasında aksiller sinire dikkat etmek gerekir.



Şekil 8.a,b. Omuz eklem kapsülü görünümü ve kapsülün açılması (a,b).

Humeral Greftin Toplanması ve İlk Humerus Hazırlığı

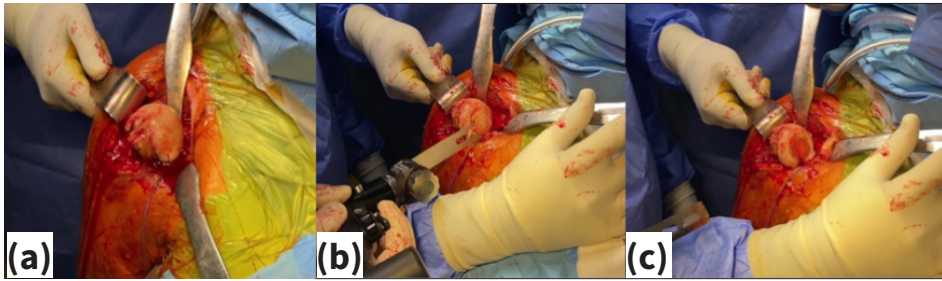
Eklem kapsülü açılarak humerus başı anteriora disloke edilir (Şekil 9). Humerus başının tepesine 155° açılı humeral kılavuz yerleştirilir ve kılavuz çubuğu ön kol eksenine paralel yerleştirilerek versiyon ayarlanır. Ardından 2,5 milimetre (mm)'lik Kirschner (K) teli humerus başına kılavuzdan gönderilir. Kesici motor ile subkondral kemiğe ulaşana kadar humerus başında düz bir yüzey oluşturulur (Şekil 9). Yine kesici motorla 29 mm çapında greft silindiri blok şeklinde çıkartılır (Şekil 10). Greftin üzerinden ortasına 8 mm kanül ile delik açılır.

Protezde kullanılması planlanan glenosferin boyutuna göre 36 mm'lik glenosfer için 10 mm'lik, 43 mm'lik glenosfer için 7 mm'lik greft kullanılır. Elde edilen greft cerrahi alandan uzaklaştırılarak ikinci bir steril masanın üzerinde kemik törpüsü ile kortekslerinden temizlenir ve izole kan-

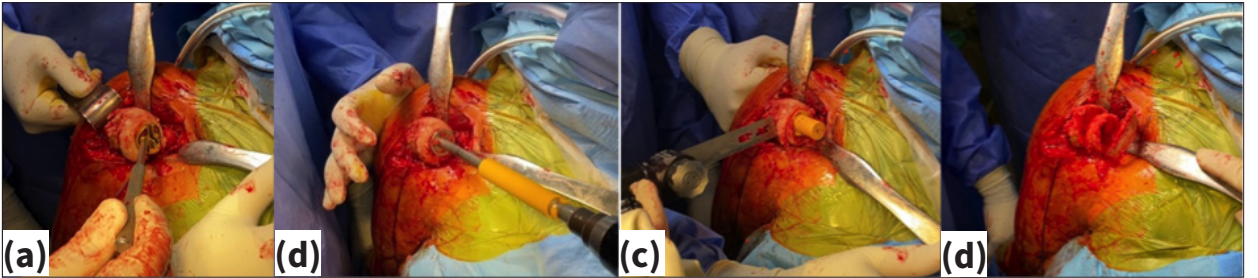
seloz kemikli greft dokusu oluşturulur (Şekil 11). Bu greft 29 mm çapındaki glenoid *base plate* ile birleştirilir (Şekil 11). Eğer elde edilen greft dokusu yeterli kalitede değil ise konvansiyonel medialize tasarımlı TOP ile devam edilebilir veya aynı enstrümantasyon kullanılarak ipsilateral iliak krestten bir kemik silindiri toplanabilir.

Glenoidin Açığa Çıkarılması, Hazırlanması ve Protez Uygulanması

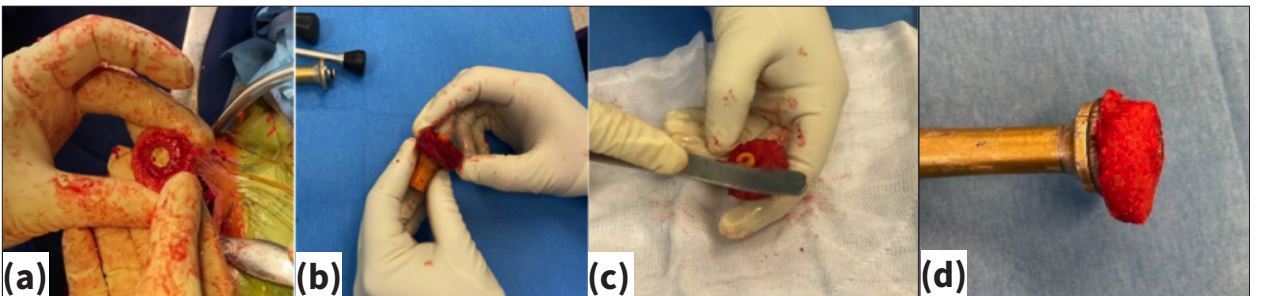
Kemik grefti ile birleştirilen 29 mm'lik glenoid *base plate*, kılavuzuyla birlikte glenoidin alt sınırına hizalanır. Eğer horizontal planda glenoid yüzeyi düz ise 10°'lik inferior inklinasyon açısı verilerek 2,5 mm'lik K teli ile glenoid taban plağı yerleştirilir. Eğer glenoid yüzeyinin üst kısmında bir erozyon var ise kılavuz tel 0°'de yerleştirilir. 29 mm oyuncu kullanılarak glenoid yüzeyi subkondral alana



Şekil 9.a-c. Humerus başının anteriora dislokasyonu (a), greft alınması için humerus başında düz yüzey oluşturulması (b,c).



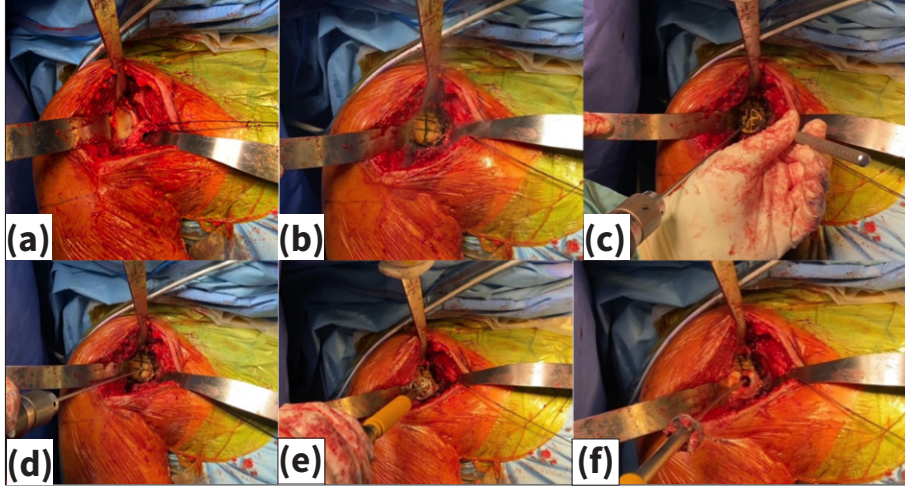
Şekil 10.a-d. Greftin çıkartılmasındaki kesme işlemi (a-d).



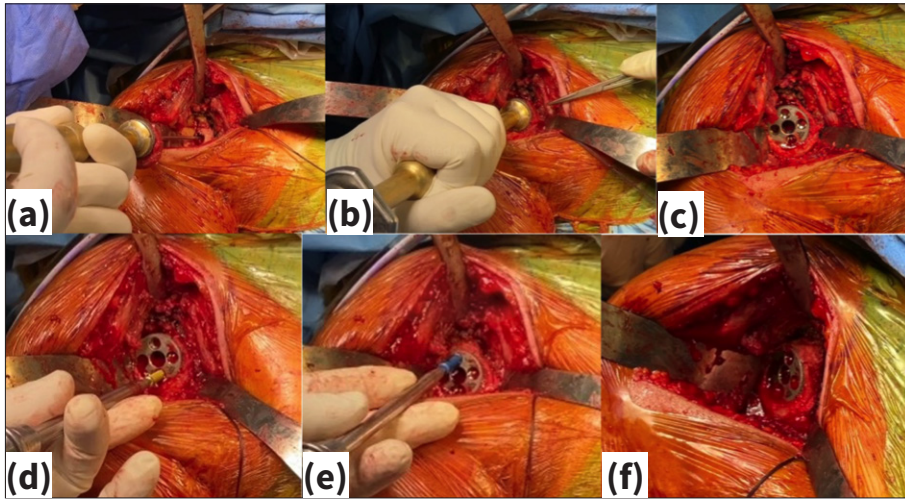
Şekil 11.a-d. Elde edilen grefte uygun şekil verilmesi ve dekortikasyonu (a-c). Greftin glenoid ile birleştirilmesi (d).

kadar tıraşlanır (Şekil 12). Ardından 8 mm kanül ile kılavuz üzerinden glenoid plağının yerleşeceği delik açılır. Glenoid üst bölümlerinde kemik dokusunun skleroze olması nedeniyle kanlanmayı arttırmak amacıyla K telleri ile yüzeysel delikler açılabilir. Greftin monte edildiği glenoid *base plate* yerleştirilir ve önce alt taraftaki deliklerden iki adet 4,5 mm

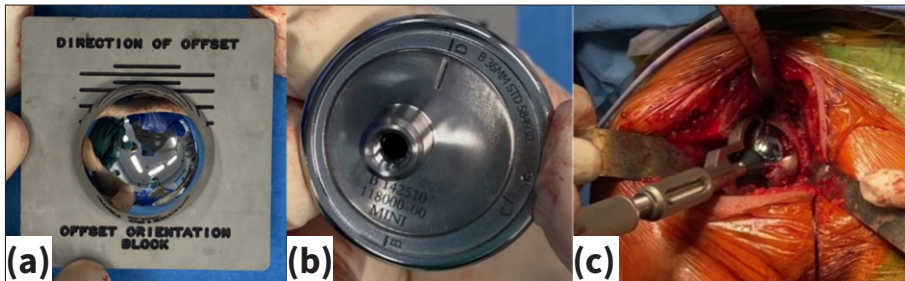
konverjan gönderilen kompresyon vidası ardından üstteki deliklerden iki adet 4,5 mm diverjan gönderilen kilitli vidalarla tespit edilir (Şekil 13). Glenoid *base plate* greftle birlikte tespit edildikten sonra uygun boyutta planlanan glenosfer (genellikle kadınlar için 36 mm, erkekler için 43 mm'lidir) yerleştirilir (Şekil 14).



Şekil 12.a-f. Glenoidin hazırlanması, kılavuz tel üzerinden işaretlemeleri yapılır ve oyucu ile oyulur (a-f).



Şekil 13.a-f. Greftin hazırlanmış olan glenoidte yerleştirilmesi ve tespiti (a-f).

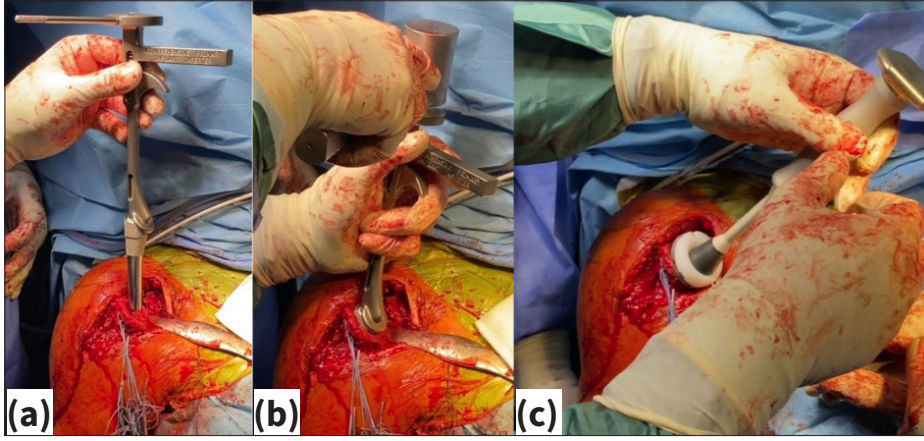


Şekil 14.a-c. Glenosferin yerleştirilmesi (a-c).

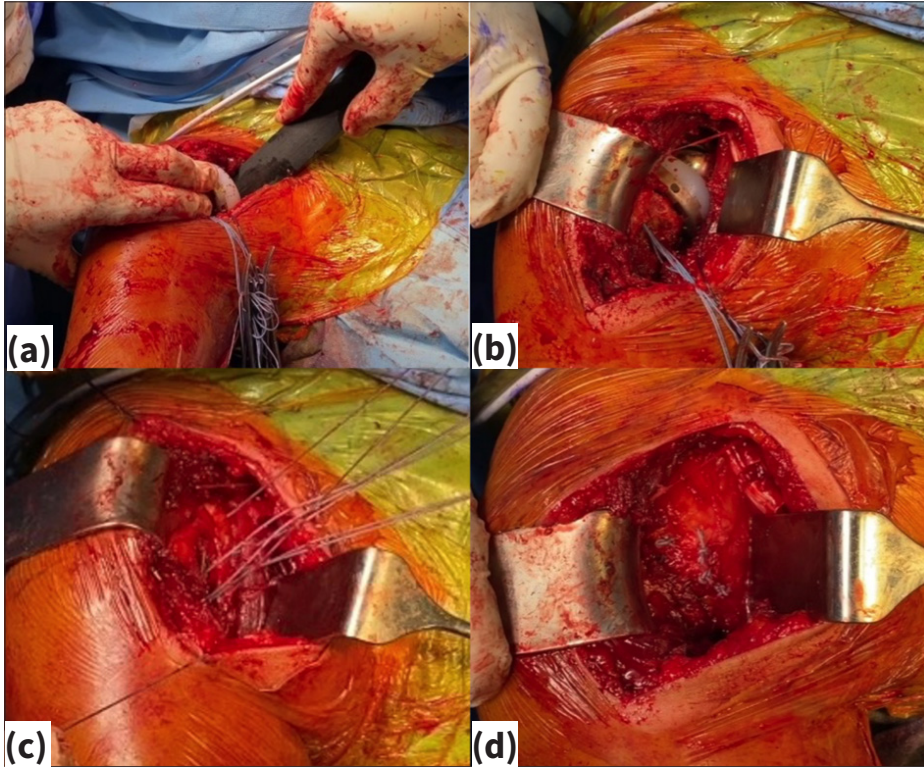
Humerusun Hazırlanması ve Protez Uygulanması

Humerus başı anteriora çıkartılarak humeral stemin yerleştirilmesi için baş kesisi planlanır, ön kol eksenine referans alınarak kesme bloğundaki yaklaşık 20° retroversiyona uygun şekilde 155° boyun-gövde açılı kılavuz ile baş kesisi yapılır ve medüller kanal kortikal kemiğe kadar reamer yardımıyla temizlenir. Humeral stemin denemesi ve polietilen insert denemesi yerleştirilip yeterli yumuşak

doku gerilimi ve protez stabilitesi test edilir. Ardından uygun olduğu düşünülen boyuttaki humeral stem çimentolu veya çimentosuz şekilde çakılır ve uygun kalınlıktaki polietilen insert ile yerleştirilir (Şekil 15). Protez redükte edilir ve subskapularis onarımı yapılır. Eklem yığınının ardından yara usulüne uygun şekilde kapatılır (Şekil 16).



Şekil 15.a-c. Humeral stem ve polietilen insert yerleştirilmesi (a-c).



Şekil 16.a-d. Protezin redüksiyonu ve yumuşak dokuların onarımı (a-d).

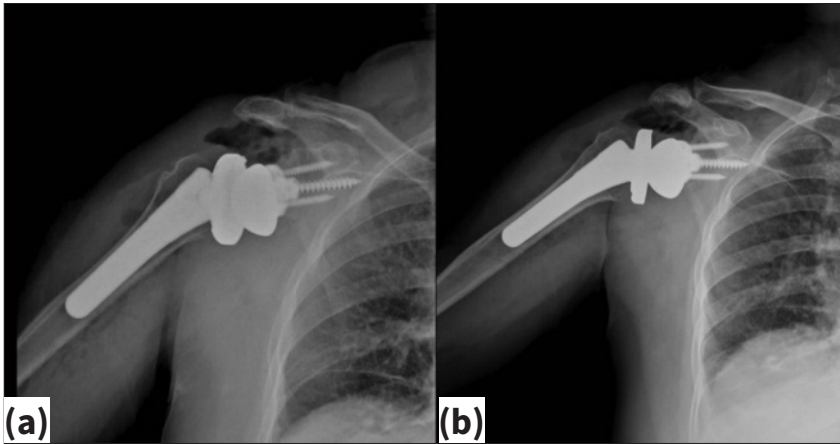
AMELİYAT SONRASI DÖNEM YÖNETİMİ VE HASTA TAKİBİ

Lateralize olmayan klasik TOP ile aynı şekilde takip ve rehabilitasyon protokolleri uygulanmaktadır. Ameliyat sonrası ilk günden sarkaç egzersizi başlanır, günde dört defa 15 dakika şeklinde egzersiz ve kol askısı ile dört hafta takip edilir. Birinci ay sonunda fizyoterapist eşliğinde ağırlık olmaksızın egzersizler başlanabilir. Altıncı haftadan sonra araç kullanımına izin verilir. Ağırlık kaldırma için uygulanan greftin kaynaması beklenir ve 12 hafta kadar ağır kaldırma yasaklanır. Ameliyattan üç ila altı ay sonra tüm ameliyat öncesi aktivitelere dönüş beklenir.

Hastaların fonksiyonel olarak altıncı aydan sonra aktif öne elevasyon, aktif dış rotasyon, aktif iç rotasyon derecelerinin ameliyat öncesi döneme göre daha yüksek olması beklenir. Takiplerde standart olarak ağrı, günlük yaşam aktiviteleri, hareket ve güç değerlendirmeleri ile objektif skorlara bakılabilir (Constant-Murray). Radyografik açıdan hastaların düzenli şekilde kemik-implant ara yüzündeki değişimler ve greftin kaynama durumu, greftin kalınlığında azalma olup olmaması, glenosferin inklinasyonunda değişim, inferior skapular çentiklenme takip edilmelidir (Şekil 17,18).

KOMPLİKASYONLAR

Geniş endikasyon spektrumu TOP'nin kullanımını oldukça arttırmış olup bununla birlikte oluşan çentiklenme, dış rotasyonun bozulması gibi yeni komplikasyonlar görülmeye başlanmıştır. Lateralizasyonla çözümlenmeye çalışılan bu komplikasyonlar her ne kadar standart TOP'ye göre daha az görülüyor olsa da cerrahi sonrası göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Bu komplikasyonlar arasında daha sıklıkla ileri yaşlı hastalarda olmak üzere greft-kemik kaynamaması, enfeksiyon, posterior skapular çentiklenme, ameliyat öncesi glenoid kemik kaybı yüksek olan hastalarda daha sıklıkla *base plate* gevşemesi, skapula/akromiyon stres kırığı, periprotetik humerus kırığı, dislokasyon veya humeral komponent gevşemesi, protez instabilitesi, dislokasyon veya subluksasyon daha nadiren de geçici aksiller nöropaksi, median nöropati gibi komplikasyonlar görülebilmektedir.^[17-19] Komplikasyon yönetiminde revizyon cerrahisi planlamalarında iliak kemik greftiyle rekonstrüksiyon; enfeksiyonla mücadelede antibiyotikle yanıt alınmıyorsa debridman, tek veya çift aşamalı revizyonlar ya da implant çıkarılması mümkündür.^[18] Özellikle aksiller



Şekil 17.a,b. Ameliyat sonrası sağ omuz ön-arka ve abdüksiyon kontrol grafileri (a,b).



Şekil 18.a-d. Ameliyat sonrası üç boyutlu (a) koronal (b), sagittal (c) ve aksiyel (d) BT görüntüleri.

sinir, hem anatomik hem de ters prosedürlerde total omuz protezi sırasında gerilme tipi yaralanmalar açısından risk altındadır, böyle bir yaralanma düşünülüyor ise bu hastalarda elektromiyografi (EMG) ile hastalığın seyri için fikir sahibi olunabilir.^[17]

TARTIŞMA

Biyolojik lateralizasyon ya da BİO-TOP, TOP uygulamalarında önemli bir yenilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu teknik, omuz hareket açıklığını artırma, skapular çentiklenme riskini azaltma ve omuz stabilitesini iyileştirme konularında etkili sonuçlar sunmaktadır. Özellikle rotator manşet artropatisi, revizyon cerrahileri ve omuz stabilitesi sorunları yaşayan hastalarda tercih edilmesi gereken bir yöntemdir. Kemik destekli offsetli ters omuz protezinin uzun vadeli klinik ve radyolojik sonuçları, bu tekniğin omuz cerrahisinde önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Boileau ve ark., BİO-TOP'yi glenoidi lateralize etmek için güvenli ve etkili bir teknik olarak tanımlamış, başarılı kemik grefti iyileşmesi, mükemmel fonksiyonel sonuçlar, düşük revizyon oranı ve yüksek hasta memnuniyeti sağladığını belirtmiştir. En az beş yıllık takiplerinde, protez revizyonu sonlanma noktası olarak alındığında BİO-TOP'nin sağkalım oranı %96'dır.^[5]

Kemik destekli offsetli ters omuz protezi uygulanan hastalarda komplikasyon oranları düşük ve fonksiyonel sonuçlar tatmin edici düzeydedir. Literatürde bildirilen birçok karşılaştırmalı çalışma mevcut olup, BİO-TOP'nin güvenilir bir seçenek olduğunu desteklemektedir. Nunes ve ark., tarafından yapılan toplamda 16 çalışma ve 15 referans makalenin dâhil edildiği meta-analizde, orijinal Grammont tarzı tasarım ve lateralize tasarım karşılaştırılması yapılarak: fonksiyonel durum (Amerikan omuz ve dirsek cerrahları, Constant skoru (CSS), görsel analog skala (GAS), basit omuz testi, öznel omuz değeri, dış rotasyon gerektiren günlük yaşam aktiviteleri ve kol, omuz ve el engellilik), eklem hareket açıklığı (EHA), komplikasyonlar, revizyonlar ve çentiklenme için veriler değerlendirilmiştir. Bu sistematik derlemede, gruplar arasında klinik skorlar açısından benzer sonuçlar saptanmış; eklem hareket açıklığında ise özellikle dış rotasyonda (DR), lateralize tasarım için üstünlük görülmektedir. Lateralize tasarım anlamlı derecede daha düşük komplikasyon ve çentiklenme oranları sunarken, artan revizyon oranları ile ilişkilendirilmemiştir.^[20]

İki yıllık takip süresine sahip yakın zamanlı başka bir karşılaştırmalı çalışmada Freislederer ve ark., lateralize tasarımın, Hamada I-III ve onarılamaz posterosuperior rotator manşet yırtıkları olan hastalarda dış rotasyonun daha iyi korunmasını sağladığını ve skapular çentiklenme oranını azalttığını göstermiştir. Bununla birlikte lateralize

tasarımın avantajı, skapular çentiklenmeyi önlemek ve bu sayede potansiyel olarak uzun vadeli fonksiyon ve implantın sağkalımını arttırmaktır.^[21]

Cho ve ark., en az 12 aylık takip süresi olan beş retrospektif kohort çalışması ve 1 randomize kontrollü çalışmanın dahil edildiği sistematik derlemede medialize ve lateralize tasarımlar; Amerikan omuz ve dirsek cerrahları (ASES) skoru ve Constant skoru (CSS) dâhil olmak üzere fonksiyonel skorlar, nihai takipte hareket açıklığı, dış rotasyon (ER) kazancı, görsel analog skala (GAS) ağrı skoru, skapular çentiklenme ve heterotopik ossifikasyon (HO) açısından karşılaştırılmıştır. Lateralize tasarım grubunda GAS ağrı skoru, skapular çentiklenme ve HO riski anlamlı derecede daha düşüktü ve ER kazancı daha fazlaydı. Altı çalışmanın bulguları birleştirildiğinde, fonksiyonel skorlar (ASES ve CSS), nihai EHA ve genel komplikasyon oranları iki grup arasında farklılık göstermedi.^[22] Athwal ve ark., retrospektif bir karşılaştırmalı çalışmada, BİO-TOP ile standart TOP'ye kıyaslandığında önemli ölçüde daha düşük bir çentikleşme oranı bulmuşlardır (%40 vs. %75).^[23] Kemik destekli offsetli ters omuz proteziyle eklem rotasyon merkezi lateralize edilerek omuz eklem hareket açıklığının artırılması amaçlanmaktadır ve literatürde bu sonucu destekleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Greiner ve ark., lateralize edilmeyen TOP ile BİO-TOP'nin karşılaştırıldığı çalışmalarında lateralize tasarımın dış rotasyonda bir iyileşme eğilimi gösterdiğini belirtmiştir.^[24] Valenti ve ark., lateralizasyonun aktif rotasyonda artış sağlanarak yaşlı hastaların yaşam kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur.^[25] Helmkamp ve ark.'nın 18 çalışmayı içeren sistematik bir incelemesinde, lateralize tasarım grubunda öne fleksiyonda ortalama 54°, abdüksiyonda 62° ve dış rotasyonda 21° iyileşme bildirilirken, medialize tasarım grubunda sırasıyla 60°, 55° ve 7° iyileşme bildirilmiştir. Sonuç olarak, lateralize tasarım protezlerin ameliyat sonrası dış rotasyonu önemli ölçüde arttırdığı ve skapular çentiklenmeyi azalttığı sonucuna varılmıştır.^[26]

Kemik destekli offsetli ters omuz protezi uygulaması ile protez instabilitesi oranlarında düşüş gözlenmektedir. Boileau ve ark., ortalama 75 ay takip süreli 140 hastalık serilerinde hiçbir protez instabilitesi vakası gözlemlenmedi. Bu bulgu, glenoid kemik lateralizasyonunun, kalan rotator manşet kaslarını gererek ve deltoid kasının sarmal mekanizmasını iyileştirerek, ameliyat sonrası omuz instabilitesini önlemede yardımcı olduğunu doğrulamaktadır.^[5] Pelleier-Roy ve ark., TOP'deki kas aktivasyonunun normal omuzlardakinden önemli ölçüde farklı olduğunu ortaya koymuştur. Omuz çevresi kaslarının; trapeziusun tüm yönlerdeki ve latissimus dorsinin iç rotasyon, posterior deltoidin ise dış rotasyondaki önemli katkılarının anlaşılmasını;

ameliyat öncesi karar verme süreçlerinin iyileştirilmesinde, daha spesifik rehabilitasyon protokolleri tasarlama ve daha verimli TOP tasarımları geliştirmede katkısı olabileceğini belirtmiştir.^[27]

Kemik destekli offsetli ters omuz protezi tekniğinin en önemli avantajlarından biri, doğal kemik dokusunu koruma ve yeniden yapılandırma esnekliğidir. Glenoid kemik kaybı veya erozyonunda, multiplanar deformite varlığında açılı BİO-TOP başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Bu, özellikle proksimal humerustan alınan kemik greftinin kullanımıyla mümkündür. Boileau ve ark., 54 hastadan oluşan ortalama 36 ay takip süreli serilerinde açılı BİO-TOP, şiddetli (>25°) multiplanar deformite dâhil olmak üzere glenoid yetersizliğini öngörülebilir şekilde düzeltmektedir. Humerus başı, otogreft için mükemmel bir kaynaktır ve öngörülebilir bir kemik kaynağı sağlamaktadır. Buradan alınan greft; kemik stoku arttırımı, lateralizasyon, düşük donör bölgesi morbiditesi, nispeten düşük maliyet ve multiplanar glenoid defektlerini aynı anda düzeltmek için gerekli esnekliği sağlamaktadır.^[8] Başka bir çalışmada, BİO-TOP sırasında humerus başından alınan süngerimsi kemik greftinin, doğal glenoid kaynağı bildirilmekte ve 28 aylık takipte taban *base plate* başarısızlığına dair radyografik bir kanıt görülmemektedir.^[4]

SONUÇ

Ters omuz protezinde rotasyon merkezinin lateralizasyonu; eklem hareket açıklığını ve omuz stabilitesini arttırmak, skapular çentikleşmeyi önlemek açısından son derece önemlidir. Kemik destekli offsetli ters omuz protezi tekniği, omuz eklemine biyolojik lateralizasyon sağlayarak fonksiyonel sonuçları iyileştirme potansiyeline sahip başarılı bir yöntemdir. Kemik destekli offsetli ters omuz protezinin temel prensibi, kemik greftinin doğal skapulaya kaynadıktan sonra eklem rotasyon merkezinin kemik-protez ara yüzünde korunmasıdır. Biyolojik lateralizasyonun başlıca avantajları; donör saha morbiditesinin olmaması, hastalık bulaşma riski bulunmaması ve nispeten düşük maliyetli olmasıdır. Hasta, kendi donördür ve greft cerrahi bölgede bulunmaktadır. Ameliyat öncesi planlama, glenoid erozyonunun doğru değerlendirilmesi ve *base platenin* eğiminin yerleştirilmesi açısından önemli yer tutmaktadır. Açılı BİO-TOP ile multiplanar deformiteler dâhil olmak üzere glenoid yetersizlikleri öngörülebilir şekilde düzeltilebilmektedir. Kemik destekli offsetli ters omuz protezi sınırlı eklem hareket açıklığı, skapular çentiklenme ve protez instabilitesi gibi komplikasyonları en aza indirmektedir. Ancak, bu tekniğin optimal sonuçlar verebilmesi için cerrahların deneyim ve uzmanlık düzeylerinin arttırılması ve uzun vadeli etkilerin daha kapsamlı bir şekilde araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. 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):2425. [Crossref](#)
2. Boileau P, Watkinson D, Hatzidakis AM, Hovorka I. Neer Award 2005: The Grammont reverse shoulder prosthesis: Results in cuff tear arthritis, fracture sequelae, and revision arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2006;15(5):527-40. [Crossref](#)
3. Lévigne C, Garret J, Boileau P, Alami G, Favard L, Walch G. Scapular notching in reverse shoulder arthroplasty: Is it important to avoid it and how? *Clin Orthop Relat Res* 2011;469(9):2512. [Crossref](#)
4. Boileau P, Moineau G, Roussanne Y, O'Shea K. Bony increased offset-reversed shoulder arthroplasty (BIO-RSA). *J Bone Joint Surg Am* 2017;99(4):e37. [Crossref](#)
5. Boileau P, Morin-Salvo N, Bessi re C, Chelli M, Gauci MO, Lemmex DB. Bony increased-offset-reverse shoulder arthroplasty: 5 to 10 years' follow-up. *J Shoulder Elbow Surg* 2020;29(10):2111-22. [Crossref](#)
6. 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):2558-67. [Crossref](#)
7. Boileau P, Watkinson DJ, Hatzidakis AM, Balg F. Grammont reverse prosthesis: Design, rationale, and biomechanics. *J Shoulder Elbow Surg* 2005;14(1 Suppl):61. [Crossref](#)
8. Boileau P, Morin-Salvo N, Gauci MO, Seeto BL, Chalmers PN, Holzer N, et al. Angled BIO-RSA (bony-increased offset-reverse shoulder arthroplasty): A solution for the management of glenoid bone loss and erosion. *J Shoulder Elbow Surg* 2017;26(12):2133-42. [Crossref](#)
9. Mizuno N, Denard PJ, Raiss P, Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty for primary glenohumeral osteoarthritis in patients with a biconcave glenoid. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95(14):1297-304. [Crossref](#)
10. Uçan V, Pulatkan A, Sarikaş M, Kapıcıoğlu M, Bilsel K. Does correction of reverse shoulder arthroplasty angle improve clinical outcomes in cuff tear arthropathy? *Acta Orthop Traumatol Turc* 2021;55(6):466-72. [Crossref](#)
11. Boileau P, Gauci MO, Wagner ER, Clowez G, Chaoui J, Chelli M, et al. The reverse shoulder arthroplasty angle: A new measurement of glenoid inclination for reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2019;28(7):1281-90. [Crossref](#)
12. Laver L, Garrigues GE. Avoiding superior tilt in reverse shoulder arthroplasty: A review of the literature and technical recommendations. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23(10):1582-90. [Crossref](#)
13. Dilisio MF, Warner JJP, Walch G. Accuracy of the subchondral smile and surface referencing techniques in reverse shoulder arthroplasty. *Orthopedics* 2016;39(4):e615-20. [Crossref](#)
14. Berhouet J, Jacquot A, Walch G, Deransart P, Favard L, Gauci MO. Preoperative planning of baseplate position in reverse shoulder arthroplasty: Still no consensus on lateralization, version and inclination. *Orthop Traumatol Surg Res* 2022;108(3):103115. [Crossref](#)

15. Rojas JT, Lädermann A, Ho SWL, Rashid MS, Zumstein MA. Glenoid component placement assisted by augmented reality through a head-mounted display during reverse shoulder arthroplasty. *Arthrosc Tech* 2022;11(5):74. [Crossref](#)
16. Sprowls GR, Wilson CD, Stewart W, Hammonds KAP, Baruch NH, Ward RA, et al. Intraoperative navigation and preoperative templating software are associated with increased glenoid baseplate screw length and use of augmented baseplates in reverse total shoulder arthroplasty. *JSES Int* 2021;5(1):102-8. [Crossref](#)
17. Dimock R, Fathi Elabd M, Imam M, Middleton M, Godenèche A, Ali Narvani A. Bony increased-offset reverse shoulder arthroplasty: A meta-analysis of the available evidence. *Shoulder Elbow* 2021;13(1):18-27. [Crossref](#)
18. Wagner ER, Muniz AR, Chang MJ, Hunt T, Welp KM, Woodmass JM, et al. Neuroapraxia and early complications after reverse shoulder arthroplasty with glenoid bone grafting. *J Shoulder Elbow Surg* 2021;30(2):258-64. [Crossref](#)
19. Collin P, Liu X, Denard PJ, Gain S, Nowak A, Lädermann A. Standard versus bony increased-offset reverse shoulder arthroplasty: A retrospective comparative cohort study. *J Shoulder Elbow Surg* 2018;27(1):59-64. [Crossref](#)
20. Nunes B, Linhares D, Costa F, Neves N, Claro R, Silva MR. Lateralized versus nonlateralized glenospheres in reverse shoulder arthroplasty: a systematic review with meta-analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 2021;30(7):1700-13. [Crossref](#)
21. Freislederer F, Toft F, Audigé L, Marzel A, Endell D, Scheibel M. Lateralized vs. classic Grammont-style reverse shoulder arthroplasty for cuff deficiency Hamada stage 1-3: Does the design make a difference? *J Shoulder Elbow Surg* 2022;31(2):341-51. [Crossref](#)
22. Cho SH, Lee HJ, Aldhafian OR, Kim YS. Comparison of lateralized versus medialized reverse total shoulder arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. *Orthop J Sports Med* 2022;10(1). [Crossref](#)
23. Athwal GS, MacDermid JC, Reddy KM, Marsh JP, Faber KJ, Drosdowech D. Does bony increased-offset reverse shoulder arthroplasty decrease scapular notching? *J Shoulder Elbow Surg* 2015;24(3):468-73. [Crossref](#)
24. Greiner S, Schmidt C, Herrmann S, Pauly S, Perka C. Clinical performance of lateralized versus non-lateralized reverse shoulder arthroplasty: A prospective randomized study. *J Shoulder Elbow Surg* 2015;24(9):1397-404. [Crossref](#)
25. Valenti P, Sauzières P, Katz D, Kalouche I, Kilinc AS. Do less medialized reverse shoulder prostheses increase motion and reduce notching? *Clin Orthop Relat Res* 2011;469(9):2550-7. [Crossref](#)
26. Helmkamp JK, Bullock GS, Amilo NR, Guerrero EM, Ledbetter LS, Sell TC, et al. The clinical and radiographic impact of center of rotation lateralization in reverse shoulder arthroplasty: A systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 2018;27(11):2099-107. [Crossref](#)
27. Pelletier-Roy R, Ratté-Larouche M, Laurendeau S, Pelet S. Electromyographic and kinematic study of reverse total shoulder arthroplasty: An observational prospective cohort study. *J Shoulder Elbow Surg* 2021;30(1):165-71. [Crossref](#)