

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ANATOMİ ANABİLİM DALI

NERVUS AXILLARIS VE NERVUS SUPRASCAPULARIS'İN
OMUZ CERRAHİSİ ANATOMİK REFERANS YAPILARINA GÖRE
SIFIR EKO ZAMANLI SEKANSI İÇEREN MANYETİK REZONANS
GÖRÜNTÜLEME İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Arş. Gör. Dr. Bahattin PASLI

UZMANLIK TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

ANKARA

2023

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ANATOMİ ANABİLİM DALI

NERVUS AXILLARIS VE NERVUS SUPRASCAPULARIS'İN
OMUZ CERRAHİSİ ANATOMİK REFERANS YAPILARINA GÖRE
SIFIR EKO ZAMANLI SEKANSI İÇEREN MANYETİK REZONANS
GÖRÜNTÜLEME İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Arş. Gör. Dr. Bahattin PASLI

UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. M. Deniz DEMİRYÜREK

ANKARA
2023

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanma sürecinde bilgi ve deneyimleri ile katkıda bulunan tez danışmanlarım Prof. Dr. M. Deniz DEMİRÜREK'e ve Doç. Dr. Ceren GÜNENÇ BEŐER'e, Radyoloji Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Üstün AYDINGÖZ'e, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Gazi HURİ'ye ve Radyoloji Ana Bilim Dalında görev yapan Arş. Gör. Dr. Vedat YAMAN'a teşekkür ederim.

Arş. Gör. Dr. Bahattin PASLI

ÖZET

Bahattin PASLI, Nervus axillaris ve nervus suprascapularis'in omuz cerrahisi anatomik referans yapılarına göre sıfır eko zamanlı sekansı içeren manyetik rezonans görüntüleme ile değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anatomi Ana Bilim Dalı, Tıpta Uzmanlık Tezi, Ankara, 2023. Omuz bölgesine yönelik artroskopik veya açık cerrahi girişimlerde nervus axillaris ve nervus suprascapularis'in yaralanma riski vardır. Cavitas glenoidalis, nervus axillaris ve nervus suprascapularis ile yakın komşuluğunun olması nedeniyle önemli bir anatomik referans noktasıdır. Cerrahi prosedürün güvenliği ve başarısı büyük oranda bu bölgenin anatomisinin tam olarak anlaşılmasına bağlıdır. Son yıllarda manyetik rezonans görüntüleme ile yeterince görüntülenemeyen kemiğin mineralize kesimleri ve yumuşak dokulardaki mineralize yapıların görüntülenmesini sağlayan sıfır eko zamanlı sekans kullanılmaya başlamıştır. Sıfır eko zamanlı sekans ile bilgisayarlı tomografi benzeri görüntüler elde edilebilir. Bu çalışmada nervus axillaris ve nervus suprascapularis'in cavitas glenoidalis ile ilişkisi sıfır eko zamanlı sekans ile incelenmiştir. Ayrıca taze donmuş kadavra kesitinde ve sıfır eko zamanlı sekansında n. axillaris'in inferior kenara olan mesafesi ölçülmüştür. Ayrıca taze donmuş kadavra kesiti ve sıfır eko zamanlı sekans görüntülerinde cavitas glenoidalis'in inferior kenarı ile nervus axillaris arasındaki mesafe incelenmiştir. Nervus axillaris cavitas glenoidalis'in inferior kenarı arasındaki mesafe $15,11 \pm 3,81$ mm, n. suprascapularis'in incisura scapulae'daki konumu ile superior kenarı ve incisura spinoglenoidalis'teki konumu ile eklem yüzü arasındaki en yakın mesafesi sırasıyla $28,98 \pm 3,23$ mm, $13,33 \pm 2,67$ mm olarak saptanmıştır. Bu çalışma bildiğimiz kadarıyla omuz cerrahisi prosedürlerinde sıfır eko zamanlı sekans kullanılarak yapılan sinir ve kemik ilişkisini inceleyen ilk çalışmadır. Cerrahi öncesi planlamada görüntüleme yöntemi olarak kullanılması iyatrojenik sinir komplikasyonların azaltılmasına yardımcı olabilir.

Anahtar kelimeler: artroskopi, ters omuz artroplastisi, SLAP lezyon, cerrahi öncesi planlama

ABSTRACT

Bahattin PASLI, Evaluation of the axillary nerve and suprascapular nerve with respect to the anatomical landmarks of shoulder surgery using zero echo time magnetic resonance imaging, Hacettepe University, Faculty of Medicine, Department of Anatomy, Medical Specialization Thesis, Ankara, 2023. There is a risk of injury to the axillary and suprascapular nerves in arthroscopic or open surgical interventions on the shoulder region. Due to its proximity to the axillary and suprascapular nerves, the glenoid cavity is an important anatomical reference point. The safety and success of the surgical procedure mainly depends on a thorough understanding of the anatomy of this region. In recent years, zero echo time sequence have been used to visualize the mineralized parts of the bone and soft tissues that cannot be adequately visualized by magnetic resonance imaging. Zero echo time sequence can produce computed tomography-like images. In this study, the relationship of the axillary and suprascapular nerves with the glenoid cavity was analyzed using zero-echo time sequence. Additionally, the distance between the inferior rim of the glenoid cavity and the axillary nerve was measured in fresh frozen cadaver section and zero echo time images. The distance between the inferior rim of the glenoid cavity with axillary nerve is 15.11 ± 3.81 mm. The distance between the location of the suprascapular nerve in the suprascapular notch and superior rim of glenoid cavity, and its location in the spinoglenoid notch and the articular surface of glenoid cavity was determined as 28.98 ± 3.23 mm, 13.33 ± 2.67 mm, respectively. To the best of our knowledge, this is the first study to examine the relationship between nerve and bone using zero echo time sequence in shoulder surgery procedures. Its use as an imaging modality in preoperative planning may help to reduce iatrogenic nerve complications.

Keywords: arthroscopy, reverse shoulder arthroplasty, SLAP lesion, preoperative planning

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| TEŞEKKÜR | iii |
| ÖZET | iv |
| ABSTRACT | v |
| İÇİNDEKİLER | vi |
| SİMGELER VE KISALTMALAR | viii |
| ŞEKİLLER | x |
| TABLolar | xii |
| GİRİŞ | 1 |
| GENEL BİLGİLER | 4 |
| 2.1. Omuz Bölgesinin Genel Anatomisi | 4 |
| 2.2. Nervus axillaris | 6 |
| 2.2.1. Anatomisi | 6 |
| 2.2.2. Varyasyonları ve Dallanma Paternleri | 8 |
| 2.2.3. Cerrahi önemi | 10 |
| 2.3. Nervus suprascapularis | 14 |
| 2.3.1. Anatomisi | 14 |
| 2.3.2. Varyasyonları ve Dallanma Paternleri | 15 |
| 2.3.3. Cerrahi Önemi | 18 |
| 2.4. Sıfır Eko Zamanlı MRG (SEZ-MRG) | 22 |
| GEREÇ-YÖNTEM | 29 |
| 3.1. Örneklem Seçimi ve Hesabı | 29 |
| 3.2. Görüntüleme Yöntemi | 30 |
| 3.3. Eğitim Oturumları | 30 |
| 3.3.1. 1. Aşama; Reformat Görüntü Oluşturma Eğitim Oturumu | 30 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.2. 2. Aşama; Parametrelerin Ölçüm Yöntemi Eğitim Oturumu | 31 |
| 3.4. Reformat Görüntü Oluşturma Yöntemi | 32 |
| 3.5. Parametrelerin Ölçüm Yöntemi | 37 |
| 3.5.1. Nervus axillaris'in Mesafe Parametresi | 37 |
| 3.5.2. Nervus suprascapularis'in Mesafe Parametreleri | 43 |
| 3.6. Taze Donmuş Kadavra Görüntülemesi ve Kesit Alma Yöntemi | 49 |
| 3.7. İstatistiksel Yöntem | 51 |
| BULGULAR | 52 |
| 4.1. Nervus axillaris ile İlgili Bulgular | 53 |
| 4.2. Nervus suprascapularis ile İlgili Bulgular | 54 |
| TARTIŞMA | 56 |
| 5.1. Nervus axillaris ile İlgili Tartışmalar | 56 |
| 5.2. Nervus suprascapularis ile İlgili Tartışmalar | 60 |
| SONUÇ VE ÖNERİLER | 66 |
| KAYNAKLAR | 68 |
| EKLER | 82 |
| Ek 1: Etik Kurul Onay Formu | 82 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|--------|---|
| 3B-MPR | 3 boyutlu multiplanar reformatlama |
| A. | Arteria |
| Art. | Articulatio |
| ATOA | Anatomik tam omuz artroplastisi |
| BT | Bilgisayarlı Tomografi |
| cm | Santimetre |
| FOV | Görüntü alanı |
| ICC | Intraclass correlation coefficient (sınıf içi korelasyon katsayısı) |
| Lig. | Ligamentum |
| Ligg. | Ligamenta |
| M. | Musculus |
| Maks | Maksimum (en büyük değer) |
| Min | Minimum (en küçük değer) |
| mm | milimetre |
| MR | Manyetik rezonans |
| MRG | Manyetik rezonans görüntüleme |
| ms | milisaniye |
| µs | mikrosaniye |
| N. | Nervus |
| Proc. | Processus |
| PDA | Proton dansitesi-ağırlıklı |
| r. | Ramus |
| RF | Radyofrekans |
| SEZ | Sıfır eko zamanlı |
| SLAP | Superior labrum anterior posterior |

| | |
|------|-----------------------------|
| SS | Standart Sapma |
| T2A | T2-Ağırlıklı |
| TE | Eko zamanı |
| TR | Tekrarlama süresi |
| TTOA | Ters tam omuz artroplastisi |
| UKEZ | Ultra kısa eko zamanlı |

ŞEKİLLER

| Şekil | Sayfa |
|--|-------|
| 2.1. 30 yaşında bir erkeğin omzunun aksiyel radyolojik kesitleri | 26 |
| 2.2. Aksiyel düzlemde SEZ MR görüntüleri | 26 |
| 3.1. Sıfır eko zamanlı sekansı içeren manyetik rezonans görüntüleri | 33 |
| 3.2. Cavitas glenoidalis'in karşıdan bakılacak şeklinde görünmesi amacıyla yapılan 3 boyutlu multiplanar reformatlama işlemi | 35 |
| 3.3. Reformat görüntü yığını "batch" ızgarasının konumlandırılmasının gösterimi | 36 |
| 3.4. Yapılan koronal reformat görüntülerin doğruluğunun çapraz referanslama ayarı ile değerlendirilmesi | 36 |
| 3.5. Ölçümün yapıldığı ekran penceresinin görüntüsü | 38 |
| 3.6. Yaklaştırma ayarı yapıldıktan sonraki ekran görüntüsü | 39 |
| 3.7. Ölçümün yapılacağı SEZ-MRG kesitinin belirlenmesi adımı | 40 |
| 3.8. N. axillaris'in cavitas glenoidalis inferior kenarına en yakın olduğu konumunun belirlenmesi | 41 |
| 3.9. N. axillaris ile cavitas glenoidalis inferior kenarı arası mesafenin ölçümü | 42 |
| 3.10. Cavitas glenoidalis superior kenarı ile incisura scapulae konumundaki n. suprascapularis arasındaki mesafenin ölçüleceği görüntü numarasının tespiti | 44 |
| 3.11. N. suprascapularis'in incisura scapulae'dan geçerken cavitas glenoidalis'e en yakın olduğu konumun triangülasyon ayarı ile işaretlenmesi | 45 |
| 3.12. Daha önce tespiti yapılan nokta SEZ-MRG üzerinde ölçümün yapılacağı görüntü numarasına getirilerek superior kenar ile arasındaki mesafenin ölçümü | 46 |
| 3.13. N. suprascapularis'in incisura spinoglenoidalis'te cavitas glenoidalis eklem yüzüne en yakın bulunduğu konumun saptanması | 47 |
| 3.14. Daha önce tespiti yapılan noktanın koronal SEZ-MRG üzerinde eklem yüzünün en derin noktasına en yakın mesafesinin ölçümü | 48 |

| Şekil | | Sayfa |
|--------------|--|--------------|
| 3.15. | Uygun koronal kesit alınması için yapılan referans belirleme işlemi | 50 |
| 4.1. | Taze donmuş omuz kesiti ve kesite uygun MRG, BT ve SEZ MR görüntüleri | 52 |
| 4.2. | Taze donmuş kadavra omuz MRG ve SEZ-MRG üzerinde n. axillaris ile cavitas glenoidalis inferior'u arasındaki mesafenin ölçümü ve taze donmuş kadavra üzerinde bu mesafenin ölçümü | 53 |

TABLOLAR

| Tablo | Sayfa |
|---|--------------|
| 3.1. Değerlendiriciler arası güvenilirlik değerlendirmesinin sonuçları | 32 |
| 3.2. İki değerlendiricinin ölçümlerinin tanımlayıcı istatistiksel analizleri | 32 |
| 4.1. N. axillaris'in cavitas glenoidalis inferior kenarına mesafesi ile taraf, cinsiyet ve mesafenin yaş grupları arasındaki farklılığı | 54 |
| 4.2. Incisura scapulae konumundaki n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis superior kenarına en yakın mesafesi ile taraf, cinsiyet ve yaş grupları arasındaki farklılığı | 55 |
| 4.3. Incisura spinoglenoidalis konumundaki n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis eklem yüzüne izdüşümsel mesafesi ile taraf, cinsiyet ve yaş grupları arasındaki farklılığı | 55 |
| 5.1. N. axillaris'in cavitas glenoidalis inferior kenarına mesafesinin literatürdeki benzer çalışmalar ile karşılaştırılması | 59 |
| 5.2. N. suprascapularis'in incisura scapulae'daki konumu ile cavitas glenoidalis superior kenarına mesafesinin literatürdeki benzer çalışmalar ile karşılaştırılması | 63 |
| 5.3. N. suprascapularis'in incisura spinoglenoidalis'teki konumu ile cavitas glenoidalis kenarına olan uzaklığını inceleyen çalışmalar | 64 |

1. GİRİŞ

Omuz bölgesine uygulanan cerrahi girişimlerde nervus (n.) axillaris ve n. suprascapularis'in yaralanma riski oldukça yüksektir. Beklenen yaşam süresinin artması ile bütün cerrahi prosedürlerde olduğu gibi omuz cerrahisinin de uygulanma sıklığı artmaktadır. Travmatik ve dejeneratif omuz eklemi patolojileri ve rotator manşet kaslarının lezyonları giderek daha sık görülmektedir (1, 2).

Omuz bölgesine uygulanan çeşitli prosedürler sonrasında değişen oranlarda plexus brachialis ve periferik sinir komplikasyonları görülmektedir (3, 4). Rotator manşet yırtığı onarımı sonrası %1-2, implant uygulamaları sonrası %1-4 ve instabilite nedeniyle girişim yapılan hastalarda ise %1-8 oranında sinir hasarı gerçekleştiği bildirilmektedir (3). Ayrıca ters tam omuz artroplastisi (TTOA) sonrası periferik sinir komplikasyonu insidansının % 0,6-3,6 olduğu ve % 47,8 oranında subklinik sinir hasarı görüldüğü bildirilmektedir (5, 6).

Subklinik sinir hasarı insidansının yüksekliği, kalıcı sinir hasarı görülme riskinin yüksekliğine işaret edebilir. Cerrahi sonrası oluşan ağrı ve hareket kısıtlılığının tam nörolojik muayenenin yapılmasını sınırlamasından dolayı iyileşme döneminde nöropraksi düzeyinde olan sinir hasarı klinik olarak fark edilmeden çözülebilir ve gerçek sinir komplikasyonu insidansı sanılandan daha yüksek olabilir (7). Ayrıca omuza yönelik cerrahi girişim sayısının son yıllarda artış göstermesi ile komplikasyon sayılarının da artması muhtemeldir. Kalıcı sekel bırakan sinir hasarı hayat kalitesini ileri derecede bozan ciddi klinik durumlara neden olabilir. Bu nedenle, n. suprascapularis ve n. axillaris cerrahi anatomisine ilişkin bilgiler daha önemli hale gelmiştir.

Cerrahi prosedürün başarısı büyük oranda bu bölgenin anatomisinin tam olarak anlaşılmasına bağlıdır. Bu amaçla sıklıkla kesitsel görüntüleme yöntemleri kullanılarak cerrahi öncesi planlama yapılmaktadır. Cerrahi öncesi planlamada uygulanacak prosedürde hasar görmesi olası yapılar prosedüre uygun, sabit anatomik referans yapılara göre tanımlanmaktadır.

Omuz bölgesinde tanı ve cerrahi öncesi planlamaya yönelik uygulamalar genellikle kemik, yumuşak doku ve stabilizatörlerinin (ligament, tendon vb.) birlikte incelenmesini gerektirmektedir (8). Kemik morfolojisinin ayrıntılı değerlendirilmesi ve buna yönelik cerrahi öncesi planlama için bilgisayarlı tomografi (BT) en uygun

görüntüleme yöntemidir (9-11). Ancak çoğu klinik durum için gerekli olan yumuşak doku ile birlikte görüntüleme becerisi sınırlıdır (12). Yumuşak dokular için en iyi görüntüleme yöntemi manyetik rezonans görüntüleme (MRG) olsa da kemiğin mineralize kesimleri ve yumuşak dokulardaki mineralize yapılar yeterince görüntülenemeyebilir (13). Bu durumlarda BT ve MRG avantaj ve dezavantajları klinik duruma göre değerlendirilerek bir arada kullanılabilir (8, 12, 14).

Çok sayıda görüntüleme yönteminin bir arada kullanılma gerekliliği sağlık sistemine ek maliyetler getirmekte, dahası BT kaynaklı iyonize radyasyonun zararlı etkilerine maruz kalınmasına neden olmaktadır (12, 15). Bu nedenle görüntülemenin tek bir yöntem ile yapılması arzu edilen bir durumdur (12). Son dönemlerde MRG'de yeterince görüntülenemeyen kemiğin mineralize kesimleri ve yumuşak dokulardaki mineralize yapıları daha iyi görüntülemek için, bu yapılardan gelen hızlı sönen sinyalleri yakalamaya yönelik teknikler kullanılmaya başlanmıştır (16, 17).

Dokulardan alınan sinyaller çok faktörlü karmaşık bir süreçten sonra görüntü üzerinde kontrast farklılıkları şeklinde temsil edilmektedir. Bu faktörlerden biri olan eko zamanı, radyofrekans (RF) dalgalarının dokuya iletilmesi ile eko sinyalinin alınması arasındaki süreyi tanımlamaktadır (8). Eko zamanı uzunluğu hızlı sönen sinyallerin geldiği dokuların görüntülenmesi için bir engel oluşturmaktadır. Son dönemlerde eko zamanını 1 milisaniye (ms) altına hatta neredeyse anında sinyal almayı sağlayan sıfır eko zamanlı sekansı (SEZ) içeren MRG kullanılmaya başlanmıştır (14, 18). SEZ-MRG, konvansiyonel MRG'de görüntülenemez kabul edilen kemik korteksinden gelen sinyallerde bile kayıp olmadan görüntü elde edilmesini sağlar (15). Böylece kemik korteksi morfolojisinin BT benzeri şekilde görüntülenmesine olanak tanımaktadır (14, 18).

SEZ-MRG ile BT görüntüleri üzerinde yapılan kemik yapılara yönelik çalışmalarda tanı, morfometrik ölçüm ve derecelendirmelerde modaliteler arası güçlü uyum saptandığı bildirilmektedir (15, 17, 19-22). Bu uyum rutin hasta pratiğinde SEZ-MRG'nin tek başına kullanımının artacağını düşündürmektedir (15).

Morfometrik ölçümlerdeki referans noktalarının çoğunlukla kemik işareti içermesi, BT'de konvansiyonel MRG'ye göre daha doğru sonuç elde edilmesini sağlamaktadır (14). Referans noktaları kemik ve yumuşak doku olan, MRG üzerinde yapılan çalışmalarda, kemik dokunun görüntülenmesindeki sınırlılıklar nedeniyle

ölçüm güvenliği yeterli olmamaktadır. SEZ-MRG özellikle morfometrik analizler olmak üzere kas ve iskelet sistemi ile ilgili MRG tabanlı araştırmalar için yeni bir yöntemdir (14). Yumuşak doku ve kemik dokunun birlikte değerlendirilmesini sağlaması benzersiz bir araştırma olanağı sunmaktadır (19). Bu iki dokuyu birlikte değerlendiren tanısal morfometrik ölçümlerde en güvenilir yöntem olduğu düşünölmektedir (23).

Sinirlerin anatomik referans noktalarına göre konumunun bilinmesi cerrahi güvenilir alan tespiti ile cerrahi komplikasyon riskinin azaltılması ve omuz cerrahisi prosedürlerinin en uygun şekilde uygulanması için önemlidir. Bu çalışmanın amacı; n. axillaris ve n. suprascapularis'in konumlarını ve scapula ile cavitas glenoidalis'teki sabit anatomik referans noktalarına göre ilişkilerini SEZ-MRG üzerinde incelemektir. Halihazırda yumuşak doku ve plexus brachialis görüntölemesi için altın standart olan manyetik rezonans görüntölemenin yanında kortikal kemik yapının da korunması, kemik yapı ve yumuşak dokunun aynı görüntü üzerinde en uygun şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır (24-27).

Ayrıca kemik morfolojisinin ergenlik sonrası dinamik değişiklik gösterdiği bildirilmektedir (28, 29). Cavitas glenoidalis boyutunu belirleyici faktörler arasında daha önceki çalışmalarda etnik köken, cinsiyet ve boyun yer aldığı daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir (30, 31). Kemik büyümesinin sona ermesinden sonra kemik sınırlarında değişiklik olmayacağı varsayılsa da yaşlanmayla beraber stres değişikliğinin ortaya çıkması ile kemik morfolojisinin farklılık göstermesi olası görünmektedir (30). Glenoid inklinasyonu ve eklem yüzeyi boyutlarının yaş ile arttığı ve bu durumun osteoartritten bağımsız olarak yaşlanma sırasındaki fizyolojik süreçten kaynaklandığı bildirilmektedir (32). Yaş ile görölen kemik morfolojisindeki değişiklikler ölçümlerde tutarsızlıklara neden olabilir. Bu nedenle ek olarak parametrelerin yaş grupları arasındaki farklılıklarının incelenmesi de amaçlanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Omuz Bölgesinin Genel Anatomisi

Omuz bölgesinin kemik iskeleti scapula, clavícula ve humerus tarafından oluşturulmaktadır. Bu kemikler arasında articulatio (art.) acromioclavicularis ve art. glenohumeralis vardır. Bu eklemler ve çevresindeki yapıların olduğu anatomik alan omuz bölgesi olarak tanımlanmaktadır (33).

Scapula, thorax duvarının posterolateralinde ikinci ve yedinci costae arasında bulunmaktadır. İki yüzü (facies costalis ve facies posterior), üç kenarı (margo superior, margo inferior ve margo lateralis) ve üç köşesi (angulus superior, angulus inferior ve angulus lateralis) olan üçgen şeklinde bir kemiktir. Ayrıca diğer kemik kısımlarından daha kalın olan spina scapulae, processus (proc.) coracoideus ve acromion adı verilen çıkıntıları vardır (34).

Spina scapulae, margo medialis'te bulunan trigonum spinae adı verilen üçgen sahadan başlar ve laterale doğru gittikçe yassılaştır ve genişler (35). Uç kısmındaki çıkıntısına acromion adı verilmektedir. Acromion ile clavícula'nın extremitas acromialis'i arasında güçlü bağlarla stabilize edilen art. acromioclavicularis vardır. Spina scapulae, facies posterior'u fossa supraspinata ve fossa infraspinata olmak üzere iki eşit olmayan kısma ayırır. Bu fossalar aynı isme sahip musculus (m.) supraspinatus ve m. infraspinatus için tutunma bölgeleridir. Spina scapulae ve cavitas glenoidalis arasında bulunan incisura spinoglenoidalis bu iki fossayı birleştirmektedir (34).

Incisura spinoglenoidalis'te spina scapulae tabanının lateralinden cavitas glenoidalis'in posterior kenarı arasında uzanan ligamentum (lig.) transversum scapulae inferius adı verilen membranöz bir bağ bulunmaktadır. Bu bağ fossa supraspinata'dan fossa infraspinata'ya seyreden n. suprascapularis ve vasküler yapıların üzerinde kemer benzeri bir yapı oluşturur (34).

Facies costalis ise thorax şekline uygun olarak hafif konkavdır. Konkav şeklin oluşturduğu çukurluğa fossa subscapularis adı verilir ve bu fossa m. subscapularis için tutunma bölgesidir (34).

Margo superior'da proc. coracoideus tabanının medialinde incisura scapulae adı verilen bir çentik bulunur. Lig. transversum scapulae superius, incisura scapulae'nin üzerini köprü gibi örterek burayı kemik ve ligamentin oluşturduğu bir

tünel haline dönüştürür. Bazen ligamentin kemikleşmesi ile foramen halinde de bulunabilir. Incisura scapulae'nın içerisinde n. suprascapularis geçer (34).

Margo superior ve margo lateralis angulus lateralis'te birleşir ve burada caput humeri ile eklem yapan cavitas glenoidalis bulunur. Cavitas glenoidalis'in altındaki kabartıya tuberculum infraglenoidale, üstündeki kabartıya ise tuberculum supraglenoidale adı verilmektedir (34). Cavitas glenoidalis etrafında eklem yüzeyini derinleştiren ve eklem stabilizasyonuna yardımcı olan fibrokartilajinöz ve elastik liflerden oluşan labrum glenoidale vardır. Labrum glenoidale'nin iç tarafta cavitas glenoidalis'in hyalin kıkırdağı, dış tarafta ise eklem kapsülünün fibröz dokusu ile devamlılığı vardır (36). Labrum glenoidale'nin superior kısmı, m. biceps brachii caput longum, eklem kapsülü ve bağları ile devamlıdır ve onun bir parçası şeklindedir (36).

Art. glenohumeralis, caput humeri ile cavitas glenoidalis arasında bulunur ve eklem yüzleri birbiriyle uyumlu olacak şekilde kavislidir. Eklem art. spheroida tipinde olup bu yapısı eklem çok eksenli olmasını ve geniş hareket aralığına sahip olmasını sağlamaktadır. Bu çok eksenli yapı eklem fleksiyon, ekstansiyon, abduksiyon, addüksiyon, iç rotasyon, dış rotasyon ve sirkümdüksiyon hareketlerini yapmasına olanak tanır. Omuz hareketleri sırasında eklem stabilizasyonu, kas ve ligamentlerin katkısı ile korunmaktadır (34).

Omuz bölgesine şeklini veren kas m. deltoideus'tur. M. supraspinatus, m. infraspinatus, m. subscapularis, m. teres minor ve m. teres major omuz bölgesi kaslarındandır. Bu beş kastan m. teres major harici diğer kaslar rotator manşet kasları olarak bilinir ve scapula'yı humerus'a bağlar. Bu kaslar eklem stabilizasyonundan sorumlu olup m. subscapularis ön taraftan, m. supraspinatus üst taraftan, m. infraspinatus ve m. teres minor da arka taraftan omuz eklemine desteklemektedir. M. deltoideus ve m. teres minor, n. axillaris; m. supraspinatus ve m. infraspinatus, n. suprascapularis; m. teres major ve m. subscapularis ise n. subscapularis tarafından inerve edilmektedir (33, 34).

Omuz eklemine bağları capsula articularis, ligamenta (ligg.) glenohumeralia, lig. coracohumerale, lig. transversum humeri'dir. Art. glenohumeralis inervasyonunda esas olarak n. subscapularis fonksiyon görürken, capsula articularis'in posterior ve superior kısmı, n. suprascapularis; anteroinferior kısmı, n. axillaris; anterosuperior kısmı ise n. pectoralis lateralis tarafından inerve edilmektedir (34).

Üst ekstremitte ve omuz bölgesinin duyu ve motor inervasyonu büyük çoğunlukla plexus brachialis kökenli periferik sinirler tarafından sağlanmaktadır. Plexus brachialis genellikle C5, C6, C7, C8 ve T1 n. spinalis, ramus (r.) anterior'larının bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Ancak bu plexus'a bazen C4 ve T2 n. spinalis, r. anterior'undan da dallar katılabilir (34).

Plexus brachialis'ten periferik sinirler çıkmadan önce karmaşık bir sinir lifi ağı değişimi ile sırasıyla truncus, divisio ve fasciculus adı verilen kısımlar oluşur. N. spinalis, r. anterior'larının birleşmesiyle öncelikle truncus'lar meydana gelir. C5 ve C6, truncus superior'u; C8 ve T1, truncus inferior'u; C7 ise tek başına truncus medius'u oluşturur (34). Her bir truncus daha sonra divisio anterior ve divisio posterior olmak üzere iki dala ayrılmakta ve bu dalların çeşitli şekillerde birleşmesi ile fasciculus'lar meydana gelmektedir. Truncus superior ve truncus medius divisio anterior'larının birleşmesi ile fasciculus lateralis, bütün truncus'ların divisio posterior'larının birleşmesi ile fasciculus posterior oluşurken, truncus inferior divisio anterior'u fasciculus medialis olarak devam etmektedir. Fasciculuslar da çeşitli şekillerde birleşerek üst ekstremitenin motor ve duyu inervasyonunu sağlayan terminal dalları (n. medianus, n. ulnaris, n. musculocutaneus ve n. radialis) oluşturur (34).

Terminal dallar dışında plexus brachialis'in radix, truncus, divisio ve fasciculus'larından bölgenin inervasyonunu sağlayan çeşitli sinirler çıkmaktadır. Bu tezde incelen n. suprascapularis truncus superior'dan çıkarken, n. axillaris ise fasciculus posterior'dan çıkmaktadır (34).

2.2. Nervus axillaris

2.2.1. Anatomisi

N. axillaris, n. radialis ile birlikte fasciculus posterior'un iki terminal dalından biridir ve genellikle C5 ve C6 n. spinalis, r. anterior'larından gelen liflerden oluşur. Başlangıcında n. radialis'in lateralinde, arteria (a.) axillaris'in arkasında ve m. subscapularis'in önündedir. M. subscapularis'in alt sınırına doğru anteroinferior yönde oblik bir seyir gösterir (37, 38). Kasın alt kenarına yakın konumda gevşek yağ dokusu içerisine girer (39). Bu seyir sırasında her zaman m. pectoralis minor lateral kenarı, m. coracobrachialis medial kenarı ve a. axillaris tarafından sınırlanan üçgen

içerisindedir (37, 40). Bu üçgen içerisindeki en derin yerleşimli yapını n. axillaris olduğu belirtilmiştir (37, 40, 41).

N. axillaris daha sonra spatium axillare laterale'den (lateralde, collum chirurgicum; medialde, m. triceps brachii caput longum; inferiorde, m. teres major; superiorde, m. teres minor'un sınırladığı dörtgen şeklinde bir aralık), a. circumflexa humeri posterior ile birlikte yatay bir şekilde geçer (34, 42). N. axillaris genellikle bu bölge yakınında iki ana dalına ayrılır. Medialde ki dalı, arkaya doğru seyrederek ve arka dalı olarak tanımlanırken, lateralde ki dalı collum chirurgicum etrafında döner ve ön dalı olarak tanımlanır (43, 44). Arka dalın, ön dala göre daha yüzeysel yerleşimli olduğu bildirilmektedir (45-47).

Ön dalı periosteum ile temas halinde collum chirurgicum etrafından dönerek genellikle m. deltoideus'un 2/3 ön kısmına dağılır ve kasın bu bölgesinin inervasyonunu sağlar. M. deltoideus içerisine dağılmadan önce eklem kapsülünün inervasyonu için de dallar verir (44).

Arka dalı ise m. deltoideus'un arka lifleri ve m. teres minor'un inervasyonunu sağlar. M. teres minor'a giden liflerden eklem kapsülünün inervasyonu için dallar ayrılabilir (39). Arka dalı musküler dallarını verdikten n. cutaneus brachii lateralis superior olarak devam eder. Derin fascia'yı delerek deri altı dokuda küçük dallara ayrılır ve kol üst bölgesinin ve m. deltoideus üzerindeki deri bölgesinin duyu inervasyonunu sağlar (43). Arka daldan m. deltoideus ile m. teres minor'a giden dallar ve n. cutaneus lateralis superior olmak üzere 3 ana dal çıkar (48).

M. deltoideus başlangıç yerine göre pars clavicularis, pars acromialis ve pars spinalis olmak üzere 3 kısma ayrılmaktadır. Pars clavicularis, clavícula ön kenarının 1/3 lateralinden; pars acromialis, acromion'un lateralinden; pars spinalis ise spina scapulae'dan başlar. Farklı başlangıç yerlerine sahip bu lifler birbirlerine doğru yaklaşarak humerus'un tuberositas deltoidea'sında sonlanırlar (34, 35).

Pars clavicularis, kola fleksiyon ve iç rotasyon, pars spinalis ise kola ekstansiyon ve dış rotasyon yaptırmaktadır. Pars acromialis, kol 15-20° arası abduksiyonda iken devreye girer ve kolun en kuvvetli abdüktör kasıdır (34, 35). Kolun 90° üzerindeki abduksiyonunda yine m. deltoideus fonksiyon görmektedir ancak m. serratus anterior ve m. trapezius'un scapula'yı thorax'a doğru çekmesi ve cavitas glenoidalis'i yukarıya döndürmesi ile hareket mümkün olmaktadır (33).

M. teres minor ise scapula lateral kenarının üst kısmından başlar ve tuberculum majus'un alt kısmına tutunmaktadır. Kolun dış rotasyonunda ve zayıf olarak kol addüksiyonunda fonksiyon görür. Caput humeri'nin omuz eklemi içerisindeki stabilizasyonuna katkıda bulunur (34).

2.2.2. Varyasyonları ve Dallanma Paternleri

N. axillaris'in kökeni ve kaslar, artiküler, kutanöz dallarının sayısı, başlangıç seviyeleri, dağılımı ve seyri ile ilgili çok sayıda varyasyon ve dallanma paterni bulunmaktadır.

Kökeni ile İlgili Varyasyonlar

N. axillaris genellikle fasciculus posterior'dan köken almaktadır (34). Divisio posterior'ların fasciculus posterior'u oluşturmak için birleşmediği, yani fasciculus posterior'u olmayan plexus brachialis'ler literatürde bildirilmiştir (49-51). Bu durumlarda n. axillaris, truncus superior ve truncus superior veya truncus medius'un divisio posterior'undan köken alabilir (51-53). Ayrıca n. subscapularis inferior veya n. thoracodorsalis kökenli de olabilir (44, 49).

Ön ve Arka Dallarının Varyasyonları ve Dallanma Paterni

N. axillaris, plexus brachialis'teki başlangıç noktasından m. subscapularis'in superior sınırına kadar dal vermemekte, kasın önünde seyrettiği sırada dallarını vermektedir (47). Bir adet arka dalının ve 1-3 adet arasında ön dalının olabileceği bildirilmektedir (46). Ayrıca iki dala ayrılmayabileceği de bildirilmektedir (44).

Yapılan çalışmalarda n. axillaris'in, incelenen örneklerde %86,7 (43), %65 (45), %55,7 (44) gibi değişen oranlarda spatium axillare laterale'de dallarına ayrıldığı bildirilmektedir. Aszmann ve ark. incelemiş oldukları örneklerin hepsinde n. axillaris'in spatium axillare laterale girişine kadar dal vermediğini bildirmişlerdir (39). Ancak %37,7 ve %3,3 gibi değişen oranlarda spatium axillare laterale'den geçmeden önce de dal verebileceği literatürde bildirilmektedir (43, 44). Ayrıca Loukas ve ark. yapmış oldukları çalışmada incelenen numunelerin %35'inde n. axillaris'in spatium axillare laterale'den geçtikten sonra dallarına ayrıldığı saptanmıştır (45).

Artiküler Dallarının Varyasyonları ve Dallanma Paternleri

Artiküler dallar, n. axillaris'in ana gövdesinden, ön dalından veya arka dalından ayrılabilir (38, 43-45, 47, 48). Artiküler dalın sadece ön daldan çıktığını bildiren çalışmalara (45, 47, 48) ek olarak Duparc ve ark. incelemiş oldukları

numunelerin hepsinde ön dalın musküler dallarını vermeden önce artiküler dalını verdiğini bildirmektedir (38). Uz ve ark. incelemiş olduğu numunelerin %30'unda ana dal, %35'ünde arka dal ve %15'inde ön daldan çıktığı, geri kalan numunelerde ise artiküler dalın saptanmadığını bildirmektedirler (43).

Gelber ve ark. artiküler dalın dallanma paternini tanımladıkları çalışmalarında, bu dalın n. axillaris ana gövdesinden ayrılan 1-2 adet kollateral dal veya arka daldan ayrılan 3-4 adet kısa kollateral dal şeklinde olabileceğini bildirmektedir. Artiküler dalın arka daldan ayrılması durumunda ise başlangıç kısmından veya m. teres minor'a giden kas dalından ayrılabilceğini bildirmektedir. Her iki paternde de artiküler dalın ligg. glenohumeralia'nın inferior kısmına medial 1/3 lük kısmından girdiği ve eklem kapsülüne ulaştığında ikiye dallandığı bildirilmektedir (44). Ön daldan ayrıldığı bildirilen artiküler dalların (45, 47, 48) yanı sıra ana gövde ve arka daldan ayrılan iki adet artiküler dal (54) tanımlanan paternin dışında kalmaktadır. Literatürde bu konu ile ilgili bulgular değişkendir ve bu durum artiküler dalın açığa çıkarılması için gereken ince diseksiyon yönteminin uygulanmamasından kaynaklanabilir.

Musküler Dalların Varyasyonları ve Dallanma Paternleri

N. axillaris, m. deltoideus ve m. teres minor'un motor inervasyonunu sağlar(34). Ek olarak m. teres major, m. subscapularis, m. coracobrachialis ve m. latissimus dorsi'ye dallar verebileceği de literatürde bildirilmiştir (38, 44, 49). N. axillaris'in musküler dallarının varyasyonları n. axillaris'in diğer dallarına göre daha az görülmektedir (41).

N. axillaris'in m. deltoideus'a girdiği kısma 2-4 arası değişen sayıda uç dal ile ulaşabileceği bildirilmektedir (38). M. deltoideus'un ayrı fonksiyonel parçaları n. axillaris'in ön ve arka dallarının değişen katkıları ile inerve edilmektedir. Yapılan çalışmalarda, ön dalın numunelerin hepsinde m. deltoideus'un pars clavicularis ve pars acromialis kısmına dağıldığı belirtilmiştir (43-45, 47). Ön daldan ek olarak pars spinalis'e de lifler gidebileceği bildirilmektedir (44, 45). Ancak arka dalın pars acromialis ve pars clavicularis'i inerve etmediği literatürde bildirilmektedir (47).

Pars spinalis'in inervasyonu değişken olup sıklıkla arka daldan olduğu ancak ön dal veya her iki dal tarafından da inerve edilebileceği belirtilmektedir (43-45, 47, 48, 55). Uz ve ark. ile Zhao ve ark. yapmış oldukları çalışmalarda, incelemiş oldukları örneklerin sırasıyla, %70, %42,5 oranında arka dal, %26,7, %47,5 oranında arka ve ön

dal, %3,3, %10 oranında ise sadece ön dal tarafından inerve edildiğini bildirmektedirler (43, 47). Loukas ve ark. yapmış oldukları çalışmada ise incelenen örneklerin %38'inde pars acromialis'in, %8'inde pars spinalis'in, ön ve arka dallardan ikili inervasyon aldığını bildirmektedir (45). Konu ile ilgili literatüre bakıldığında pars clavicularis'in inervasyonuna n. axillaris'in arka dalının katılmadığı, ancak pars acromialis ve pars spinalis'in inervasyonuna ön dalın katılabileceği çıkarımı yapılabilir.

Literatürde m. teres minor'un arka dal tarafından inerve edildiği bildirilmektedir (43-45, 47, 48). M. teres minor'a giden dalın, arka daldan ayrılan ilk dal olduğu ve kasın alt sınırında ayrıldığı bildirilmektedir (43, 47, 48).

Kutanöz Dalların Varyasyonları ve Dallanma Paternleri

Yapılan çalışmalarda n. cutaneus lateralis superior'un incelenen numunelerin hepsinde arka daldan çıktığı bildirilmektedir (43, 45, 47, 48). Zhao ve ark. kutanöz dalın iki dallanma paterni olduğunu bildirmektedirler. Daha yaygın görülen paternde sinirin tüm dallarının m. deltoideus'un posterior sınırındaki fascia'yı deldiği, diğer paternde ise kutanöz sinirin iki dala ayrıldığı, bir dalın m. deltoideus'un posterior sınırındaki fascia'yı deldiği, diğer dalın ise m. deltoideus pars spinalis ve pars acromialis kısımları arasındaki intermusküler septum'u deldiği bildirilmektedir (47). Kutanöz sinirin yüzeyele doğru geçmeden m. deltoideus'un arkasından anterolateral yöne doğru seyir gösterdiği bildirilmektedir (48). Duparc ve ark. yapmış oldukları çalışmada kutanöz dalın m. subscapularis ile m. triceps brachii arasında, m. triceps brachii ile collum chirurgicum arasında veya m. deltoideus'a girmeden önce dallanabileceği bildirilmektedir (38).

N. axillaris dallarının varyasyonları sinir hasarı olduğunda kas felcine her zaman duyu kaybının eşlik etmeyebileceğini göstermektedir (38, 48). Ancak sinirin yayıldığı bölgede duyu kaybı olması belirgin belirti oluşturmayan musküler dal lezyonu için uyarıcı bir faktör olabilir.

2.2.3. Cerrahi Önemi

N. axillaris, omuz fonksiyonu için en önemli yapılardan biridir ve omuza uygulanan açık veya artroskopik cerrahi prosedürlerde potansiyel olarak risk altındadır (41, 56, 57). Bölgeye yönelik cerrahi girişimlerde sinirsel yaralanmaların %6-10'unu n. axillaris'in oluşturduğu ve en sık yaralanan periferik sinir olduğu bildirilmektedir

(40, 56, 58-61). Sinir hasarı, basit zedelenmeden tamamen kopmaya kadar çeşitli derecelerde olabilir (57). İyileşme prognozu sinir hasarının ciddiyetine bağlı olarak değişmektedir (62).

Bu yaralanmaların birçoğu kutanöz daldan ayrılan ve deri altı dokudaki çok sayıda küçük sinir liflerini içerdiği veya geçici nöropraksi düzeyinde olduğu, tedavi gerektiren veya kalıcı sekel bırakan yaralanmaların daha nadir görüldüğü bildirilmektedir (3, 63-66). Ancak n. axillaris'in hasarı sonrası, cerrahi sonrası ağrı ve iyileşme sürecinde uzama, güçsüzlük, hastanın omuz işlevinin bozulması gibi etkileri olması nedeniyle sinirin korunması göz ardı edilemez (6, 57). N. axillaris hasarı hayat kalitesini ileri derecede bozacak durumlara neden olabilir.

N. axillaris'in özellikle omuzun alt kısmını ilgilendiren cerrahi girişimler sırasında iyatrojenik olarak yaralanma riski vardır ve omuz cerrahisinin ciddi komplikasyonu olmaya devam etmektedir (60). Doğrudan sinir hasarı, ekartör kullanımına veya ameliyat sonrası hematoma bağlı sinir basısı, vasküler yaralanma, implant veya sütürün yanlış konumlandırılması nedeniyle sinirin sıkışması ve üst ekstremitenin ameliyat esnasında gerilmesi gibi çeşitli durumlardan kaynaklanabilir (6, 7, 41, 66, 67). Ayrıca ters tam omuz artroplastisinde glenoid taban plakası ve humeral bileşen yerleştirilmesi sırasında bu sinir, cavitas glenoidalis'in inferior kenarına yakınlığı nedeniyle doğrudan risk altındadır (1).

Osteoartrit ve rotator manşet artropatisi olan hastalarda uygulanan omuz replasmanı sırasında labrum glenoidale 360° kesilerek cavitas glenoidalis tamamen ortaya çıkarılmaktadır. Bu uygulama sırasında cavitas glenoidalis inferior kenarı ile yakın komşuluğu bulunan n. axillaris'in doğrudan yaralanma riski vardır (57, 60). Artroskopik prosedürler açık cerrahiye kıyasla daha az diseksiyon gerektirse de nörovasküler yapıların yaralanma potansiyeli devam etmektedir (3). Açık cerrahi uygulamalara benzer şekilde artroskopik prosedürlerde de eklem kapsülüne müdahaleler yaralanma riski oluşturmaktadır (41, 56, 60, 68, 69).

Artroskopik prosedürlerde n. axillaris eklem içerisinde endoskopi kamerası görüşünde olmasa da yakın komşuluğu bulunduğu unutulmamalıdır (56, 70-72). Özellikle eklem kapsülün inferior ve anterior parçasına yönelik kapsülolabral rekonstrüksiyon gibi prosedürlerde bu komşuluk unutulmamalıdır (41, 56, 73). Ayrıca

son yıllarda daha sık uygulanan artroskopik prosedürler (Bankart prosedürü, Latarjet prosedürü) sırasında da iyatrojenik yaralanma potansiyeli vardır (41, 74-76).

Omuz instabilitesinin nedenlerinden biri olan ligg. glenohumeralia'nın anteroinferior kısmı ve labrum glenoidale kompleksinin cavitas glenoidalis kenarından ayrılması olarak bilinen Bankart lezyonunun artroskopik tedavisi n. axillaris komşuluğunda gerçekleşmektedir (4, 77). Labrum glenoidalis kenarlarına sütür ankorlarının yerleştirilmesi işleminde n. axillaris'in konumunun bilinmesi önemlidir (78-80).

İnstabilite için uygulanan diğer bir prosedür olan ısı veya radyofrekans kullanarak eklem kapsülü liflerinin şekil ve boyutunu değiştirmeyi amaçlayan uygulamalarda, aşırı ısının ya da n. axillaris'e yakın uygulamanın yaralanmaya neden olduğu bildirilmektedir (41, 68, 81). Wong ve ark. 14277 vakalık termal kapsülografi prosedürü sonrası 196 kişide (%1,4) n. axillaris hasarı olduğunu ve bunların %95'inde tam iyileşme olduğunu bildirmektedir (82). Fanton ve ark. omuz kapsülünün inferior kısmının ince olması ve sinire yakınlığı nedeniyle dikkatli olunması ve bu bölgeye yapılacak uygulamalarda ısı veya radyofrekans düzeyinin düşürülmesi gerektiğini bildirmektedirler (83).

N. axillaris arka dalının m. teres minor'a giden dalları glenoid kenar seviyesinde eklem kapsülünün hemen bitişiğinde ayrılmaktadır. Bu durumun eklem kapsülünün posteroinferiorunda hem açık hem artroskopik prosedürlerde yaralanma riski oluşturduğu bildirilmektedir(48). Benzer şekilde Price ve ark. inceledikleri tüm örneklerde m. teres minor'a giden dal ile n. cutaneus lateralis superior'un labrum glenoidalis'e en yakın konumdaki dallar olduğunu ve eklem kapsülünün inferior kısmının manipülasyonu sırasında en savunmasız dallar olduğunu belirtmektedirler (56). Eklem kapsülünün posterior ve inferior yönlerine yönelik açık ve artroskopik girişimlerde n. axillaris'in özellikle arka dalı potansiyel risk altındadır (48). Bu nedenle cerrahi uygulamalar sırasında yaralanma riskinin azaltılması için n. axillaris'in belirli referans noktalara konumunun ve mesafesinin bilinmesi önemlidir.

Cerrahi referans noktası olarak genellikle spatium axillare laterale kullanılmakta olup bu alan açık cerrahi ile sınırları ortaya çıkaran cerrahlar için faydalı olsa da artroskopi prosedürleri için daha az faydalıdır (40, 56). Sinirin omuz eklemi ile

yakın ilişkisi nedeniyle artroskopik prosedürler başta olmak üzere bölgeye yapılacak cerrahi girişimlerde dikkatli olunması gerekmektedir (84-86). Literatürde n. axillaris sıklıkla cavitas glenoidalis'e göre konumlandırılmış olup, deltopektoral yaklaşım sırasında kolayca hissedilen anatomik referans noktalarından biridir (87).

N. axillaris'in cavitas glenoidalis'e en yakın olduğu konumun 5.30-6.00 (sağ taraf), 6.00-6.30 (sol taraf) olduğu bildirilmektedir (62). Inferior kenar, yani cavitas glenoidalis saat kadranına benzetilirse saat 6.00 konumu sabit bir nokta olması ve n. axillaris'in en yakın olduğu kenar olması nedeniyle önemli bir referans noktasıdır (56, 71).

N. axillaris Hasarı Sonrası Klinik Belirtiler

N. axillaris omuz fonksiyonu için en önemli yapılardan biridir. Sinir hasarı sonrası m. deltoideus, m. teres minor ve omuz bölgesinde duyu kaybı gibi geçici veya kalıcı komplikasyonlar ortaya çıkabilir (64, 71, 88). Omuz abdüksiyonun da zayıflama ve omuz ve kolun yan kısmında duyu kaybı görülebilir. Hasarı sonrası omuz fonksiyonu tamamen geri dönebilse de hasarın ciddiyetine bağlı olarak değişken bir prognozu vardır (89). N. axillaris, cavitas glenoidalis inferior kenarının yakınında iki dala ayrılabilir (48). Bu nedenle bu bölgede n. axillaris'in ana gövdesi, arka dalı, ön dalı veya her iki dal birlikte hasarlanabilir.

N. axillaris hasarı sonrası bu kaslarla aynı fonksiyonu gören fakat farklı sinirlerle inerve edilen kaslar fonksiyonun tamamen kaybolmasını engellemektedir. Sinirin tamamen felci, m. deltoideus'un inervasyonunu sağlamasından dolayı ciddi fonksiyonel kısıtlılığa yol açabilir. Hasta omuz abdüksiyonunu sürdüremez ve omzun güç ve dayanıklılığı azalır. Ancak n. suprascapularis tarafından inerve edilen m. supraspinatus tarafından hareket başlatılır ve zayıfta olsa sürdürülür. N. axillaris hasarı olan ancak n. suprascapularis ve rotator manşet kasları sağlam olan kişilerin birçoğu kolunu tamamen yukarı kaldırabilir. Bu nedenle sinir hasarı m. deltoideus atrofiye uğrayana kadar fark edilmeyebilir ve tedavide gecikmelere neden olabilir (34).

M. teres minor kol abdüksiyonda iken omuzun önemli dinamik stabilizatörüdür (90-92). Hasar sonrası inervasyonunun kaybolduğu durumlarda kol dış rotasyonunda işlev bozukluğunun yanında kol abdüksiyonu sırasında eklem stabilizasyonunda azalmalar meydana gelmektedir. Rotator manşetin superior kısmının lezyonu veya

n. suprascapularis felci durumunda m. teres minor'un fonksiyonel önemi daha da artmaktadır (48).

Sinir hasarı sonrası motor belirtilere ek olarak kolun lateral üst bölgesinde duyu kaybı da görülebilir. Derinin inervasyonunu sağlayan komşu kutanöz sinirlerin diseksiyonla takip edilemeyen ince terminal dallarının, komşu alanları da inerve edebilmesi sinir lezyonunda kutanöz belirti olmaması durumunu açıklayabilir (93). Ancak n. cutaneus brachii lateralis superior'un yayıldığı alandaki duyu kaybı, m. teres minor fonksiyon kaybı açısından uyarıcı olmalıdır (48).

N. axillaris omuz eklemine de dallar vermektedir(34). Eklem temel stabilizatörü olarak ligg. glenohumeralia'nın inferior kısmının önemli olduğu ve propriyosepsiyonda fonksiyon gördüğü bildirilmektedir (41, 44). Ayrıca eklem dallarının omuz hareketi sonucu oluşan mekanik sinyallerin işlenmesinde fonksiyonu bulunmaktadır (44, 94). Eklem dalının hasarında bu fonksiyonlar yerine getirilememektedir.

Bu nedenle n. axillaris'in seyri ve anatomik referans noktalarına göre mesafelerin bilinmesi cerrah için önemlidir. N. axillaris'in cavitas glenoidalis inferior kenarına mesafenin cerrahi öncesi planlamada değerlendirilmesi ile iyatrojenik yaralanma riskini azaltabilir.

2.3. Nervus suprascapularis

2.3.1. Anatomisi

N. suprascapularis, genellikle C5 ve C6 n. spinalis r. anterior'undaki liflerden oluşan motor ve duyu fonksiyonu olan sinirdir. Truncus superior'un ilk dalı olarak plexus brachialis'ten çıkar. Boyun arka üçgeninde m. omohyoideus'a paralel ve inferior ve lateral yönelimli olarak m. trapezius'un derinine doğru seyreder. Incisura scapulae'dan geçerek fossa supraspinata'ya girer. Bu seviyelerde m. supraspinatus'a giden motor dallarını ve eklem dallarını vermektedir (34, 52, 95).

N. suprascapularis'in eklem dalının superior ve inferior dalı vardır. Superior dalını genellikle incisura scapulae'yı geçtikten sonra verir. Art. acromioclavicularis'in, art. glenohumeralis'in üst kısmının, bursa subacromialis'in ve rotator manşet kaslarının tendonlarının duyu inervasyonunu superior dalı sağlar. Inferior dalını ise incisura spinoglenoidalis yakınında verir ve bu dal art. glenohumeralis'in arka

kısımının inervasyonunu sağlar (95, 96). N. suprascapularis, art. glenohumeralis'in büyük kısmının duyuusal inervasyonundan sorumludur (97).

Sinir fossa supraspinata'ya girdikten sonra, m. supraspinatus alt yüzünde seyrederek spina scapulae tabanına doğru lateral oblik bir şekilde ilerler (98, 99). Burada m. supraspinatus'un inervasyonunu sağlayan motor dallarını vermektedir. Daha sonra lig. transversum scapulae inferius'un derininden geçer ve spina scapulae'nin lateral kenarından aşağıya doğru kıvrılarak fossa infraspinata'ya girer. Burada m. infraspinatus'a birkaç dal vererek motor inervasyonunu sağlar. Ayrıca kutanöz dalı da bulunabilir ve acromion ucuna yakın bölgede m. deltoideus'u delerek kolun proksimal üçte birlik lateral kısmına dağılır (34).

M. supraspinatus, fossa supraspinata'dan başlayarak tuberculum majus'un üst yüzüne tutunurken; m. infraspinatus fossa infraspinata'dan başlar ve tuberculum majus'un orta yüzüne tutunur. N. suprascapularis'in inerve ettiği kaslar kolun abduksiyon ve dış rotasyonunda fonksiyon görmektedir. M. supraspinatus kolun ilk 15-20° arasındaki abduksiyonunda fonksiyon görür. Kolun 90°'e kadar olan abduksiyonunda esas olarak m. deltoideus fonksiyon görürken m. supraspinatus da harekete katkıda bulunmaktadır (34, 35). Doksan derece üzerindeki abduksiyonda aynı kaslar fonksiyon görmekte olup m. serratus anterior ve m. trapezius'un cavitas glenoidalis'i yukarıya döndürmesi ile hareket sağlanmış olur (33).

2.3.2. Varyasyonları ve Dallanma Paternleri

N. axillaris'e kıyasla n. suprascapularis'in artiküler, musküler ve kutanöz dalların varyasyonları ve dallanma paternleri ile ilgili literatürde fazla bilgi yoktur.

Kökeni ile İlgili Varyasyonlar

N. suprascapularis, genellikle C5 ve C6 n. spinalis r. anterior'undan kaynaklanmakta olup bazen C4'ten lifler katkıda bulunabilir (52, 93, 100, 101). Lee ve ark. ile Ajmani ve ark. incelemiş oldukları numunelerde sırasıyla %22,4 ve %14,7 oranlarında C4'ün de bu sinire katkıda bulunduğunu bildirmektedirler (93, 101). Ayrıca n. suprascapularis'in sadece C5'ten aldığı liflerden oluşabileceği de literatürde bildirilmektedir (49, 52, 102). Shin ve ark. inceledikleri numunelerin %76'sının C5 ve C6; %18'inin C4, C5 ve C6, %6'sının ise sadece C5 liflerinden oluştuğunu bildirmektedir (102).

N. suprascapularis'in truncus superior'dan köken aldığı anatomi kitaplarında yazılmaktadır (33-35, 103). Literatürde farklı olarak truncus superior ile birlikte truncus superior divisio posterior'u veya divisio anterior'undan da köken alabileceği bildirilmektedir (49, 104). Ayrıca truncus superior divisio anterior'u ve divisio posterior'u ile birlikte trifurcatio şeklinde çıktığı da bildirilmektedir (104, 105). Arad ve ark. incelemiş oldukları 100 adet plexus brachialis'in 61'i truncus superior divisio posterior, 29'u bifurcatio noktası, 6'sı truncus superior ve 4'ünün ise C5 radices'ten köken aldığı, fakat truncus superior divisio anterior kökenli sinir saptanmadığı bildirilmektedir (104).

Musküler Dalların Varyasyonları ve Dallanma Paternleri

N. suprascapularis, fossa supraspinata'dan geçerken m. supraspinatus'a genellikle 1 veya 2 dal vermektedir (106). Musküler dallar genellikle lig. transversum scapulae superius arkasından dallanırken daha az oranda ligamentin ön kısmından da dallanabilir (107). Warner ve ark. musküler dalların genellikle lig. transversum scapulae superius altında veya onun distalinde ana gövdeden ayrıldığını, ancak 31 numunenin 1'inde ligamentin proksimalinden başladığını ve ligamentin üzerinden geçtiğini saptadılar (106).

M. infraspinatus'a giden dalların sayısının 2 ila 4 arasında değişkenlik gösterdiği bildirilmektedir (106-108). N. suprascapularis'in ayrıca m. teres minor ve m. subscapularis'in üst kısmının inervasyonunu da sağlayabileceği bildirilmektedir (52).

Artiküler Dalların Varyasyonları ve Dallanma Paternleri

Art. glenohumeralis'in duyuşal inervasyonunun çoğu n. suprascapularis tarafından sağlanmaktadır (96-98). Bu sinirin superior ve inferior olmak üzere iki artiküler dalı vardır. Superior dalın, lig. transversum scapulae superius'un arkasından çıkabileceği, inferior dalın ise incisura spinoglenoidalis yakınlarında ayrılabilceği bildirilmektedir. Superior dal, art. acromioclavicularis, bursa subacromialis ve rotator manşet kaslarının tendonlarının inervasyonunu sağlarken, inferior dal ise art. glenohumeralis eklem kapsülün arka yüzeyinin inervasyonunu sağlar (95, 109).

Aszmann ve ark. artiküler dalın seyrini tanımladıkları çalışmalarında, superior dalın lig. transversum scapulae superius'tan ortalama 4,5 cm önce dallandığı ancak ana gövde ile birlikte seyrederek ligamentin altından geçtiğini ve laterale doğru

yönelerek iki uç dala ayrıldığını bildirmektedir. Inferior dalın ise spina scapulae seviyesinde ana gövdeden laterale doğru ayrıldığı bildirilmektedir (109).

Vorster ve ark. yapmış oldukları çalışmalarında, incelemiş oldukları numunelerin %87,1'inde (27/31) eklem dalının bulunduğu ve lig. transversum scapulae superius seviyesinin yakınında sinirden ayrıldığı ve %48,2'sinde (13/27) ligamentin proksimalinden; %40,7'si (11/27) ligamentin altından; %11,1'inde (3/27) ise ligamentin distalinden ayrıldığı bildirilmektedir (98). Ebraheim ve ark. incelemiş oldukları 12 numunenin hepsinde artiküler dalın olduğunu ve 6'sında lig. transversum scapula superius proksimalinden, 4'ünde ligamentin yakınından, 2'sinde ise fossa supraspinata'dan ayrıldığını bildirilmektedir (107).

Kutanöz Dalların Varyasyonları ve Dallanma Paternleri

Kutanöz dalın, m. supraspinatus'un ön yüzü boyunca superolateral olarak ilerlediği, burada art. acromioclavicularis'e dal verdikten sonra lig. coracoacromialis ve lig. coracoclavicularis arasından geçerek acromion yakınında m. deltoideus'u deldiği belirtilmiştir (93, 110, 111). Daha sonra 3-4 dal vererek subkütan dokuya dağıldığı ve kol 1/3 proksimalinin lateral kısmının duyusunu aldığı bildirilmektedir (93).

Omuz ve kol lateralinin deri inervasyonunun kaynağı değişkenlik göstermektedir. Bu alan, n. supraclavicularis ve n. cutaneus lateralis superior tarafından inerve edilmekte olup nadiren n. suprascapularis'te bölgenin duyu inervasyonuna katılabilir (34). Literatürde n. suprascapularis'in kutanöz dalının varlığı ilgili tartışmalar olsa da inervasyona katıldığını bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (93, 112).

N. suprascapularis'in kutanöz dalı daha alt primatlarda önceden tanınmakta olup insanda ilk olarak 1968 yılında Yamada tarafından n. cutaneus subacromialis adı ile bildirilmiştir (113, 114). Alt primatlarda daha yaygın saptanmasına rağmen insanlarda nadir olmadığı belirtilmiştir (114). Sonraki yıllarda Horiguchi'nin yapmış olduğu çalışmada da kutanöz dalın varlığı bildirilmektedir (110). Vorster ve ark., Ajmani ve ark. ve Murakami ve ark. yapmış oldukları çalışmalarında incelemiş oldukları numunelerin sırasıyla %87,1, %14,7 ve %3,3'ünde kutanöz dalın saptandığı bildirmektedir (93, 111). Bildirilen oranlardaki büyük farklılığın, dalın küçük olması ve ince diseksiyon gerektirmesinin yanı sıra köken aldığı yerin çeşitliliğinden dolayı

artiküler dallar ile karışabileceğinden kaynaklanabileceği bildirilmektedir (93, 98, 111).

Ancak n. suprascapularis tuzak sendromu ile ilgili yapılan çalışmalarda duyu kaybından bahsedilmese de Antoniadis ve ark. tuzak sendromu olan bir hastada omuz uyuşması gözlemlendiğini bildirdiler (112, 115). Harbaugh ve ark. ise sundukları vaka raporunda tuzak sendromu olan bir hastada, m. supraspinatus ve m. infraspinatus atrofisine ek olarak kutanöz dalın yayıldığı kısma uygun uyuşma alanı olduğunu ve cerrahi tedaviden sonra bu belirtilerde düzelme olmasının, kutanöz dalın varlığı ile ilgili klinik kanıt sağladığını bildirmektedirler (112). Ayrıca tuzak sendromlu hastalarda kutanöz dal ile ilgili belirtilerin az görülmesi, nadir saptanan varyasyonel bir dal olmasına ya da kutanöz dalın yayıldığı alanın, n. axillaris ve n. supraclavicularis'in deri inervasyon alanıyla örtüşmesinden dolayı klinik belirti vermemesine bağlanabilir (93, 112).

2.3.3. Cerrahi Önemi

N. suprascapularis açık cerrahi yada artroskopik girişimler sırasında yaralanma potansiyeline sahiptir (99, 106). Superior labrum anterior posterior (SLAP) lezyonu onarımı, ters tam omuz artroplastisi gibi çoğu omuz cerrahisi prosedürlerinde n. suprascapularis'in yaralanma potansiyeli olduğu bildirilmektedir (116-118).

SLAP Lezyonu Onarımı

SLAP lezyonları labrum glenoidalis'in üst kısmında, posteriordan başlayıp anteriora doğru uzanan bir yaralanmadır (119). Lezyonlar cavitas glenoidalis'e göre saat 10.00 ila 2.00 konumu arasında bulunur (120). Labrum glenoidalis'teki dejeneratif değişiklikten, m. biceps brachii, caput longum tendonunu da etkileyen lezyona kadar çeşitli derecelerde olabilir (119). İlk olarak Andrews ve ark. (121) tarafından bildirilen bu lezyonlar, Synder ve ark. (119) tarafından SLAP lezyonları olarak isimlendirilmiştir. Yaralanma mekanizması olarak aşırı kullanım, abdüksiyon halinde uzatılmış kolun üzerine düşme, kolun beklenmedik traksiyon kuvvetine maruz kalması veya bölgeye olan direkt travmalar gösterilebilir (119, 122, 123).

Aşırı kullanıma bağlı tekrarlayıcı baş üstü hareket yapan işçilerde ve atıcılık yapan sporcularda (beyzbol, tenis, voleybol vb.) lezyonun daha sık görüldüğü bildirilmektedir (121, 124, 125). SLAP lezyonunun omuz artroskopi prosedürlerinde %6-26 oranında saptandığı bildirilmektedir (119, 126, 127). Önceki çalışmalarda nadir

olarak görüldüğü raporlansa da yakın tarihli çalışmalarda lezyon görülme oranlarında büyük bir artış olduğu bildirilmektedir (128, 129).

SLAP lezyonlarının omuz için fonksiyonel önemi vardır. Labrum glenoidalis ve m. biceps brachii tendonu etkilemesinden dolayı omuz eklemi stabilizasyonu bozulur (130-133). Caput humeri'nin subluksasyonu ve dislokasyonu kolaylaşır. Tedavi edilmediği takdirde tekrarlayan subluksasyonlar sonucu rotator manşet kaslarında da yaralanmalara neden olabilir. Omuz fonksiyonunu ve stabilizasyonunu bozarak sporcuların veya işçilerin kariyerlerini erken sonlandırmasına neden olabilir (124).

SLAP lezyonu omuz işlevinde bozukluk, instabilite, kilitlenme ve şiddetli ağrı gibi önemli klinik belirtilere neden olmaktadır. Konservatif tedavinin başarısız olduğu hastalarda cerrahi tedavi uygulanmaktadır (134). Artroskopi, SLAP lezyonlarının hem tanısında hem de tedavisinde kullanılmaktadır (119, 124, 126, 135). Artroskopi, bu lezyonların daha iyi anlaşılmasını sağlamış olup artroskopik yol ile onarım son yıllarda popülerite kazanmıştır (136).

Artroskopik cerrahi uygulamanın temelinde, labrum glenoidalis ya da m. biceps brachii tendonunun cavitas glenoidalis'in superior kenarına sütür ankoru veya başka bir enstrüman ile tespit edilmesi vardır (122, 125, 137). Onarım sırasında labrumun ayrıldığı yere matkap ile aralıklı olarak açılan tünellere sütür ankoru yerleştirilmesi ile lezyonun önceki anatomisine ve konkavitesine uygun şekilde tespit etmek amaçlanır (122, 134, 138).

SLAP lezyonu onarımı sonrası n. suprascapularis yaralanması nadir raporlanmış olup cavitas glenoidalis'in medial duvarının perforasyonu ve sütür ankoru teması ile ilişkili olduğu bildirilmektedir (116, 117). Yaralanmanın nadir olarak görüldüğü bildirilse de standart artroskopik cerrahi yaklaşımlar sırasında iyatrojenik yaralanma olması anatomik olarak mümkün görünmektedir (139, 140). N. suprascapularis'in incisura scapulae'dan incisura spinoglenoidalis'e seyri sırasında omuz eklemi ile yakın komşuluğu vardır (78, 99, 141, 142). Artroskopik prosedürlerde eklem dışının görülememesi, matkap ile tünel açma ve sütür ankoru yerleştirme işleminin kör olarak yapılmasına neden olmaktadır (139, 140, 143). Yapılan kadavra çalışmaları SLAP lezyonu onarımında cavitas glenoidalis superior'una sütür ankoru yerleştirilmesi sırasında n. suprascapularis'in yaralanma riski altında olduğunu

göstermektedir (106, 116, 134, 139, 140, 143, 144). Ayrıca incisura spinoglenoidalis komşuluğunda da riskin olduğu bildirilmektedir (117).

SLAP lezyonları onarımı sırasında sinirin iyatrojenik hasarı korkutucu komplikasyonlara neden olabilir (117, 139, 145). Yaralanma riski, delme açısı, artroskopi portalı konumu ve sütün ankoru tipi gibi değiştirilebilir faktörlerden etkilenmesinin yanında, hasta ve scapula anatomisindeki farklılıklar ve lezyonun konumu gibi değiştirilemeyen faktörlerden de etkilenir ve sinirin yaralanma potansiyeli her zaman vardır (134).

Benzer şekilde transglenoid sütün tekniği kullanılarak yapılan artroskopik girişimlerde cavitas glenoidalis'in ön kenarından scapula arkasına uzanan kör delme işleminde n. suprascapularis yaralanabilir (99, 146). Bu teknikle ilgili çalışmalarda Goldberg ve ark. 38 omuzun 1'inde, Nakagawa ve ark. 90 omuzun 8'inde n. suprascapularis hasarı oluştuğunu bildirmektedir (147, 148).

Bu nedende n. suprascapularis hasarının riskinin azaltılması bu sinirin için anatomik konumunun bilinmesi önemlidir. Cavitas glenoidalis'in superior kenarı (saat 12.00 konumu) ile incisura scapulae'daki konumu; mesafesi sabit ve standart anatomik bir referans noktası olması nedeniyle cerraha yardımcı olabilir. Ayrıca n. suprascapularis'in incisura spinoglenoidalis'teki konumu ile cavitas glenoidalis arasındaki izdüşümsel mesafe yakın komşuluğu olması nedeniyle önemlidir.

Ters Tam Omuz Artroplastisi

Anatomik tam omuz artroplastisinde (ATOA) kullanılan implantlar, normal insan anatomisine benzer olarak konkav şekilli glenoid bileşen ve yuvarlak şekilli humeral bileşenden oluşurken, TTOA yuvarlak şekilli glenoid bileşen ve konkav şekilli humeral bileşenden oluşmaktadır (149). Bu tasarım özellikleri m. deltoideus'un özellikle rotator manşet kas yırtığı onarımında omuz hareketlerini daha iyi kontrol etmesine olanak tanımaktadır (150-152).

Omuz bölgesinin dejeneratif hastalıkları için ATOA ve TTAO başarılı birer tedavi seçeneği olarak kabul görmektedirler (153-156). Ancak ATOA'nın kötü klinik sonuç gösterdiği şiddetli rotator manşet artropatisine sekonder psödoparalitik omuzlarda TTOA'nın gösterdiği klinik başarıdan dolayı prosedürün son dönemde popülaritesi artmıştır (157, 158). Deneyiminin artması ile endikasyonlar genişlemiş proksimal humerus çok parçalı kırıkları ve malignitelerinde (159, 160), kronik omuz

çıkığı (161), romatoid artrit (162) ve revizyon gerektiren ATOA'de (163) uygulanmaya başlamıştır.

TTOA rotator manşet kasları ve art. glenohumeralis patolojilerinin tedavisi için başarılı bir prosedürdür (164, 165). Prosedürün yapılma sıklığının her yıl artması nedeniyle komplikasyon sayılarında da artış görülmektedir (1, 161, 166). İmplant konumlandırma kaynaklı mekanik komplikasyonların yanında sinir yaralanması riski de bulunmaktadır (167). Periferik sinir komplikasyonu görülme oranı %0,6-3,6 arasında değişirken, %47,8 oranında subklinik sinir hasarı görüldüğü bildirilmektedir (5, 168, 169). Sinir hasarları, prosedürün daha az görülen komplikasyonları olmasına rağmen kalıcı sekele neden olma riski nedeniyle önemlidir (169, 170). TTOA sırasında en sık n. axillaris ve n. suprascapularis hasarı görülmektedir (1).

TTOA'de glenoid taban plakası yerleştirilmesi sırasında vida ile fiksasyon yapılmaktadır. Scapula anatomisindeki bireysel farklılıklar, cavitas glenoidalis'teki kemik defekti plakanın konumlandırılmasını zorlaştırmakta ve sinir hasarı riskini artırmaktadır (167, 171-173). Deneyimli cerrahların bile glenoid taban plakası konumlandırmada hata yapabildikleri bilinmektedir (174-176).

Doğru yönlendirilememiş vidalar nörovasküler yapılara zarar verip kalıcı komplikasyonlara neden olabilir (118, 177). Wang ve ark. bildirdikleri vaka raporunda, n. suprascapularis nöropatisi ile başvuran hastanın belirtilerine glenoid bileşen fiksasyonu için kullanılan vidanın neden olduğunu belirtmişlerdir (118). Yanlış yönlendirilen vida, scapula kemik kolonlarının ve cavitas glenoidalis kemik stoğu dışına çıkarak kemik komşuluğundaki dokulara temas etmesine neden olmaktadır (1, 171, 177, 178). N. suprascapularis'in cavitas glenoidalis ile yakın komşuluğu olması vida fiksasyonu sırasında iyatrojenik yaralanma riski oluşturmaktadır (118, 177).

Molony ve ark. yaptıkları kadavra çalışmalarında superior kenara yakın yerleştirilen vidaların kemik dışına çıktığını, 10 kadavranın 3'ünde n. suprascapularis ana gövdesine veya eklem dalına temas ettiğini veya yakınında sonlandığını bildirmektedir. Posterior kenara yakın yerleştirilen vidanın, 10 kadavranın 9'unda kemik dışına çıktığını ve sinir ana gövdesine, m. infraspinatus'a giden motor dalına veya eklem dalına temas ettiği ya da yakınında sonlandığını bildirmektedirler (177).

Özellikle sinirin incisura spinoglenoidalis'ten geçerken glenoid kenara 1 cm kadar yaklaşabilmesi endişeleri daha da artırmaktadır (144, 177).

Glenoid taban plakasının fiksasyonu sırasında doğru vida yönelimini amaçlayan cerrahi öncesi planlama, bilgisayar destekli navigasyon, standart kılavuz veya hasta spesifik kılavuz gibi çabalar güncel olarak devam etmektedir (167, 173, 179). Genellikle incisura scapulae ve incisura spinoglenoidalis konumunda görülen yaralanmalar bu çabalar ile azaltılmaya çalışılmaktadır (1).

Bu nedenle bizim çalışmamızda n. suprascapularis'in yaralanma riskinin yüksek olduğu ve cavitas glenoidalis ile yakın komşuluğu bulunan noktalardaki konumun bilinmesi önemlidir. Bu amaçla, bu çalışmada superior kenar ile incisura scapulae'daki konumu arasındaki mesafe ile incisura spinoglenoidalis'teki konumu ile glenoid eklem yüzü arasındaki en yakın izdüşümsel mesafe ölçülmüştür. Bu mesafelerin cerrahi öncesi planlamada değerlendirilmesi ile iyatrojenik yaralanma riskini azaltabilir.

N. suprascapularis Hasarı Sonrası Klinik Belirtiler

N. suprascapularis hasarı sonrası geçici veya kalıcı olabilen duyuşsal ve/veya motor kayıplar görülebilir (64, 88). Omuz ağrısının yanında dış rotasyon ve abdüksiyon fonksiyonunda bozulma gibi spesifik olmayan belirtiler görülmektedir (180). Bu nedenle ancak m. supraspinatus ve m. infraspinatus atrofisi olduğunda sinir hasarı fark edilmektedir (181). Görülen belirtilerin aynı zamanda cerrahi sonrası iyileşme sürecinin bir parçası olması tanıda gecikmelere neden olabilir.

Sinir hasarı sonrası bu kaslarla aynı fonksiyonu gören fakat farklı sinirlerle inerve edilen kaslar fonksiyonun tamamen kaybolmasını engellemektedir. N. suprascapularis iyatrojenik hasarı m. infraspinatus yetersizliğine de neden olabilir (177). Omuz fonksiyonunun önemli işlevlerinden dış rotasyon'un korunması TTOA'sinin önemli hedeflerinden biri olarak kabul edilmektedir (166, 182, 183). Ayrıca sinir hasarının iyileşme dönemine önemli etkilerinin olması nedeniyle sinirin korunması da önemlidir (57).

2.4. Sıfır Eko Zamanlı MRG (SEZ-MRG)

Radyografi kas-iskelet sistemi patolojilerinde genel tabloyu ortaya çıkarmak için sıklıkla tercih edilen ilk görüntüleme yöntemi olsa da kemik morfolojisinin ayrıntılı değerlendirilmesi ve cerrahi öncesi planlama için BT en uygun klinik

görüntüleme yöntemidir (9-11). BT X ışını kullanarak kemik yapıların yüksek çözünürlükte kesitsel görüntülenmesini sağlamaktadır. Ancak çoğu klinik durumda kemik doku ile birlikte değerlendirilmesi gerekli olan yumuşak dokuları görüntüleme kapasitesi yeterli değildir (12).

MRG radyolojik tetkikler içerisinde en yüksek yumuşak doku kontrastı sağlayan yöntemdir (180). Manyetik alan kullanarak dokulardaki hidrojen protonu yoğunluğunu gösterir ve dokuların farklı kontrastlarda görüntülenmesini sağlar (184, 185). Genel olarak, su ve yağ bileşeni fazla olan dokularda hidrojen protonu yoğun olarak bulunmaktadır. Hidrojen protonu yoğun dokulardan güçlü sinyal alınırken yoğunluğu az dokulardan zayıf sinyal alınmakta veya sinyal alınmamaktadır (185). Bu nedenle kemiğin mineralize kesimleri ve yumuşak dokulardaki mineralize yapılar MRG ile yeterince görüntülenemeyebilirler (184, 186).

Görüntüleme yöntemlerinin birbirlerine göre çok sayıda avantaj ve dezavantajları vardır. Tanı ve cerrahi öncesi planlamaya yönelik klinik uygulamalar için genellikle kemik, yumuşak doku ve stabilizatörlerinin (ligament, tendon vb.) birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (8). Bu durumlarda radyografi, BT ve MRG her klinik durum için avantaj ve dezavantajları değerlendirilerek bir arada kullanılabilir (8, 12, 14). Çok sayıda görüntüleme yöntemi kullanılma gerekliliği sağlık sistemine ek maliyetler getirmekte, dahası radyografi ve BT kaynaklı iyonize radyasyonun zararlı etkilerine maruz kalınmasına neden olmaktadır (12, 15). Bu nedenle görüntülemenin tek bir yöntem ile yapılması arzu edilen bir durumdur (12).

MRG temel olarak güçlü bir bilgisayar sistemi, çeşitli fonksiyonları olan mıknatıslar ve RF dalgaları gönderip alma işlevi gören bileşenlerden oluşmaktadır (187). Dokudan alınan sinyalin gücü ve süresi, dokunun içerdiği hidrojen protonu yoğunluğu, RF dalgasından sonra protonların eski konumlarına gelme süresi (T1 süresi, longitudinal relaksasyon süresi) ve her bir protonun farklı fazlarda dönmeye başladığı süre (T2 süresi, transvers relaksasyon süresi) gibi çeşitli parametrelere bağlıdır (186, 187). Dokular arasındaki kontrast farklılığı genel olarak sinyal büyüklüğü, protonların eski haline dönme süresi (T1 süresi), sinyal sönüş süresi (T2 süresi) farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Dokulardan alınan sinyaller çok faktörlü karmaşık bir süreçten sonra manyetik rezonans görüntüsü üzerinde kontrast farklılıkları şeklinde temsil edilmektedir. Kontrast farkının her bir parametreye göre

ağırlıklı görüntüsünün çıkarılması için T1-ağırlıklı (T1A), T2-ağırlıklı (T2A), proton dansitesi-ağırlıklı (PDA) görüntüler oluşturulur ve bu şekilde aynı bölgeye ait görüntüler elde edilmiş olur (188).

Kas-iskelet sistemi yumuşak dokular gibi uzun T2 süresine sahip dokuların yanında kemik, tendon, ligament gibi kısa T2 süresine sahip dokuları da bolca içermektedir (186). Bu dokular kısa ve uzun T2 süreli bileşenleri farklı oranlarda bir arada bulundurmaktadır. Bu nedenle her bir doku farklı kontrastlarda görüntülenmektedir. Sinyal alınamayan ya da az sinyal alınan dokular çok miktarda kısa T2, az miktarda uzun T2 süreli bileşenler içeren dokulardır ve bunun tersi de geçerlidir (189).

MRG sırasında RF dalgaları ardışık olarak gönderilir ve iki RF dalgası arasındaki zaman aralığına tekrarlama süresi adı verilir. Eko zamanı, RF dalgalarının iletilmesi ile eko sinyalinin alınması arasındaki süreyi tanımlamaktadır (8). Eko zamanı ayarlanarak T2 süresi üzerinde değişiklik yapılabilir. Bu şekilde tekrarlama süresi ve eko zamanı gibi çeşitli parametreler ayarlanarak farklı düzlemlerde veya hacimsel olarak sekans adı verilen görüntü protokolleri oluşturulur (188).

Eko zamanı bir bakımdan RF dalgası gönderilmesi ile sinyal algılanmaya başlandığı süre arasında kayıp zaman dilimini ifade eder. Konvansiyonel MRG sekanslarında yaygın olarak kullanılan eko zamanı 2-200 ms arasındadır ve 1 ms'den daha kısa eko zamanı oluşturulamaz (8, 186). Bu nedenle çok kısa T2 süresine sahip olan (3 Tesla'da yaklaşık 390 mikrosaniye [μs]) kemik korteksinin aynı zamanda düşük su içeriğine sahip olması bu dokulardan sinyal alınmasını güçleştirir (184, 190). Konvansiyonel MRG sekanslarında eko zamanının çok uzun olması nedeniyle kısa T2 süreli dokulardan (kemik korteksi, tendon, ligament vb.) gelen sinyalin sönmeden kodlanma fırsatı yoktur (8, 186). Böylece bu dokulardan gelen ve hızlı sönen sinyaller yeterli düzeyde algılanamadığı için çoğunlukla siyah renkte tasvir edilmektedir (14, 186).

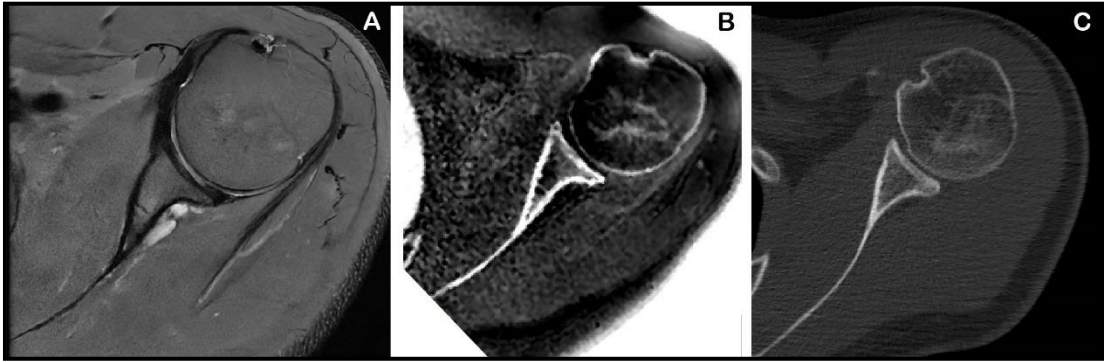
Son dönemlerde kısa T2 süreli yapıların daha iyi görüntülenmesi için bu yapılardan gelen hızlı sönen sinyalleri hızlı bir şekilde yakalamaya yönelik girişimler yapılmıştır (16, 17, 184, 186, 191, 192). Ultra kısa eko zamanlı (UKEZ) ve sıfır eko zamanlı (SEZ) bu sekansları içeren MRG teknikleri yakın dönemde tanıtılmıştır (17, 18, 193).

UKEZ-MRG sekansında kısa bir RF dalgasından sonra en kısa sürede sinyal okuma gradyanı açılır ve sinyal toplanmaya başlanır (186, 193). Bu teknik, ilgili dokulardan gelen sinyallerin algılanması için 2 ms'nin altında eko zamanı sağlamayı amaçlamaktadır (18). Böylece kısa T2 bileşenli yapılardan gelen sinyalin yakalanması mümkün olmaktadır (186, 189, 194). UKEZ-MRG ile benzer amaca sahip SEZ-MRG'de kısa T2 bileşenleri içeren dokulardan sinyal alınmasını sağlar, ancak UKEZ-MRG'de RF dalgası ile sinyal okunması arasında az da olsa bir zaman farkı bulunurken SEZ-MRG'de gradyanlar en baştan açık tutularak sinyal okunmasında herhangi bir gecikmeye mahal verilmemektedir (15, 17, 193, 194). Bu sayede eko zamanı 1 ms'den çok daha kısa sürmekte, hatta neredeyse kayıp zaman olmadan, anında sinyal alınması mümkün olmaktadır (14, 18). Böylece konvansiyonel sekanslarda doğrudan görüntülenemez kabul edilen kemik korteksinden (ve diğer mineralize yapılardan) gelen sinyallerde kayıp olmadan görüntü elde edilmesi sağlanmaktadır (15).

SEZ yüksek manyetik alan gücüne sahip (genellikle de 3 Tesla) MRG cihazlarında kullanılan bir sekans olup kortikal kemik ve yağ dokusu arasında gelişmiş kontrast sağlayarak kemik morfolojinin BT'ye benzer şekilde görüntülenmesine imkan tanımaktadır (14, 18)(Şekil 2.1). Bunun için çeşitli görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır (192, 193). Elde edilen gri tonlamalı görüntülerin ters gri tonlamalı hallerine çevrilerek BT benzeri görüntüler oluşturulur (195)(Şekil 2.2). Elde edilen görüntüler herhangi bir düzlemde yeniden biçimlendirilebilir (reformatlanabilir) şekildedir (196). Ayrıca, BT'ye göre daha zaman alıcı ve uğraştırıcı olsa da 3 boyutlu rekonstrüksiyonlar da yapılabilir (14). Dahası, maksimum (veya minimum) intensite projeksiyonu fonksiyonu kullanılarak radyografi benzeri görüntüler de elde edilebilir (14, 196).

SEZ, UKEZ ve konvansiyonel MRG sekansları ile karşılaştırıldığında zaman bakımından daha verimlidir (20, 192). Ayrıca ardışık RF dalgaları arasında kalan sürede okuma gradyanlarının açılıp kapatılması gerekmemektedir. Böylece görüntüler sessizce elde edilmektedir (18, 193, 197). Bu durum görüntüleme süresi boyunca hastalar ve özellikle küçük çocuklar için tekniğin konvansiyonel MRG'ye göre daha konforlu ve katlanılabilir olmasını sağlamaktadır (198). Böylece hareket artefaktları da azalabilmektedir (21).

Konvansiyonel MRG'de sağlanan yumuşak doku kontrastına SEZ sekansın sağladığı kortikal kemik (ve mineralize yapıların) görüntülemesi eklendiğinde iki farklı doku tipinin aynı modalitede değerlendirilmesi olanaklı hale gelmektedir (19). Böylece, bazı klinik durumlarda gerekebilecek yakın zamanlı BT'nin neden olacağı hem iyonizan radyasyon riskinden korunulmuş, hem de oluşacak ek maliyetten kaçınılmış olur (15, 19). MRG raporlanması sırasında yakın tarihli radyografi veya BT'lerin de incelenmesi gerekli olduğunda SEZ-MRG kullanışlı bir görüntüleme olanağı sağlamaktadır (14).



Şekil 2.1. 30 yaşında bir erkeğin omzunun aksiyel radyolojik kesitleri, A; PDA MRG, B; SEZ-MRG, C; BT.



Şekil 2.2. Aksiyel düzlemde SEZ MR görüntüleri, A; Başlangıçta elde edilen SEZ MR

görüntüsü, B; İlk görüntünün ters gri tonlamalı (bilgisayarlı tomografi benzeri) versiyonu.

Kısa T2 süreli yapıların odaklar arasında olduğu her türlü klinik durum için SEZ-MRG'den potansiyel olarak fayda sağlanabilir. Bu sekans MRG'nin sağladığı üstün yumuşak doku kontrastına ek olarak kemik ve mineralize yapıların aynı inceleme içinde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (14). SEZ-MRG kas-iskelet sistemi patolojilerinin yanı sıra göz hastalıkları (199), göğüs hastalıkları (200), beyin cerrahisi (21, 201, 202) gibi çoğu tıp disiplininde kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Yaklaşık 10 yıldır insanda tıbbi değerlendirmede başarı ile uygulanmaktadır (18). İyonizan radyasyona yol açan X ışını içermemesi nedeniyle özellikle gebelerde veya çocuk yaş grubunda kullanım avantajı vardır (21).

SEZ-MRG son yıllarda Ortopedi ve Travmatoloji alanında da kullanılmaya başlanmış olup kas-iskelet sistemi radyolojisini ilgilendiren gelişimsel, travmatik, inflamatuvar, romatolojik ve onkolojik çok sayıda klinik durum için uygulanabilir (14). Tanısal morfometrik ölçümler (kritik omuz açısı (203), femur boyun-gövde açısı (20)), omuz dislokasyonu (12, 15), kırıklar (21), osteoporoz(204, 205), osteokondral lezyonlar (206), spondiloliz, spondilolistezis, septik spondilodiskit ve osteomyelit (14), osteoartrit (207), inflamatuvar artrit (208), yumuşak doku kalsifikasyonları (kalsifik tendinit, heterotopik osifikasyon, myozitis osifikans vb.) (209, 210) ve kemik tümörlerinin tanısında ve takibinde (8) SEZ-MRG kullanılabilir.

Breighner ve ark. omuz bölgesinde BT ve SEZ-MRG'yi karşılaştırmalı olarak değerlendirdikleri çalışmalarında görüntüleme yöntemleri arasında uyum saptamışlar ve tekniğin omuzda kullanımını desteklemişlerdir (sınıf içi korelasyon katsayısı [ICC] > 0,6) (15). De Mello ve ark. hasta ve kadavra görüntüleri üzerinde cavitas glenoidalis'in morfometrik ölçümlerini yaptıkları ve BT ve SEZ-MRG arasındaki farklılığı inceledikleri çalışmalarında modaliteler arasında yüksek uyum saptamışlardır (sınıf içi korelasyon katsayıları [ICC]; kadavra, 0,949-0,991; hasta, 0,955-0,987) (12). Ayrıca kemik yapıları inceleyen çalışmalarda SEZ-MRG ile BT görüntülerinde yapılan tanı, ölçüm ve derecelendirmelerde güçlü uyum saptanmıştır (15, 17, 19-22). BT ile arasındaki bu güçlü uyum günlük klinik uygulamalarda SEZ-MRG'nin BT gerekliliğini azaltacağını işaret etmektedir (15).

Ortopedik bozuklukların önemli bir kısmı radyolojik görüntüler üzerinde noktadan noktaya mesafe ölçümü ve açısal ölçümlerde saptanabilecek bir morfolojik zeminde ortaya çıkmaktadır. Kemik morfolojisinin doğru gösterimi yumuşak doku ve kortikal kemik arasındaki kontrast farkından kaynaklanmaktadır. Morfometrik ölçümlerin referans noktalarının çoğunlukla kemik bölümlerini içermesi nedeniyle BT’de konvansiyonel MRG’den daha doğru sonuç elde edilmektedir (14). Ancak ölçüm parametrelerinde yumuşak doku yapıların olması durumunda ölçüm güvenilirliği yeterli olamamaktadır.

SEZ-MRG özellikle morfometrik analizler olmak üzere kas-iskelet sistemi ile ilgili MRG tabanlı araştırmalar için yeni bir yöntem olarak önem kazanmaktadır (14). Yumuşak doku ve kemik dokunun birlikte değerlendirilmesini sağlaması benzersiz bir araştırma olanağı sunmaktadır (19). Bu iki dokuyu birlikte değerlendiren tanısal morfometrik ölçümler için en güvenilir yöntem olduğu düşünülmektedir (23). Önceki çalışmalar kemik işaretlerin olduğu morfometrik ölçümlerde SEZ-MRG’nin güvenilir bir şekilde kullanılabilceğini göstermektedir (12, 23). Çalışmalar SEZ-MRG’nin BT’ye kıyasla daha düşük uzaysal çözünürlükte olsa da kemik morfolojisinin doğru şekilde görüntülenmesini sağladığını bildirmektedir (15, 20).

Kemik, ligament, nörovasküler yapıların birlikte değerlendirmesi ortopedi vakaları için önemlidir (211). Omuz cerrahisi rutin uygulamalarında tanı ve cerrahi planlamaya yönelik bilgilerin edinilmesi, genellikle yumuşak doku stabilizatörleri ve kemiksi iskeletin değerlendirilmesi için farklı kesitsel görüntü yöntemlerinin birlikte kullanılmasını gerektirmektedir (15). SEZ-MRG omuz bölgesi patolojilerinin tanısı ve cerrahi prosedürleri için gerekli bir inceleme bileşeni olan kemik yapıların görüntüler üzerinden değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmakta olan BT’ye gereksinimi azaltabilir veya ortadan kaldırabilir (14, 15).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmanın protokolü, kurumumuzun Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından etik açıdan uygun bulunmuştur (karar sayısı: 2023/01-49).

3.1. Örneklem Seçimi ve Hesabı

Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Radyoloji Ana Bilim Dalı'nda 01.07.2021-31.12.2022 tarihleri arasında yapılan ve sıfır eko zamanlı sekansı içeren omuz manyetik rezonans görüntüleme incelemeleri üzerinde retrospektif olarak yapıldı. On sekiz yaşından büyük hastalar çalışmaya dahil edildi. Görüntü kalitesi bozuk veya hareket artefaktı bulunan görüntülerin bulunmasının yanı sıra cavitas glenoidalis'i içeren kırık ve geçirilmiş omuz ameliyatı hariç tutma kriterleri olarak belirlendi. Tarih aralığı içerisinde hastanın birden fazla MRG incelemesi olması durumunda, son yapılan inceleme çalışmaya dahil edilmiştir.

Çalışma tanımlayıcı türde olup, incelenecek hasta sayısı aşağıda belirtilen, kitle ortalamasının kestiriminde kullanılacak örneklem büyüklüğü formülü ile kullanılarak kestirilmiştir.

$$n = \frac{z_{1-\alpha/2}^2 \times \sigma^2}{d^2}$$

Kestirimde güven düzeyi 0,95 olarak belirlenmiş olup buna karşılık gelen z skoru ($z_{1-\alpha/2}$) 1,96'dır. Çalışma planlaması sırasında 30 hasta üzerinde yapılan pilot MRG inceleme çalışması sonucunda n. axillaris ile cavitas glenoidalis'in inferior kenarı arası mesafe standart sapması (σ) 3,7 mm olarak saptanmıştır. 0,5 birimlik hoşgörü miktarı (d) dikkate alınarak örneklem büyüklüğü 210,37 olarak hesaplanmış, dışlama kriterlerine sahip görüntüler çıkarılarak 01.07.2021 tarihinden itibaren ilk 211 hastanın MRG incelemeleri çalışmaya dahil edilmiştir.

3.2. Görüntüleme Yöntemi

Omuz manyetik rezonans görüntüleri 3.0 Tesla MRG cihazından (Signa Architect; GE Healthcare) özel yüzey sargısı kullanılarak elde edilmiştir. Manyetik rezonans görüntüleri, izotropik (1 x 1 x 1 -mm voksel boyutunda) 3 boyutlu sıfır eko zamanlı sekansın yanında standart protokol olan T1A ve yağ baskılı T2A sagittal oblik sekanslar, yağ baskılı T2A koronal oblik ve aksiyel sekanslar ve PDA aksiyel sekansı içeriyordu. SEZ sekansın parametreleri şu şekildeydi: tekrarlama süresi (TR), 1-2 ms; eko zamanı (TE), 8 µs; sapma açısı, 1° veya 2°; görüntü alanı (FOV), 18 cm; bant genişliği, 62,5 kHz; sekans süresi, 4 dakika 18 saniye. Görüntüleme supin pozisyonunda ve ilgili tarafın avuç içi gövdeye bakacak pozisyonda iken yapıldı.

Rutin omuz MRG'de cavitas glenoidalis'in inklinasyon ve versiyon açısına göre tarama yapılmaması nedeniyle cavitas glenoidalis'in, longitudinal eksenine ile aynı hizada olmayan kesit açılarında en uygun şekilde görüntülenmesi yapılamamaktadır (212). Scapula görüntüsünün nötr veya ideal konumu cavitas glenoidalis'in kesit düzlemine dik olarak hizalanmasıdır (213, 214). Bu çalışmada cavitas glenoidalis açılara uygun görüntüler oluşturmak amacıyla görüntülerin aksiyel, koronal ve sagittal düzlemlerde yeniden düzenlenmesine olanak veren 3 boyutlu multiplanar reformatlama (3B-MPR) fonksiyonu kullanıldı. 3B-MPR'de düzlemlerden birinde değişiklik yapılması ile diğer iki düzlemdeki görüntü manipüle edildi. Bu şekilde cavitas glenoidalis açılara uygun standart görüntüler elde edilmesi planlandı.

3.3. Eğitim Oturumları

MRG'den reformat görüntüler elde edilmesi ve parametrelerin ölçümü ile ilgili farklı zamanlarda eğitim oturumları düzenlendi. Eğitim oturumlarında veri seti dışındaki hastalara ait görüntüler kullanıldı. Eğitim oturumları kas-iskelet sistemi radyolojisi konusunda 27 yıllık deneyime sahip radyoloji öğretim üyesi eşliğinde ve gözetiminde yapıldı.

3.3.1. 1. Aşama; Reformat Görüntü Oluşturma Eğitimi Oturumu

Yazılım kullanma ve reformat görüntü oluşturmayı içeren ve 1 gün süren eğitim oturumunda anatomi araştırma görevlisi eğitici kontrolünde öğrenim hedeflerini tekrarladı. Oturumdan sonraki birinci, üçüncü ve beşinci günlerde araştırma görevlisi tarafından reformat görüntüler tek başına oluşturuldu ve takıldığı

adımlar eğiticiye danışılarak açıklığa kavuşturuldu. Takip eden hafta boş bırakıldı. Diğer haftanın birinci, üçüncü ve beşinci günlerinde eğitim oturumuna aynı şekilde devam edildi ve eğitim oturumunun ilk aşaması sonlandırıldı.

3.3.2. 2. Aşama; Parametrelerin Ölçüm Yöntemi Eğitim Oturumu

Oluşturulan reformat görüntülerin doğruluğu radyoloji öğretim üyesi tarafından değerlendirildikten sonra parametrelerin ölçümü ile ilgili ikinci bir eğitim oturumu düzenlendi. Radyoloji öğretim üyesi tarafından parametrelerin ölçüm yöntemi anatomi araştırma görevlisi (Değerlendirici-1) ve eğitiminde dördüncü yılını doldurmuş radyoloji araştırma görevlisine (Değerlendirici-2) gösterildi ve ölçümlerin doğru şekilde yapılıp yapılmadığını eğitici tarafından kontrol edildi.

Eğitim oturumu sonrasında rastgele seçilmiş 30 adet MRG üzerinde parametrelerin ölçümü hem radyoloji araştırma görevlisi hem de anatomi araştırma görevlisi tarafından bağımsız olarak gerçekleştirdi. Ölçüm sonuçlarının uyumu değerlendiriciler arası güvenilirlik testi ile değerlendirildi. Sınıf içi korelasyon katsayısı analizi (intraclass correlation coefficient [ICC]), iki yönlü karma etki modelinde tek ölçüm ve mutlak uyum temeline göre yapıldı. Test sonucu n. axillaris ile cavitas glenoidalis inferior kenarı arasındaki en yakın mesafe (Parametre 1), incisura scapulae konumundaki n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis superior kenarı arasındaki en yakın mesafe (Parametre 2) ve incisura spinoglenoidalis konumundaki n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis eklem yüzünün en derin noktası arasındaki en yakın mesafe (Parametre 3) parametrelerinin sınıf içi korelasyon katsayısı sırasıyla ICC:0,927(%95 CI, 0,854-0,964), ICC:0,934(%95 CI, 0,867-0,968) ve ICC:0,876(%95 CI, 0,757-0,939) olarak saptanmıştır (Tablo 3.1). ICC değerinin 0,50'den küçük olduğu değerler zayıf güvenilirliği; 0,50 ile 0,75 arasındaki değerler orta düzeyde güvenilirliği; 0,76 ile 0,90 arasındaki değerler iyi güvenilirliği ve 0,90'dan büyük değerler mükemmel güvenilirliği göstermektedir (215). İki değerlendirici tarafından ölçülen parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri (ortalama, standart sapma, en büyük ve en küçük değerler) Tablo 3.2'de gösterilmiştir. Parametrelerin ICC değerlerinin değerlendiriciler arası iyi veya mükemmel uyum göstermesi nedeniyle eğitim oturumunun ikinci aşaması sonlandırıldı.

Tablo 3.1. Değerlendiriciler arası güvenilirlik değerlendirmesinin sonuçları

| Parametreler | ICC | Güven Aralığı %95 Alt sınır - Üst sınır | p |
|--------------|-------|--|---------|
| Parametre 1 | 0,927 | 0,854 - 0,964 | < 0,001 |
| Parametre 2 | 0,934 | 0,867 - 0,968 | < 0,001 |
| Parametre 3 | 0,876 | 0,757 - 0,939 | < 0,001 |

Parametre 1, n. axillaris ile cavitas glenoidalis inferior kenarı arasındaki en yakın mesafe; Parametre 2, incisura scapulae konumundaki n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis superior kenarı arasındaki en yakın mesafe; Parametre 3, incisura spinoglenoidalis konumundaki n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis eklem yüzünün en derin noktası arasındaki en yakın mesafe; ICC, intraclass correlation coefficient (sınıf içi korelasyon katsayısı).

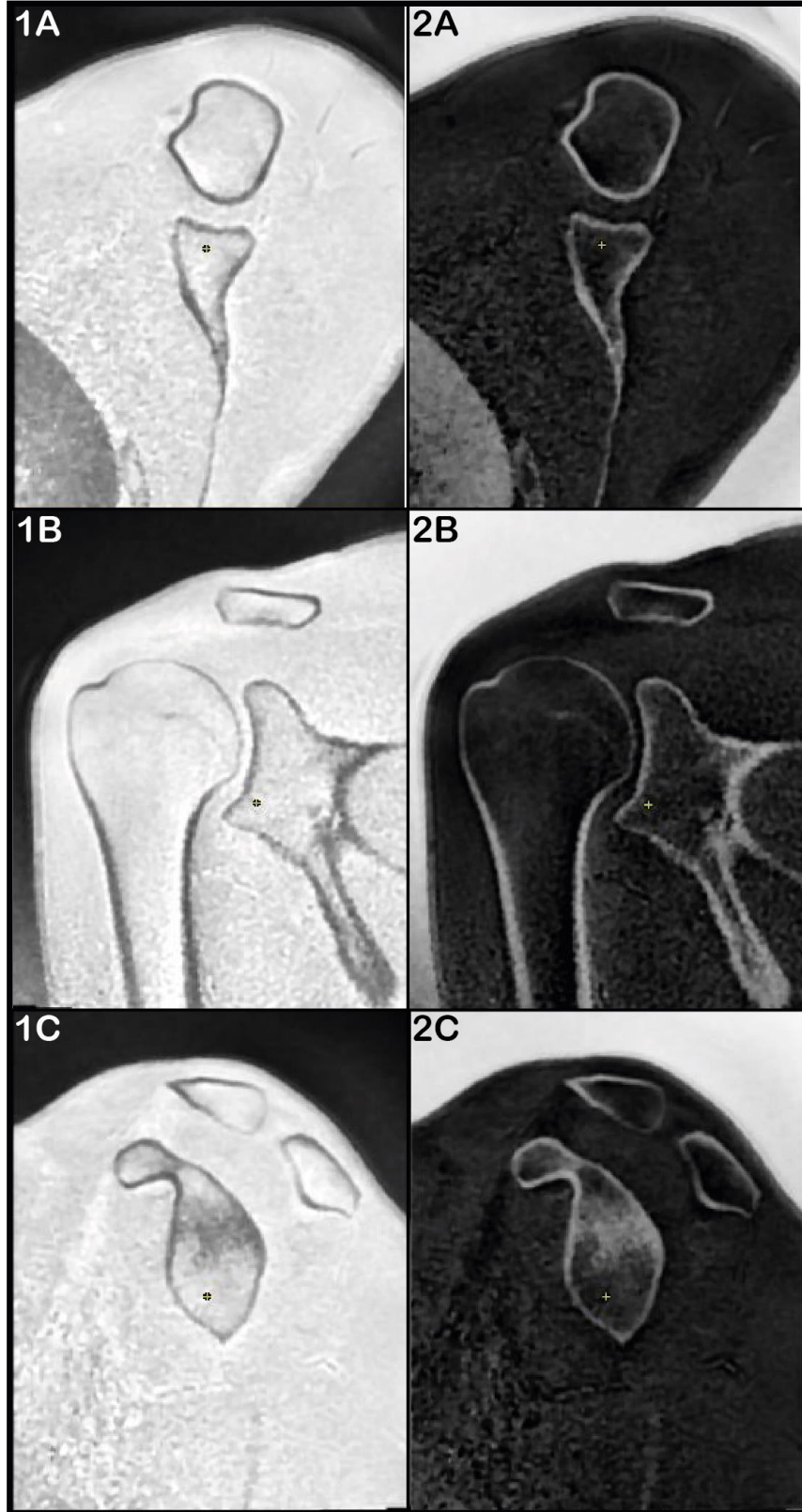
Tablo 3.2. İki değerlendiricinin ölçümlerinin tanımlayıcı istatistiksel analizleri

| Parametreler | Ortalama ± Standart Sapma (En küçük - En büyük değerler) (mm) | |
|--------------|---|-------------------------------|
| | Değerlendirici-1 | Değerlendirici-2 |
| Parametre 1 | 14,77 ± 4,28 (6,6 - 25,4) | 15,06 ± 4,24 (6,9 - 23,8) |
| Parametre 2 | 28,14 ± 4,48 (16,9 - 38,8) | 27,80 ± 4,12 (17,1 - 36,3) |
| Parametre 3 | 13,96 ± 4,34 (6,8 - 23,9) | 14,13 ± 4,25 (8,2 - 24,0) |

Parametre 1, n. axillaris ile cavitas glenoidalis inferior kenarı arasındaki en yakın mesafe; Parametre 2, incisura scapulae konumundaki n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis superior kenarı arasındaki en yakın mesafe; Parametre 3, incisura spinoglenoidalis konumundaki n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis eklem yüzünün en derin noktası arasındaki en yakın mesafe.

3.4. Reformat Görüntü Oluşturma Yöntemi

Çalışmaya dahil edilen hastalara ait SEZ-MRG görüntüleri öncelikle kurumumuzun görüntü arşivleme ve iletişim sisteminden web tabanlı iş istasyonuna (AW software, version 2.3, General Electric) aktarıldı. Sistemde ham olarak bulunan görüntüler ters gri tonlamalı haline dönüştürülerek BT benzeri görüntüleri elde edildi (Şekil 3.1).



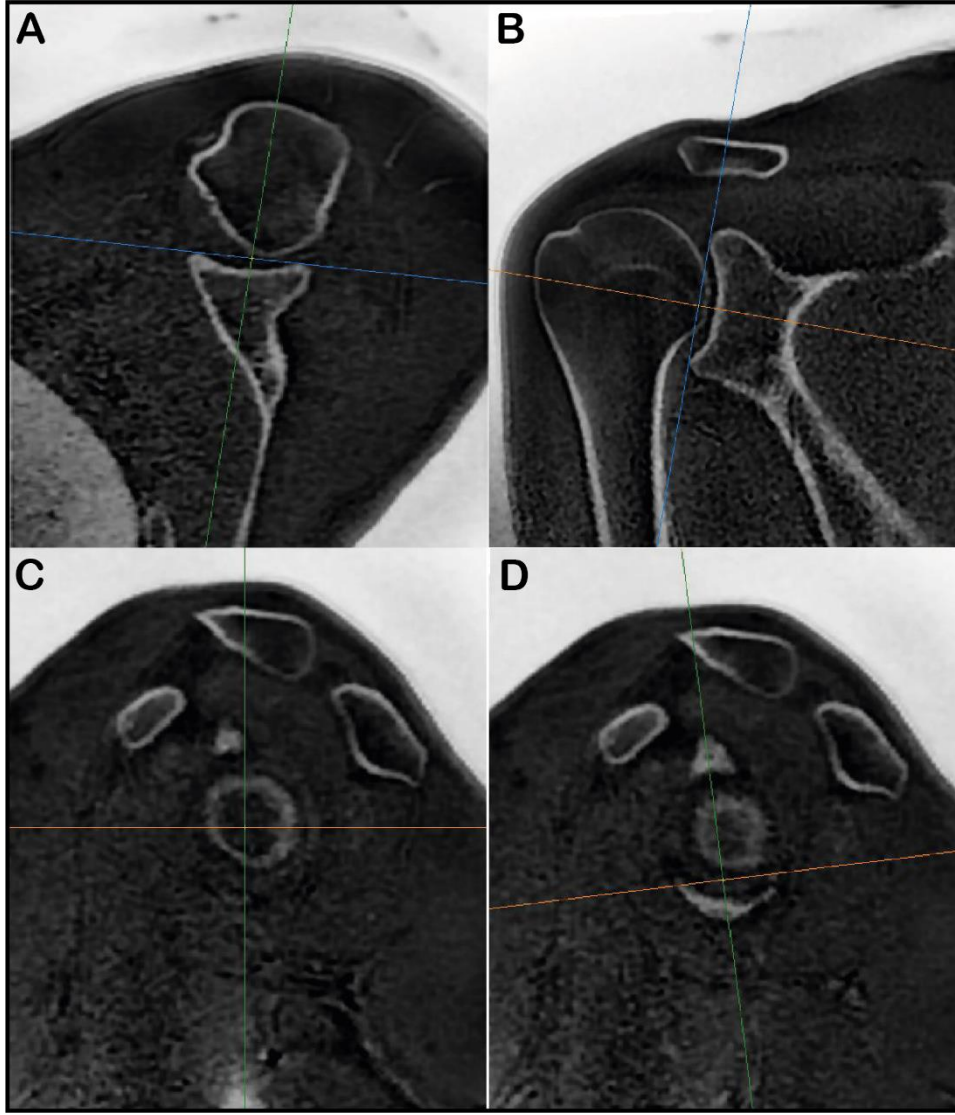
Şekil 3.1. Sıfır eko zamanlı sekansı içeren manyetik rezonans görüntüleri, elde edilen ham SEZ-MRG (1.sütun), ters gri tonlamalı BT benzeri görüntüleri (2.sütun), A; Aksiyel, B; Koronal, C; Sagittal görüntüler.

Cavitas glenoidalis morfolojisinin değişkenlik göstermesi ve tam bir geometrik Şekil ile açıklanamadığı için glenoid uzun ve kısa eksenlerinin 2 boyutlu standart kesitsel görüntüleri ile doğru bir Şekilde belirlenmesi mümkün değildir. Bu nedenle eksenlerinin daha doğru Şekilde belirlenebilmesi ve cavitas glenoidalis'e karşıdan bakılacak Şekilde görünmesine olanak sağlayacak Şekilde düzlemler manipüle edildi.

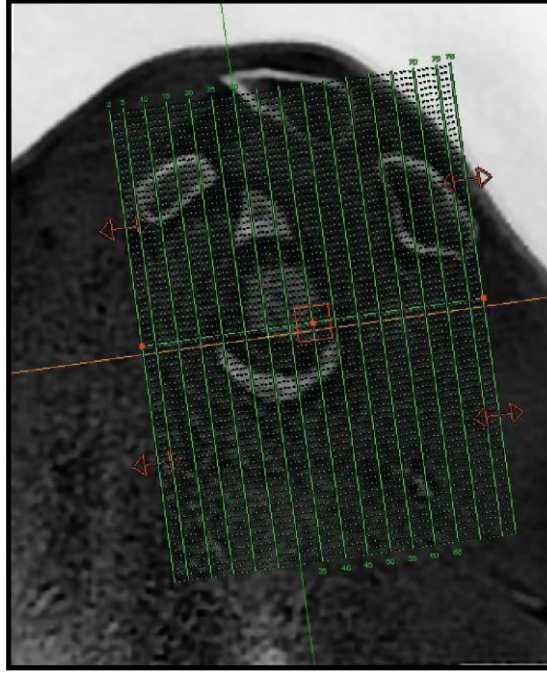
Bunun için öncelikle aksiyel görüntü serisi üzerinde cavitas glenoidalis çapının en büyük olduğu görüntü üzerinde, kesit düzleminin cavitas glenoidalis kenarlarına teğet geçecek Şekilde glenoid versiyon açısına uygun olarak hizalandı. Ardından koronal görüntü serisinde cavitas glenoidalis kesit çapının en büyük olduğu kesit üzerinde, glenoid inklinasyonuna uygun, glenoid kenarlarına teğet geçecek Şekilde hizalandı. Sagittal görüntü serisinde cavitas glenoidalis'e karşıdan bakan görüntü taslağı oluşturuldu (Şekil 3.2).

Oluşturulan sagittal oblik görüntü serisi üzerinde cavitas glenoidalis eklem yüzü bir daireye benzetilerek, bu daireye en uygun yerleŐecek sanal bir çember konumlandırıldı. Cavitas glenoidalis superior kenarı saat 12.00 noktası, inferior kenarı ise saat 6.00 noktası olarak tanımlandı. Ardından cavitas glenoidalis inferior kenarı ve superior kenarından geçen longitudinal kesit düzlemi ile bu düzleme dik transvers kesit düzlemi konumlandırıldı. Reformat görüntü için kılavuz olan görüntü yığıını ("batch") ızgarası bu iki eksene paralel olarak yerleŐtirildi ve cavitas glenoidalis, n. axillaris ve n. suprascapularis'i görüntü içerisine alacak Şekilde boyutlandırıldı (Şekil 3.3). Kesit dilimi 0.8 mm olacak Şekilde koronal oblik reformat görüntüleri oluşturuldu ve görüntü arşivleme ve iletişim sistemine kaydedildi.

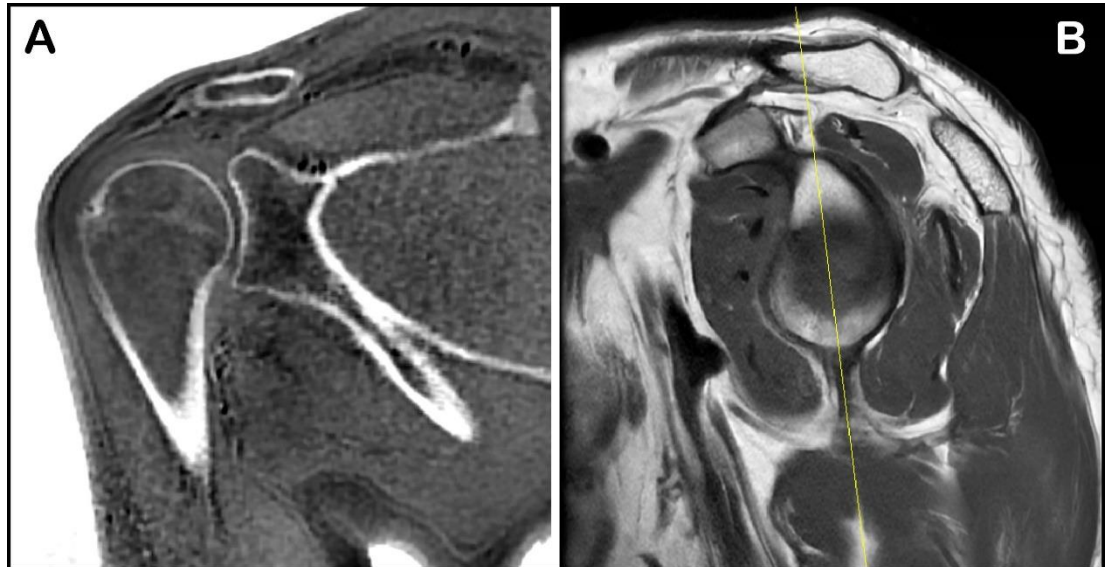
Reformat oluşturma işlemi anatomi araştırma görevlisi tarafından 1. eğitim oturumunun ardından gerçekleştirildi. Yapılan reformat görüntülerinin uygunluğu radyoloji öğretim üyesi tarafından yazılımın çapraz referanslama ayarı ile değerlendirildi ve uygun olmayan görüntüleri için bu işlem tekrarlandı (Şekil 3.4).



Şekil 3.2. Cavitas glenoidalis'in karşıdan bakılacak şeklinde görünmesi amacıyla yapılan 3 boyutlu multiplanar reformatlama işlemi. Aksiyel kesitsel görüntü serisi üzerinde cavitas glenoidalis'in çapının en büyük olduğu görüntü üzerinde cavitas glenoidalis kenarlarına teğet geçecek şekilde düzlem (mavi renkli) konumlandırıldı (A); koronal kesitsel görüntü serisi üzerinde cavitas glenoidalis çapının en büyük olduğu görüntü üzerinde cavitas glenoidalis üst ve alt kenarlarına teğet geçecek şekilde düzlem konumlandırıldı (B); cavitas glenoidalis kenarlarına teğet geçen düzlemler konumlandırıldıktan sonra elde edilen karşıdan bakış taslağı olan sagittal görüntü (C) ve karşıdan bakış taslağı üzerinde düzlemin cavitas glenoidalis en üst ve en alt kenarından geçecek şekilde (yeşil düzlem) ve bu düzleme dik diğer düzlemin (turuncu düzlem) yeniden konumlandırılması ile amaçlanan cavitas glenoidalis düzlemlerine uygun görüntü oluşturuldu (D).



Şekil 3.3. Reformat görüntü yığını (“batch”) ızgarasının konumlandırılmasının gösterimi, Yığın ızgarası cavitas glenoidalis superior ve inferior kenarlarından geçen düzleme (yeşil renkli düzlem) ve bu düzleme dik diğer düzleme (turuncu renkli düzlem) paralel olarak şekilde konumlandırıldı. Daha sonra çalışma alanını kapsayacak şekilde boyutlandırıldı. Koronal reformat görüntülerin elde edilmesi için konumlandırılan yığın ızgaraları.



Şekil 3.4. Yapılan koronal reformat görüntülerin doğruluğunun çapraz referanslama ayarı ile değerlendirilmesi. A; koronal SEZ, B; sagittal T1A görüntüler.

3.5. Parametrelerin Ölçüm Yöntemi

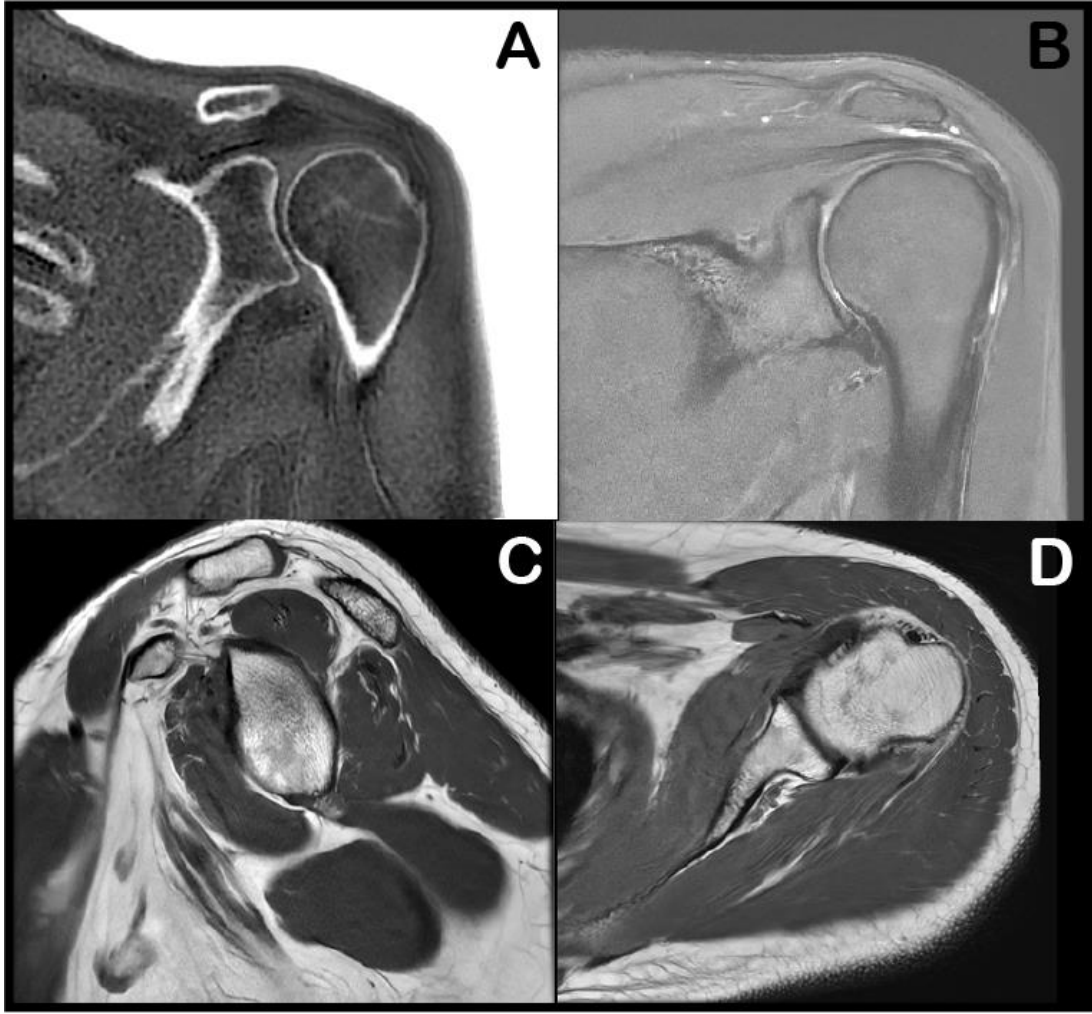
Triangülasyon ayarı kullanılarak SEZ ve konvansiyonel MRG sekanslı görüntülerde işaretlenen herhangi bir noktanın diğer görüntü üzerine yansıtılabilir (14). Bu şekilde konvansiyonel MRG sekansları ve SEZ görüntülerinin birbiri üzerinde karşılık gelen noktalarının tespit edilmesine olanak tanınması nedeniyle yumuşak doku ve kemik dokunun birlikte değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Cavitas glenoidalis inferior kenarı (saat 6.00 noktası) ve superior kenarı (saat 12.00 noktası) sabit konumu nedeniyle önemli bir anatomik referans noktasıdır (71). Bu çalışmada, n. axillaris ile cavitas glenoidalis inferior kenarı (saat 6.00 noktası) ile n. suprascapularis'in incisura scapulae'daki konumu ile superior kenar (saat 12.00 noktası) arasındaki en yakın mesafe ölçüldü. Ayrıca n. suprascapularis'in incisura spinoglenoidalis'teki seyri sırasında cavitas glenoidalis eklem yüzünün en derin noktasına izdüşümsel mesafesi ölçüldü.

Tüm ölçüm parametreleri için tıbbi ekran 4 pencere ayrıldı. Sol üstte koronal SEZ, sağ üstte koronal T2A, sol altta sagittal T1A, sağ altta aksiyel PDA olmak üzere konumlandırıldı (Şekil 3.5). İhtiyaç olması durumunda standart protokolde olan sekanslardan da faydalanıldı. Görüntüler 1x veya 2x yaklaştırma ayarı kullanılarak incelendi (Şekil 3.6).

3.5.1. Nervus axillaris Mesafe Parametresi

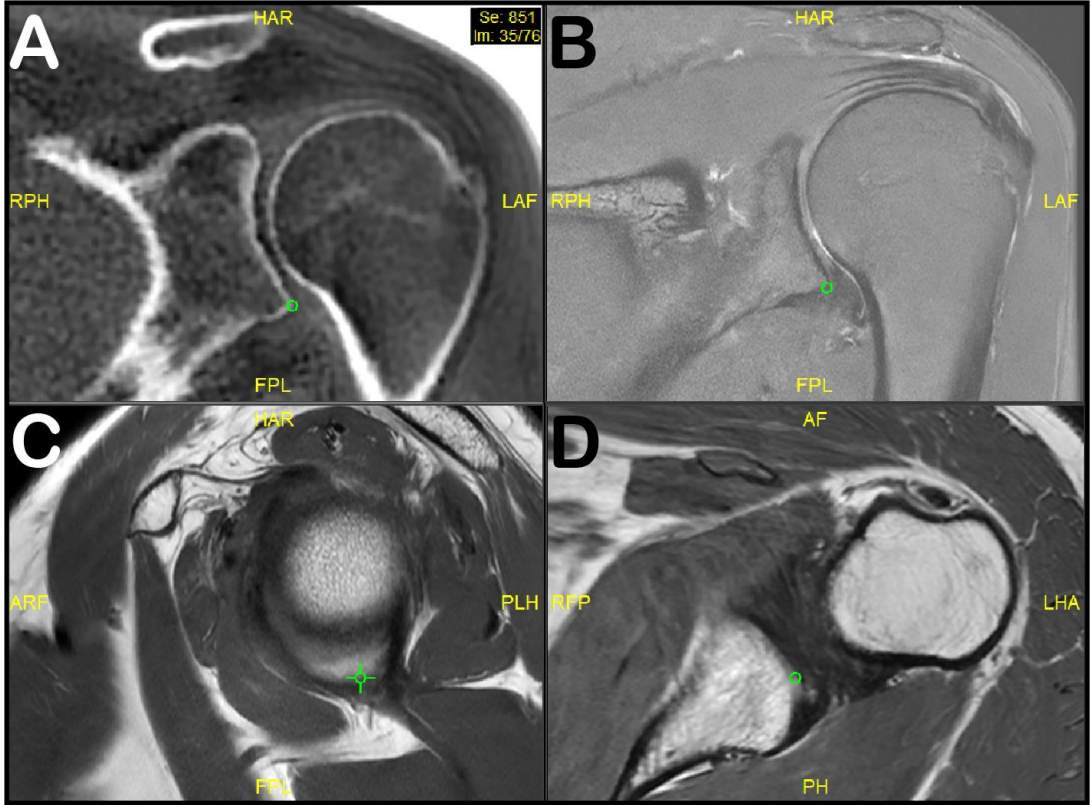
Sagittal MRG üzerinde cavitas glenoidalis'in inferior kenarının görüldüğü kesitte cavitas glenoidalis inferior kenarı (saat 6.00 noktası) triangülasyon ayarı ile işaretlendi. Bu şekilde koronal SEZ-MRG üzerinde ölçümün yapılacağı görüntü numarası belirlendi (Şekil 3.7). Ardından sagittal T1A görüntüleri üzerinde n. axillaris'in cavitas glenoidalis inferior kenarına en yakın seyreden noktası triangülasyon ile işaretlendi. Bu şekilde koronal SEZ-MRG üzerinde sinirin konumu belirlendi ve ölçümün yapılacağı görüntü numarasında n. axillaris ile inferior kenar arasındaki en yakın mesafe ölçüldü (Şekil 3.8). N. axillaris'in dallanma paterni bireysel olarak değişiklik göstermesi nedeniyle cavitas glenoidalis inferior kenarına en yakın konumda olan gövde ya da daldan ölçüm yapıldı (Şekil 3.9).



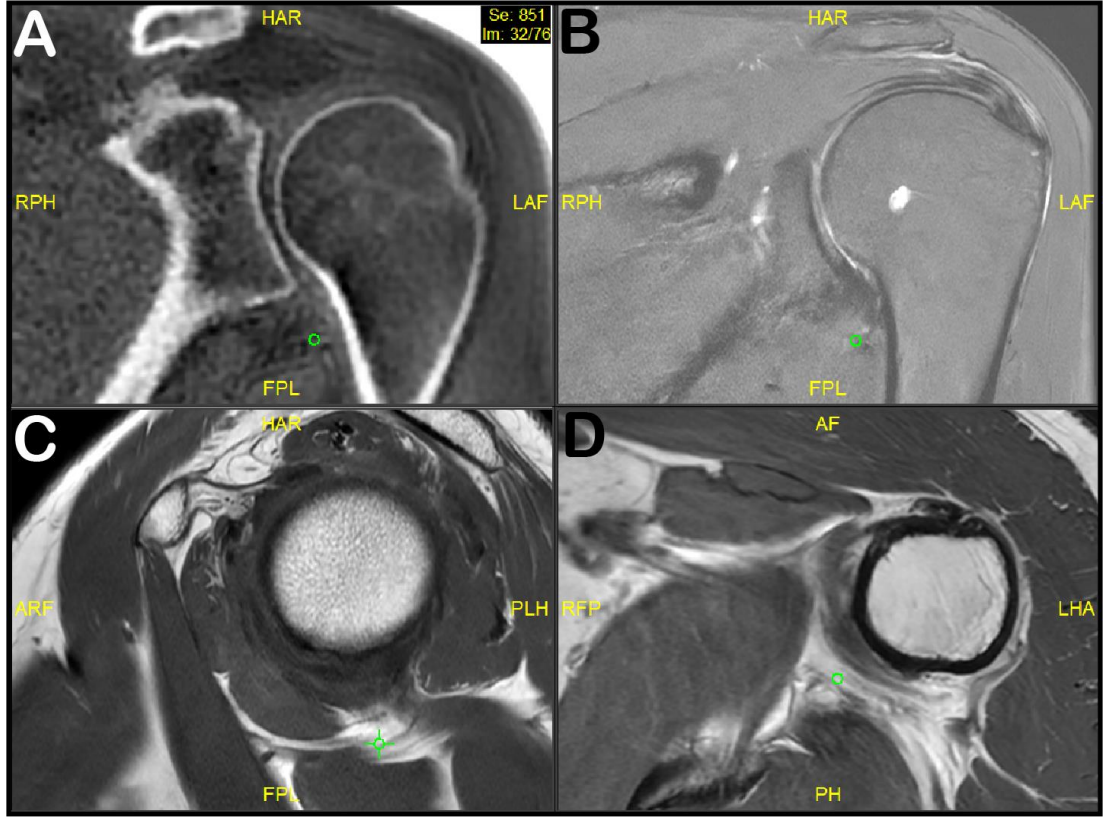
Şekil 3.5. Ölçümün yapıldığı ekran penceresinin görüntüsü. Tıbbi ekran 4 pencereye bölündü, ihtiyaç olması durumunda standart protokolde bulunan diğer sekanslardan da faydalanıldı. A; koronal SEZ, B; yağ baskılı koronal T2A, C; sagittal T1A, D; aksiyel PDA görüntüleri.



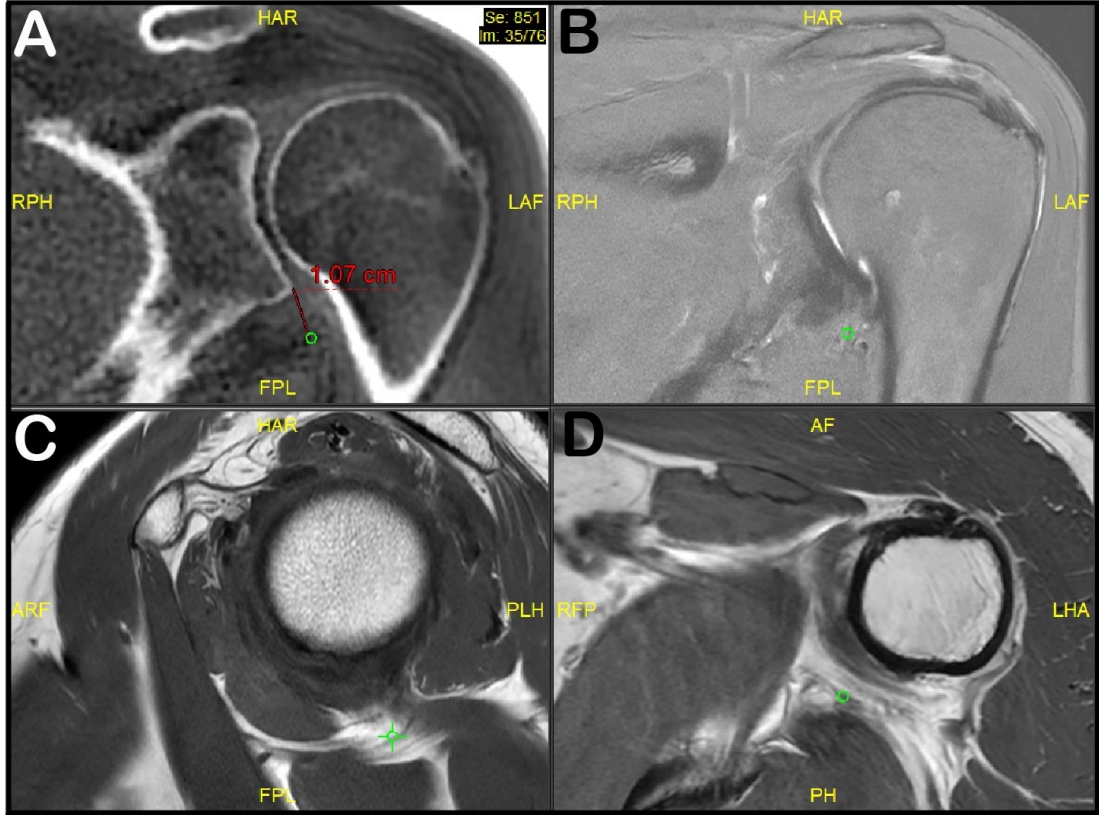
Şekil 3.6. Yaklaştırma ayarı yapıldıktan sonraki ekran görüntüsü. Sinirlerin seyri ile ilgili değerlendirmeler ve ölçümler 1x veya 2x yaklaştırma ayarı kullanılarak yapıldı. A; koronal SEZ, B; yağ baskılı koronal T2A, C; sagittal T1A, D; aksiyel PDA görüntüleri (SEZ-MRG 1x, diğer sekanslar 2x yaklaştırma ayarında)



Şekil 3.7. Ölçümün yapılacağı SEZ-MRG kesitinin belirlenmesi adımı. Sagittal T1A MRG üzerinde cavitas glenoidalis inferior kenarının olduğu görüntü üzerinde triangülasyon ayarı kullanılarak inferior kenarın işaretlenmesi (yeşil hedef işareti) (C) ile koronal SEZ-MRG üzerinde ölçümün yapılacağı görüntü numarasının [Im: 35/76] tespit edilmesi (A). A; koronal SEZ, B; yağ baskılı koronal T2A, C; sagittal T1A, D; aksiyel PDA görüntüleri.



Şekil 3.8. N. axillaris'in cavitas glenoidalis inferior kenarına en yakın olduğu konumunun belirlenmesi. Standart sekanslarda (B, C, D) n. axillaris seyri değerlendirildikten sonra sagittal T1A MRG üzerinde inferior kenara en yakın noktası triangülasyon ayarı ile işaretlendi (C) ve SEZ-MRG üzerinde o noktaya karşılık gelen nokta tespit edildi (A). A; koronal SEZ, B; yağ baskılı koronal T2A, C; sagittal T1A, D, aksiyel PDA görüntüleri.

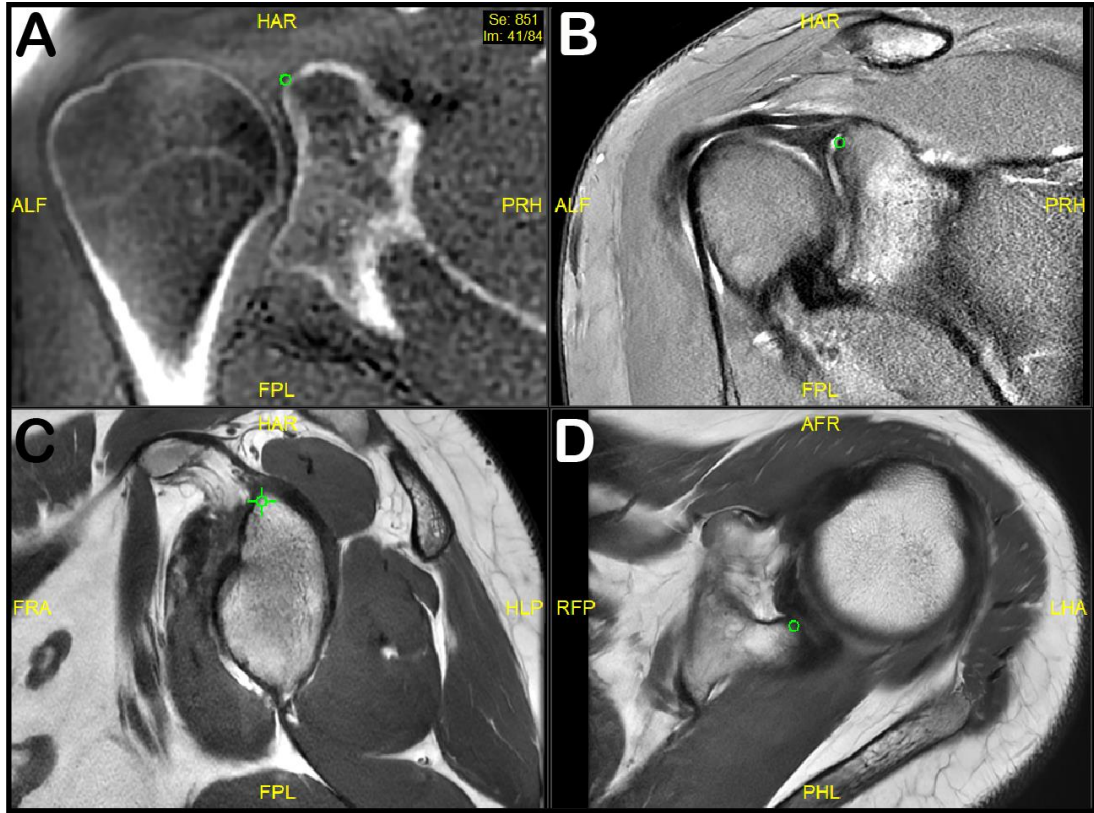


Şekil 3.9. N. axillaris ile cavitas glenoidalis inferior kenarı arası mesafenin ölçümü. N. axillaris inferior kenara en yakın noktası işaretlendikten sonra SEZ-MRG üzerinde ölçümün yapılacağı görüntü numarasına [Im: 35/76] getirildi ve ölçüm yapıldı. A; koronal SEZ, B; yağ baskılı koronal T2A, C; sagittal T1A, D, aksiyel PDA görüntüleri.

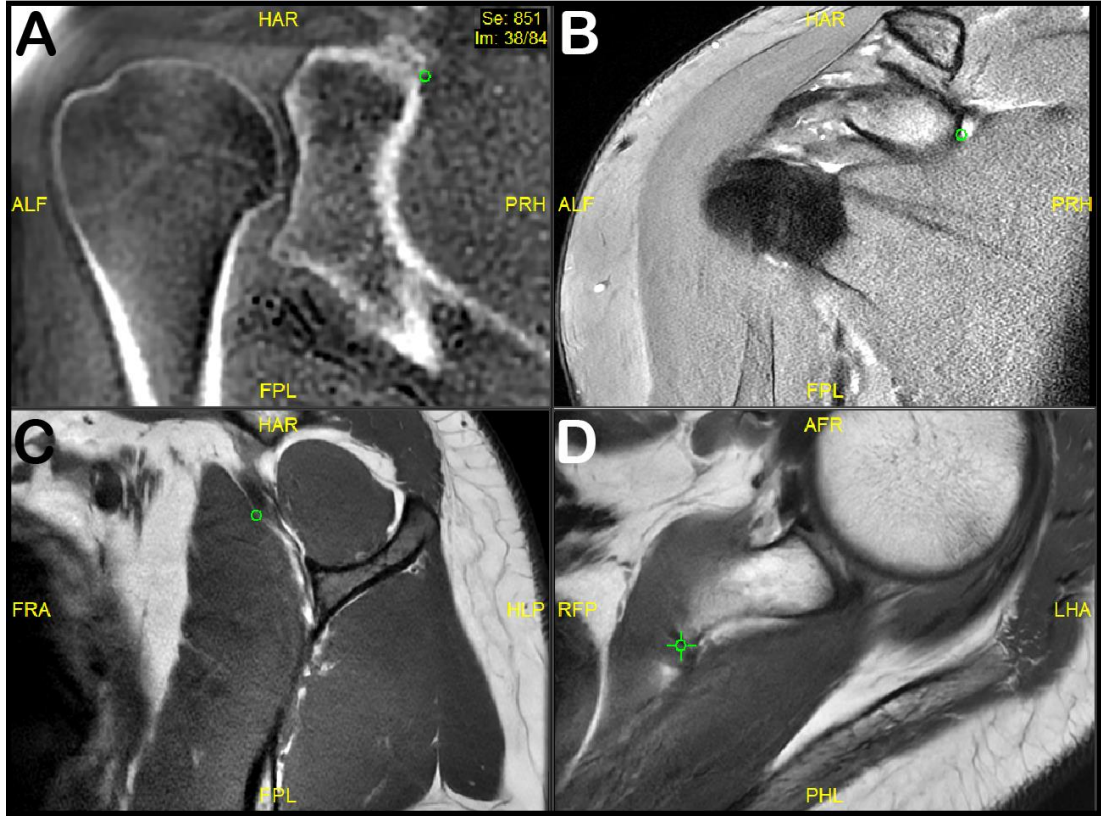
3.5.1. Nervus suprascapularis Mesafe Parametreleri

Cavitas glenoidalis superior kenarı ile n. suprascapularis'in incisura scapulae'da bulunduğu konum arasındaki en yakın mesafe parametresi için tıbbi ekran dört pencereye bölündü (Bkz. Şekil 3.5). Sagittal T1A MRG üzerinde cavitas glenoidalis'in superior kenarının görüldüğü kesitte superior kenar triangülasyon ayarı ile işaretlendi. Bu şekilde koronal SEZ-MRG üzerinde ölçümün yapılacağı görüntü numarası belirlendi (Şekil 3.10). Ardından aksiyel MRG'de n. suprascapularis'in incisura scapulae'da bulunduğu konum triangülasyon ayarı ile işaretlendi ve koronal SEZ-MRG üzerinde sinirin bulunduğu konum tespit edildi (Şekil 3.11). Koronal SEZ-MRG üzerinden cavitas glenoidalis superior kenarı ile n. suprascapularis arasındaki en yakın mesafe ölçüldü (Şekil 3.12).

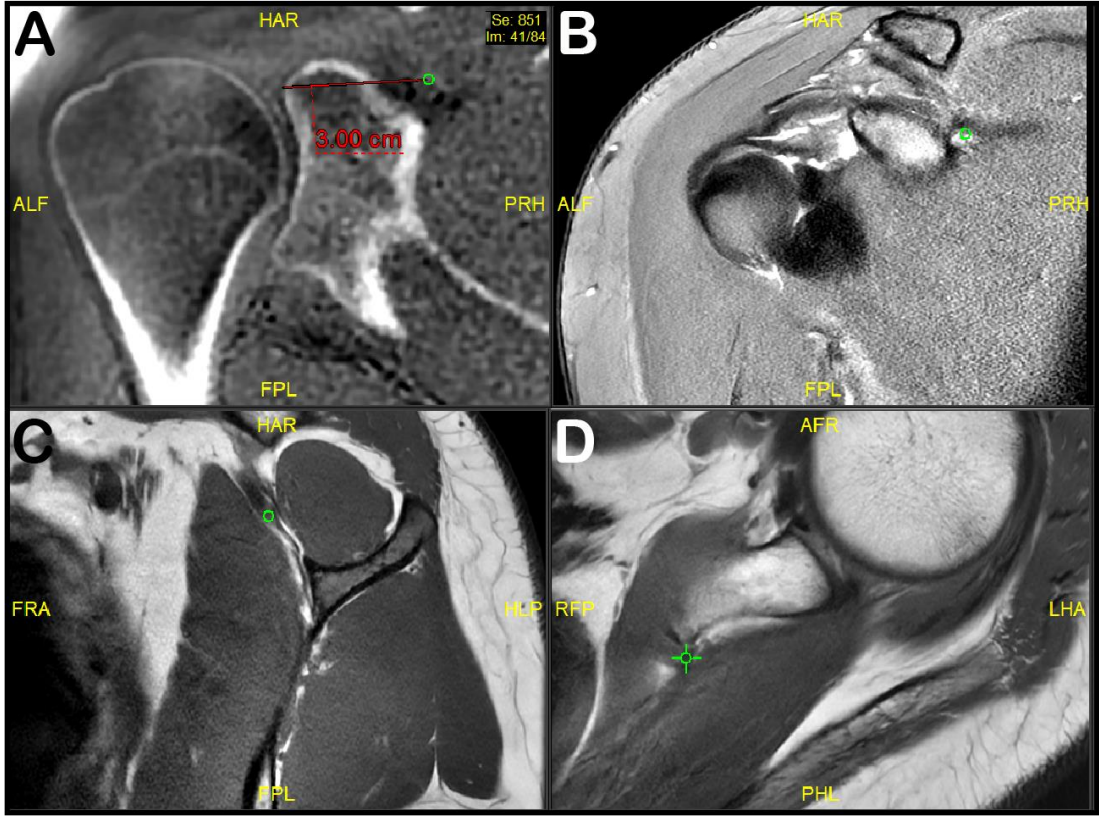
N. suprascapularis'in incisura spinoglenoidalis'teki konumu ile cavitas glenoidalis eklem yüzü ile arasındaki izdüşümsel mesafe ölçümü için sinirin seyri standart sekanslar ile değerlendirildikten sonra koronal T1A MRG üzerinde n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis'e en yakın olduğu nokta triangülasyon ayarı ile işaretlendi ve SEZ-MRG'de karşılık gelen noktası saptandı (Şekil 3.13). SEZ-MRG üzerinde işaretlenen nokta ile cavitas glenoidalis en derin noktası arasındaki izdüşümsel en yakın mesafe ölçüldü (Şekil 3.14).



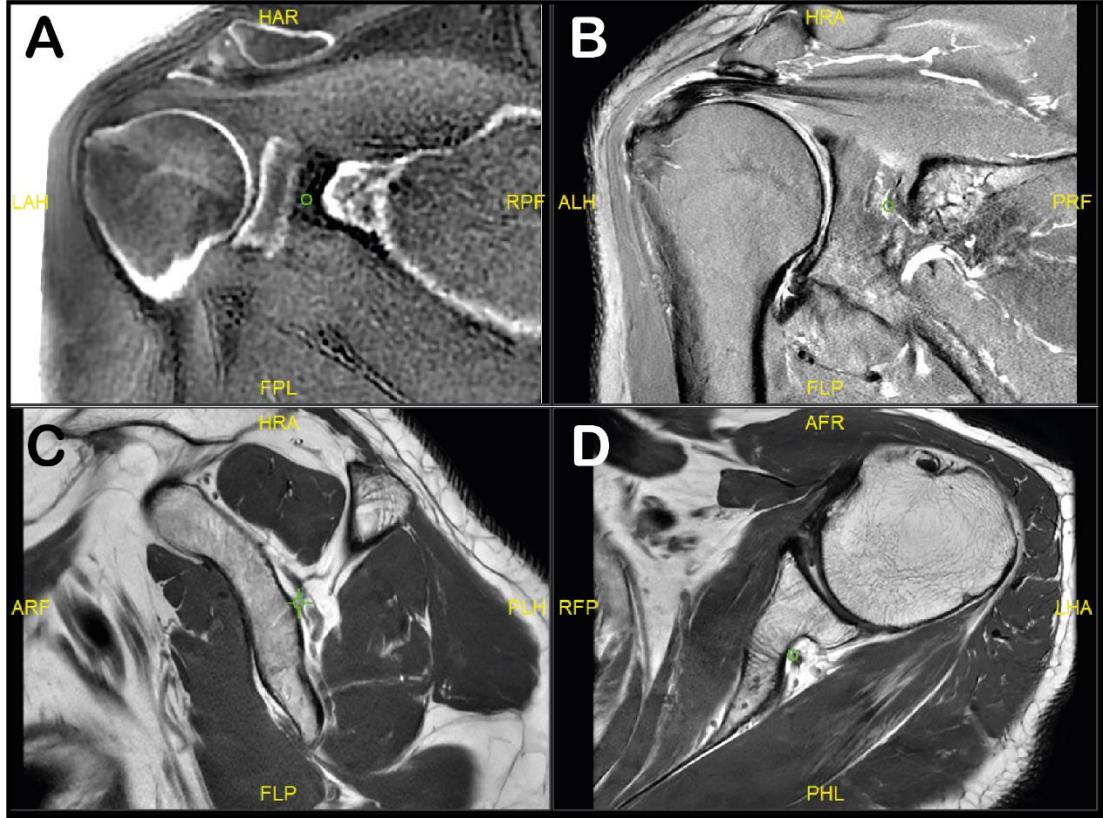
Şekil 3.10. Cavitas glenoidalis superior kenarı ile incisura scapulae konumundaki n. suprascapularis arasındaki mesafenin ölçüleceği görüntü numarasının tespiti. Sagittal T1A MRG üzerinde cavitas glenoidalis superior kenarının olduğu kesitte superior kenar triangülasyon ayarı ile işaretlendi (yeşil hedef işareti) (C) ve diğer görüntülerde işaretlenen noktaya karşılık gelen noktalar (yeşil çember) (A, B, D) saptandı. Bu şekilde SEZ-MRG üzerinde ölçümün yapılacağı görüntü numarası (A – sağ üst köşe [Im: 41/84]) tespit edildi. A; koronal SEZ, B; yağ baskılı koronal T2A, C; sagittal T1A, D; aksiyel PDA görüntüleri.



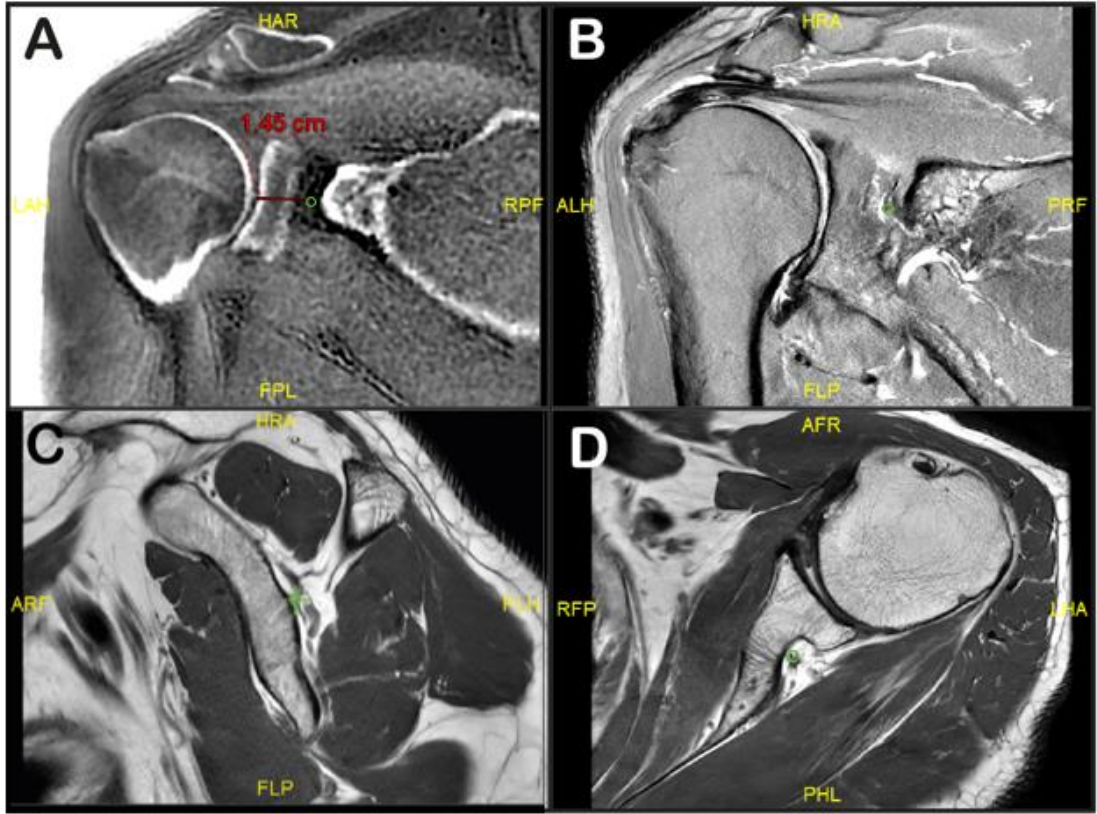
Şekil 3.11. N. suprascapularis'in incisura scapulae'dan geçerken cavitas glenoidalis'e en yakın olduğu konumun triangülasyon ayarı ile işaretlenmesi. Öncelikle aksiyel ve koronal MRG'de n. suprascapularis'in seyri değerlendirildi (B ve D), ardından aksiyel MRG üzerinde cavitas glenoidalis'e en yakın olduğu noktası triangülasyon ayarı ile işaretlendi (D), işaretlenen noktanın SEZ-MRG üzerindeki konumunun tespit edildi(A). A; koronal SEZ, B; yağ baskılı koronal T2A, C; sagittal T1A, D; aksiyel PDA görüntüleri.



Şekil 3.12. Daha önce tespiti yapılan nokta SEZ-MRG üzerinde ölçümün yapılacağı görüntü numarasına getirilerek (Im: 41/84) superior kenar ile arasındaki mesafenin ölçümü, A; koronal SEZ, B; yağ baskılı koronal T2A, C; sagittal T1A, D; aksiyel PDA görüntüleri.



Şekil 3.13. N. suprascapularis'in incisura spinoglenoidalis'te cavitas glenoidalis eklem yüzüne en yakın bulunduğu konumun saptanması. Sagittal T1A ve aksiyel PDA MRG üzerinde değerlendirilen n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis'e en yakın noktası triangülasyon ayarı ile işaretlendi (yeşil hedef işareti) (C), işaretlenen noktanın koronal SEZ-MRG üzerindeki konumu tespit edildi (yeşil çember), A; koronal SEZ, B; yağ baskılı koronal T2A, C; sagittal T1A, D; aksiyel PDA görüntüleri.



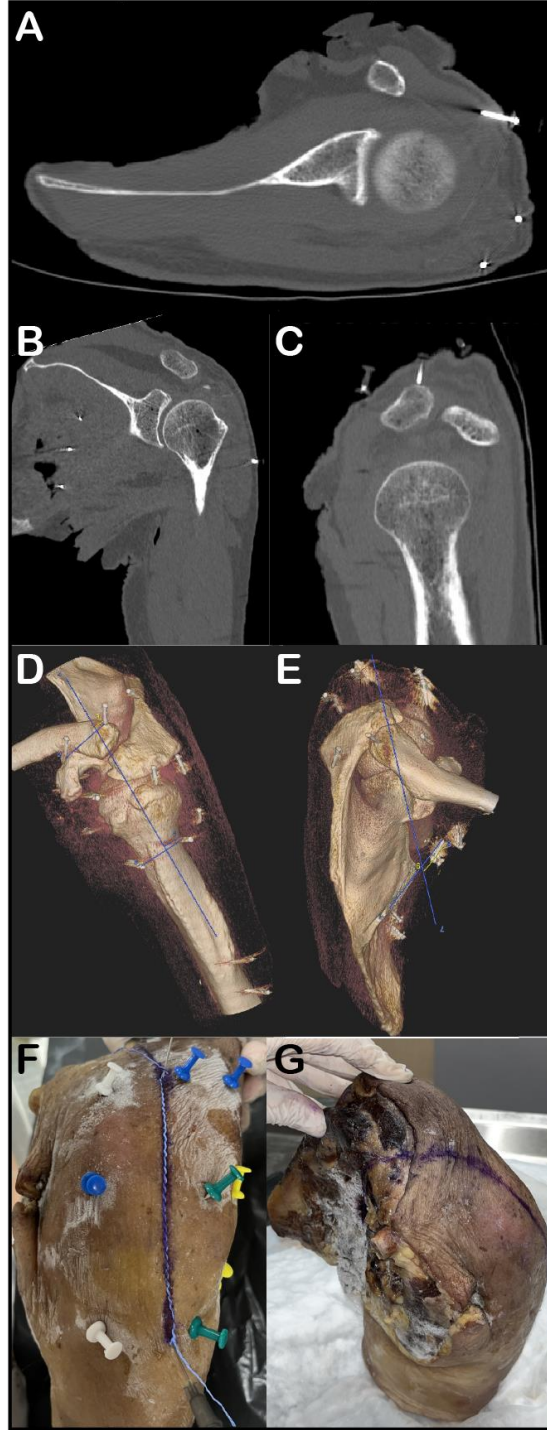
Şekil 3.14. Daha önce tespiti yapılan noktanın koronal SEZ-MRG üzerinde eklem yüzünün en derin noktasına en yakın mesafesinin ölçümü, A; koronal SEZ, B; yağ baskılı koronal T2A, C; sagittal T1A, D; aksiyel PDA görüntüleri.

3.6. Taze Donmuş Kadavra Görüntülemesi ve Kesit Alma Yöntemi

Çalışmada Anatomi Ana Bilim Dalı laboratuvarında bulunan 1 adet taze donmuş kadavra omuzun sıfır eko zamanlı sekansı içeren MRG ile incelenmesi için halihazırda -16°C 'de bulunan taze donmuş kadavra $+4^{\circ}\text{C}$ buzdolabında 24 saat bekletildikten sonra görüntüleme işlemi yapıldı. Omuz daha önce herhangi bir çalışmada ya da eğitim programında kullanılmadı. 63 yaş erkeğe ait olan sol omuzun belgelerinde ve kendisinde dışlama kriterlerine uyan omuz patolojisi ve cerrahi prosedüre dair bulguya rastlanılmadı.

MRG'yi takiben dokudan doğru şekilde kesit alınabilmesi için dokuya harita çivisi ile referans noktaları oluşturuldu ve BT görüntülemesi yapıldı (Şekil 3.14). Tarama sonrası dokunun parçalanmadan kesit alınabilmesi için -40°C dondurucuya tekrar konuldu ve 1 hafta bekletildi. Dondurulmuş omuz BT ile belirlenen referans noktalarından geçecek şekilde koronal olarak şerit testere makinesi (HNC Makina, İstanbul) ile kesildi. MRG kesitine uygun şekilde taze donmuş omuz kadavrası elde edildi.

SEZ-MRG'nin kemik morfolojiyi gösterme becerisini değerlendirmekte içib yukarıda açıklanan yöntem ile taze donmuş kadavranın SEZ-MRG incelemelerinin reformat görüntüsü oluşturuldu ve n. axillaris'in cavitas glenoidalis'in inferior kenarına en yakın mesafesi ölçüldü. Ardından kesit alınan taze donmuş kadavra üzerinde n. axillaris'in cavitas glenoidalis inferior kenarına en yakın mesafesi 0,01 mm hassasiyetli dijital kaliper ile ölçüldü.



Şekil 3.15. Uygun koronal kesit alınması için yapılan referans belirleme işlemi. Taze donmuş omuza harita çivileri ile referans noktalar oluşturulduktan sonra BT taraması gerçekleştirildi (A-B-C). BT görüntüleri ve oluşturulan 3D VRT (volume rendered technique) görüntülerinde referans noktalardan yararlanılarak cavitas glenoidalis'in superior ve inferior kenarından geçecek şekilde koronal kesit düzlemi oluşturuldu (D-E). Kesit düzlemi taze donmuş kadavra üzerinde işaretlendi (F-G).

3.7. İstatistiksel Yöntem

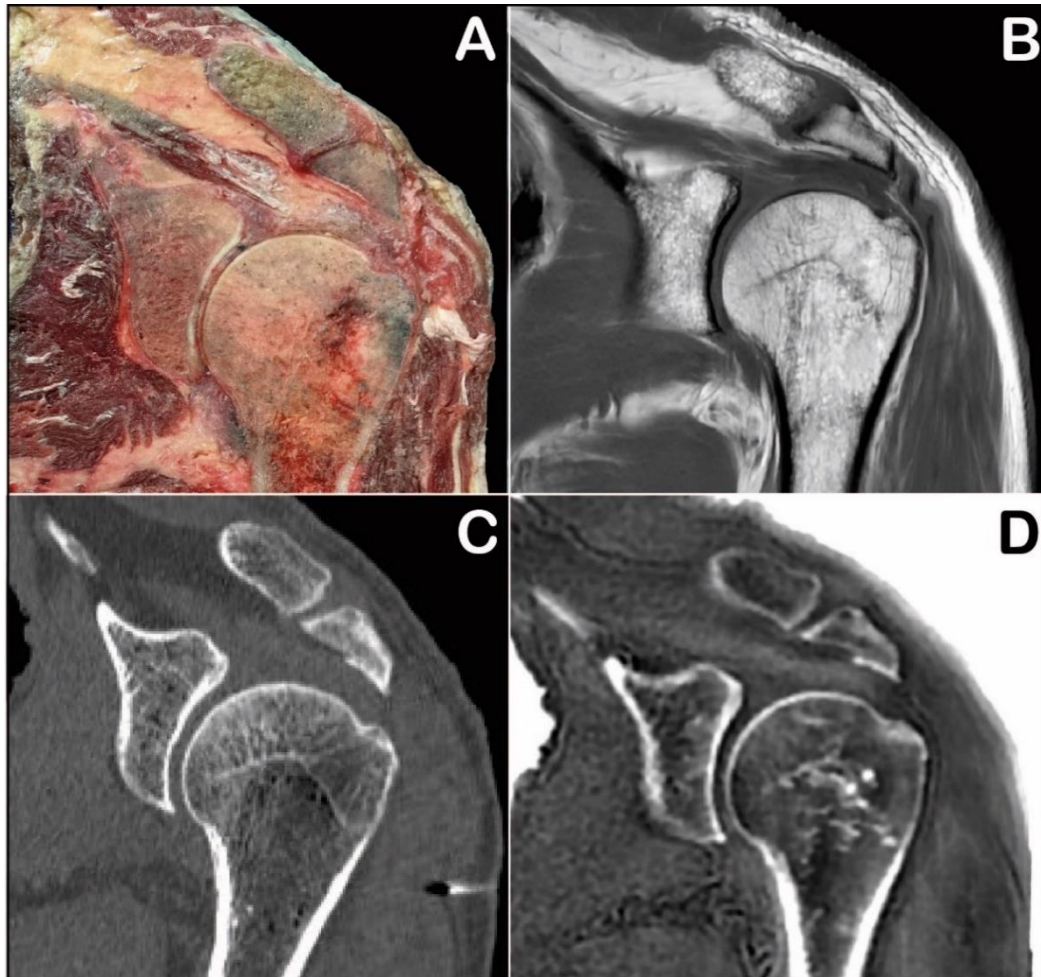
Elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistikleri ortalama, standart sapma, en büyük ve en küçük değer olarak hesaplandı. Parametrelerin normal dağılım gösterip göstermediği analitik yöntemler (Kolmogorov-Smirnov/Shapiro-Wilk testleri) ve histogram grafikleri ile değerlendirildi.

Cavitas glenoidalis anatomisinde oluşabilecek yaşa bağlı değişikliğin anatomik referans noktası olarak kullanılan noktalar ile sinir arasındaki mesafelerine etkisinin incelenmesi amacıyla 18-39 yaş (Grup-1), 40-59 yaş (Grup-2) ve 60 yaş ve üzeri (Grup-3) olarak hastalar gruplandırıldı ve bu gruplar arası farklılık olup olmadığı tek yönlü varyans analizi ile değerlendirildi. Parametrelerin taraf ve cinsiyet ile farklılık gösterip göstermediği bağımsız gruplar t testi ile değerlendirildi. P değerinin 0,05'ten küçük olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. İstatistiksel analizler SPSS versiyon 23 (Statistical Package for the Social Sciences, IBM Inc.) programı kullanılarak yapıldı.

4. BULGULAR

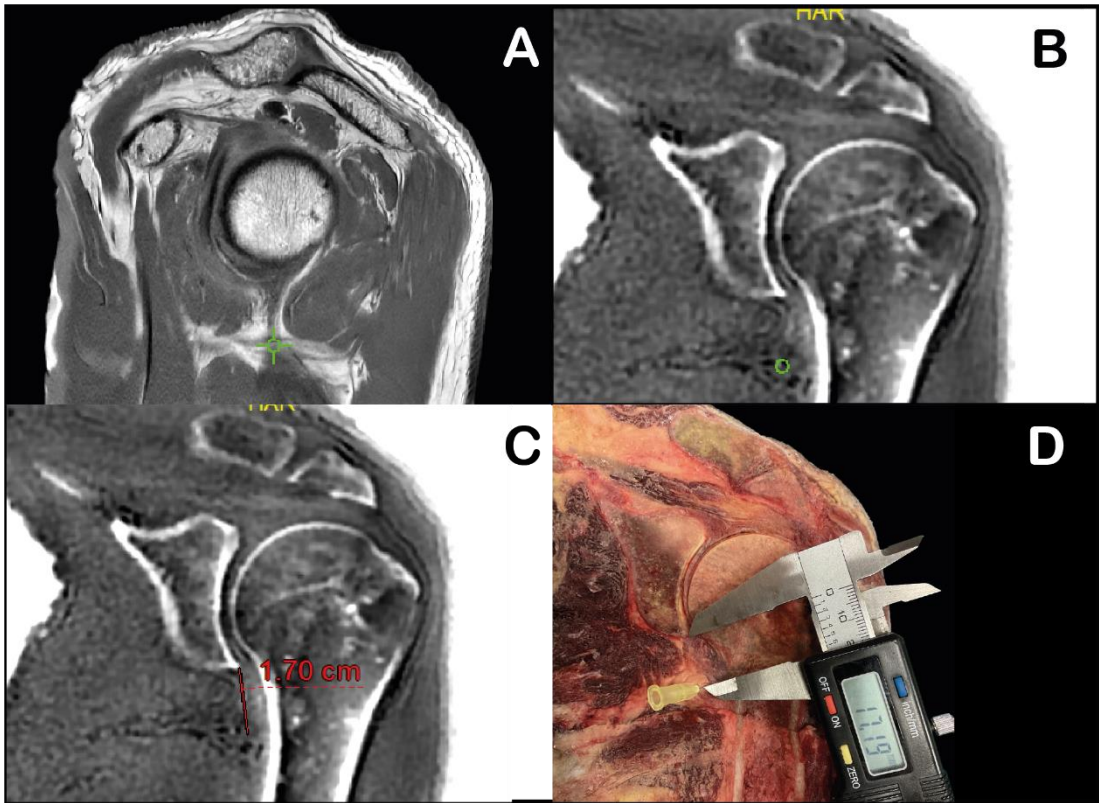
Radyoloji Ana Bilim Dalı'nda belirlenen tarihler arasında yapılan SEZ-MRG tetkiklerinden incelemeleri dışlama kriterlerine sahip görüntüler çıkarılarak 01.07.2021 tarihinden itibaren ilk 211 hastanın MRG incelemeleri çalışmaya dahil edilmiştir. Tarih aralığı içerisinde bir hastanın birden fazla MRG incelemesi olması durumunda, son yapılan inceleme çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen hastalara ait demografik özellikler, 147 kadın (%69,7), 64 erkek (%30,3), ortalama yaş $55,05 \pm 15,17$ (en küçük-en büyük değer;18-85)'ti. Görüntülerin 124'i sağ (%58,8), 87'si sol (%41,2) omuza aitti.

Altmış üç yaşında erkeğe ait koronal kesit alınan taze donmuş kadavra omuz ve bu kesite uygun MRG, BT ve SEZ-MRG görüntüleri Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Koronal kesit taze donmuş omuz ve kesite uygun MRG, BT ve SEZ MR görüntüleri. A, koronal kesit taze donmuş kadavra; B, T1A MRG; C, BT; D, SEZ-MRG.

Taze donmuş kadavra MRG ve SEZ-MRG incelemelerinde, n. axillaris'in cavitas glenoidalis'in inferior kenarına en yakın mesafe 1,70 cm olarak saptanmıştır. Ardından taze donmuş kadavra kesiti üzerinde 3x büyüteç altında değerlendirilen n. axillaris'in cavitas glenoidalis en yakın noktası enjektör ucu ile işaretlenmiştir. Taze donmuş kavadrada yapılan ölçümün sonumu 17,19 mm olarak saptanmıştır. Ölçümlerin birbiriyle uyumlu olduğu ve SEZ-MRG'nin kemik sınırları başarılı bir şekilde gösterdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.2. Taze donmuş kadavra omuz üzerinde ve SEZ-MRG üzerinde n. axillaris ile cavitas glenoidalis inferior'u arasındaki mesafenin ölçümü. Sagittal T1A MRG üzerinde n. axillaris'in cavitas glenoidalis'in inferior kenarına en yakın uzaklığı triangülasyon ayarı ile işaretlendi (A) ve reformat koronal SEZ-MRG üzerinde karşılık gelen nokta tespit edildi (B). Bu noktadan cavitas glenoidalis inferior kenarına en yakın mesafe ölçüldü (C), taze donmuş kadavra üzerinde 3x büyüteç altında değerlendirilen sinir konumu ile cavitas glenoidalis arasındaki mesafe dijital kaliper ile ölçüldü (D), A, sagittal T1A; B ve C, koronal SEZ-MRG; D, taze donmuş kadavra.

4.1. Nervus axillaris ile İlgili Bulgular

N. axillaris'in cavitas glenoidalis'in inferior kenarına en yakın mesafesi $15,11 \pm 3,81$ mm (en küçük-en büyük değer; 7,8-24,5 mm, ortalama için %95 güven aralığı; 14,59-15,63 mm) olarak hesaplandı. Mesafe kadınlarda ortalama $14,19 \pm 3,42$ mm, erkeklerde $17,22 \pm 3,85$ mm hesaplanmış olup bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). Yaş gruplarında (18-39 yaş, 40-59 yaş, 60 ve üstü) sırasıyla $14,63 \pm 3,34$ mm, $15,08 \pm 3,95$ mm ve $15,30 \pm 3,86$ mm hesaplanmış olup aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p = 0,700$). Sağ ve sol tarafta ölçülen mesafe sırasıyla $15,30 \pm 3,91$ mm, $14,85 \pm 3,69$ mm olup aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p = 0,400$) (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. N. axillaris'in cavitas glenoidalis inferior kenarına mesafesi ile taraf, cinsiyet ve mesafenin yaş grupları arasındaki farklılığı

| | | N | Ortalama \pm SS (mm) | Min - Maks (mm) | Güven Aralığı %95 | p |
|--------------|-------|-----|---------------------------|--------------------|----------------------|---------|
| Taraf | Sağ | 124 | $15,30 \pm 3,91$ | 7,8 - 24,5 | 14,60 - 15,99 | 0,400 |
| | Sol | 87 | $14,85 \pm 3,69$ | 8,0 - 23,8 | 14,06 - 15,63 | |
| Cinsiyet | Kadın | 147 | $14,19 \pm 3,42$ | 7,8 - 22,6 | 13,63 - 14,75 | < 0,001 |
| | Erkek | 64 | $17,22 \pm 3,85$ | 9,3 - 24,5 | 16,26 - 18,19 | |
| Yaş Grubu | 18-39 | 31 | $14,63 \pm 3,34$ | 7,8 - 23,2 | 13,41 - 15,85 | 0,700 |
| | 40-59 | 88 | $15,08 \pm 3,95$ | 8,8 - 24,5 | 14,25 - 15,92 | |
| | 60 + | 92 | $15,30 \pm 3,86$ | 8,0 - 24,3 | 14,10 - 16,10 | |
| Tüm Örneklem | | 211 | $15,11 \pm 3,81$ | 7,8 - 24,5 | 14,59 - 15,63 | |

4.2. Nervus suprascapularis ile İlgili Bulgular

Incisura scapulae konumundaki n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis'in superior kenarına en yakın mesafesi ortalama $28,98 \pm 3,23$ mm (en küçük-en büyük değer; 15,9-37,6 mm, ortalama için %95 güven aralığı; 28,54-29,42 mm) olarak hesaplandı. Mesafe kadınlarda ortalama $28,07 \pm 2,73$ mm, erkeklerde $31,06 \pm 3,35$ mm olarak hesaplanmış olup bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). Yaş gruplarında (18-39 yaş, 40-59 yaş, 60 ve üstü) sırasıyla $29,36 \pm 2,85$ mm, $29,11 \pm 3,12$ mm ve $28,73 \pm 3,47$ mm olarak hesaplanmış olup, yaş grupları arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p = 0,573$). Sağ ve sol tarafta ölçülen mesafe sırasıyla $28,71 \pm 3,22$ mm, $29,37 \pm 3,24$ mm olup aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p = 0,145$) (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Incisura scapulae konumundaki n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis superior kenarına en yakın mesafesi ile taraf, cinsiyet ve yaş grupları arasındaki farklılığı

| | | N | Ortalama ± SS (mm) | Min - Maks (mm) | Güven Aralığı %95 | p |
|---------------------|--------------|-----|--------------------|-----------------|-------------------|---------|
| Taraf | Sağ | 124 | 28,71 ± 3,22 | 15,9 - 36,9 | 28,14 - 29,28 | 0,145 |
| | Sol | 87 | 29,37 ± 3,24 | 20,9 - 37,6 | 28,68 - 30,06 | |
| Cinsiyet | Kadın | 147 | 28,07 ± 2,73 | 15,9 - 34,2 | 27,63 - 28,52 | < 0,001 |
| | Erkek | 64 | 31,06 ± 3,35 | 22,8 - 37,6 | 30,23 - 31,90 | |
| Yaş Grubu | 18-39 | 31 | 29,36 ± 2,85 | 24,3 - 34,7 | 28,32 - 30,41 | 0,573 |
| | 40-59 | 88 | 29,11 ± 3,12 | 22,8 - 37,6 | 28,44 - 29,77 | |
| | 60 + | 92 | 28,73 ± 3,47 | 15,9 - 35,7 | 28,01 - 29,45 | |
| Tüm Örneklem | | 211 | 28,98 ± 3,23 | 15,9 - 37,6 | 28,54 - 29,42 | |

Incisura spinoglenoidalis konumundaki n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis eklem yüzüne izdüşümsel en yakın mesafesi ortalama 13,33±2,67 mm (en küçük-en büyük değer; 8,0-24,5, ortalama için %95 güven aralığı; 12,98-13,33 mm) olarak hesaplandı. Mesafe kadınlarda ortalama 13,67±2,70 mm, erkeklerde 13,19±2,66 mm hesaplanmış olup istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (p = 0,224). Yaş gruplarında (18-39 yaş, 40-59 yaş, 60 ve üstü) sırasıyla 13,40±2,87 mm, 13,81±2,86 mm ve 12,84±2,32 mm olarak hesaplanmış olup yaş grupları arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır (p = 0,052). Sağ ve sol tarafta ölçülen mesafe sırasıyla 13,08±2,60 mm, 13,69±2,74 mm olup aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır (p = 0,052) (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Incisura spinoglenoidalis konumundaki n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis eklem yüzüne izdüşümsel en yakın mesafesi ile taraf, cinsiyet ve yaş grupları arasındaki farklılığı

| | | N | Ortalama ± SS (mm) | Min - Maks (mm) | Güven Aralığı %95 | p |
|---------------------|--------------|-----|--------------------|-----------------|-------------------|-------|
| Taraf | Sağ | 124 | 13,08 ± 2,60 | 8,2 - 24,5 | 12,64 - 13,57 | 0,109 |
| | Sol | 87 | 13,69 ± 2,74 | 8,0 - 24,3 | 13,10 - 14,27 | |
| Cinsiyet | Kadın | 147 | 13,67 ± 2,70 | 8,2 - 24,5 | 12,76 - 13,63 | 0,224 |
| | Erkek | 64 | 13,19 ± 2,66 | 8,0 - 24,3 | 13,01 - 14,36 | |
| Yaş Grubu | 18-39 | 31 | 13,40 ± 2,87 | 9,3 - 24,3 | 12,38 - 14,49 | 0,052 |
| | 40-59 | 88 | 13,81 ± 2,86 | 8,2 - 24,5 | 13,22 - 14,44 | |
| | 60 + | 92 | 12,84 ± 2,32 | 8,0 - 18,4 | 12,85 - 13,33 | |
| Tüm Örneklem | | 211 | 13,33 ± 2,67 | 8,0 - 24,5 | 12,98 - 13,71 | |

5. TARTIŞMA

5.1. Nervus axillaris ile İlgili Tartışmalar

Omuza yönelik cerrahi girişimlerde iyatrojenik n. axillaris hasarı riski vardır. Doğrudan sinir hasarı yanı sıra ekartör kullanımına veya hematoma bağlı sinir basısı, vasküler yaralanma, implant veya sütün yanlış konumlandırılması ile üst ekstremitenin ameliyat esnasında gerilmesi gibi çeşitli nedenlerden kaynaklanabilir (6, 7, 41, 66, 67). Sinir hasarı basit zedelenmeden tamamen kopmaya kadar çeşitli derecelerde olabilir (57). Sinir felci ciddi fonksiyonel kısıtlılığa neden olabilir.

N. axillaris'in cerrahi sonrası en sık yaralanan periferik sinir olduğu ve sinir komplikasyonlarının %6-10'unu oluşturduğu bildirilmektedir (40, 56, 58-61). Özellikle omzun inferior kısmına uygulanan prosedürlerde potansiyel olarak risk altındadır (60). İyatrojenik sinir hasarı görülmesi sinir transferi, fonksiyonel kas transferi gibi çeşitli rekonstrüktif cerrahi prosedürleri gerektirebilir (217). Bu prosedürlere rağmen sinir hasarı kalıcı olabilir ve hayat kalitesini ciddi derecede bozan fonksiyonel kısıtlılığa neden olabilir. Bu nedende iyatrojenik yaralanmaların önlenmesi için n. axillaris'in cerrahi prosedüre uygun referans noktalara göre konumunun bilinmesi önemlidir.

N. axillaris özellikle cavitas glenoidalis inferior kenarı (saat 6.00 noktası) komşuluğuna uygulanan açık cerrahi ya da artroskopik prosedürler için potansiyel olarak tehlike altındadır. Sinirin artroskopik görme alanına cavitas glenoidalis'in saat 4.00 (sağ omuz) veya saat 8.00 (sol omuz) hizasında girdiği ve en yakın konumun saat 5.30-6.00 (sağ omuz) veya saat 6.00-6.30 (sol omuz) noktasında olduğunu bildirilmektedir (62, 68, 70). Benzer bir şekilde Price ve ark. sinire en yakın cavitas glenoidalis konumunun saat 6.00 hizası olduğunu bildirmektedir (56). Inferior kenar (saat 6.00 noktası) sabit bir nokta olması ve n. axillaris'e en yakın olduğu kenar olması nedeniyle önemli bir referans noktasıdır (56, 71).

Artroskopik girişimlerin yanında son yıllarda uygulama sıklığı artan ters tam omuz artroplasti prosedüründe inferior kenara yakın cerrahi adımlar içermesi ve glenoid ve humeral bileşen yerleştirme işlemi sırasında sinir hasarı riski bulunmaktadır (6, 7, 218).

Bu nedenle, bu çalışmada n. axillaris'in konumunu cavitas glenoidalis'in inferior kenarına göre inceleyerek inferior kenarı referans nokta olarak değerlendiren cerrahi uygulamalar için sinirin konumunun belirlenmesine yardımcı olmak amaçlanmıştır.

Konu ile ilgili önceki çalışmalarda n. axillaris'in eklem kapsülüne göre konumu incelenmiş, saat 5.00-7.00 noktası arasında eklem kapsülüne en yakın konumda olduğu hatta kapsül temas halinde olabileceği bildirilmektedir (69, 219). Inferior kenar komşuluğundaki kapsül diseksiyonu veya retraksiyonu sırasında n. axillaris'in güvenli şekilde tanımlanması ve korunması gerektiği bildirilmektedir (87). N. axillaris'in kapsülün inferioruna ortalama 0,32 cm (en küçük-en büyük değer; 0,0-0,8 cm) yaklaşabileceği bildirilmektedir (220).

Eakin ve ark. 10 adet kadavra üzerinde yapılan artroskopik kapsülolabral rekonstrüksiyon prosedürünün cerrahi simülasyonu sırasında, inferior kenara yerleştirilen sütürün n. axillaris'e ortalama 14.40 ± 5.66 mm (%95 güven aralığı; 10,9-17,9) mesafede olduğunu bildirmektedirler (221). Sinirin eklem kapsülünün inferioruna 3mm'ye kadar yaklaşabileceği bildirilmektedir (3, 58). Bu yakın komşuluk özellikle omuz ekleminin inferioruna yönelik onarım, rekonstrüksiyon ve termal uygulamalar sırasında oldukça önemlidir (41).

Esmail ve ark. 20 hastada sinir monitörizasyonu ile yaptıkları prospektif çalışmalarında, n. axillaris ile cavitas glenoidalis'in saat 5.00 konumu (sağ omuz) arasında ortalama 1-1,5 cm mesafe olduğu, inferior kenardan arkaya doğru mesafenin arttığı ve saat 7.00 konumunda aralarında 2-2,5 cm mesafenin olduğunu bildirmektedir (68). Ancak bu çalışmada saat 6.00 noktası ile ilgili nicel veriye yer verilmemiştir.

Literatürde cavitas glenoidalis inferior kenarı ile ilişkisini inceleyen kadavra, kadavra-direkt grafi ve MRG üzerinde yapılan birkaç çalışma vardır. Price ve ark. kadavra üzerinde yapmış oldukları çalışmalarında, 10 adet kadavra saat 6.00 ve 12.00 noktalarından geçecek şekilde koronal olarak kesilmiş ve n. axillaris'in inferior kenara ortalama mesafesinin 12,4 mm (%95 güven aralığı; 11,6-13,2 mm) olduğu saptanmıştır (56).

Leschinger ve ark. kadavra ve direkt grafi kullanarak yapmış oldukları çalışmalarında n. axillaris diseksiyon ile açığa çıkarıldıktan sonra sinirin doğal seyirinin bozulmamasına dikkat edilerek radyopak ip dikilmiş ardından çekilen direkt

grafi üzerinde yapılan ölçümlerde inferior kenara mesafenin ortalama 13,6 mm olduğu bildirilmiştir (1).

Makki ve ark. MRG üzerinde yaptıkları çalışmalarında, patolojisi olmayan omuzlarda n. axillaris ile tuberculum infraglenoidale arasındaki mesafenin $12,0 \pm 5,6$ mm olduğu bildirilmektedir (57). Makki ve ark. aynı zamanda osteoartrit tanılı hastalarda cavitas glenoidalis ve caput humeri alt tarafında oluşan osteofitlerin siniri daha uzağa itebileceği, rotator manşet yırtığı tanılı hastalarda ise caput humeri'nin proksimale doğru migrasyonu nedeniyle cavitas glenoidalis'e yaklaşabileceği hipotezini ortaya atmıştır (57). Ancak Makki ve ark. yaptıkları bu çalışma sonucunda osteoartrit tanılı hastalarda $10,6 \pm 5,4$ mm ve rotator manşet kas yırtığı tanılı hastalarda $9,7 \pm 3,7$ mm olarak saptanmış olup istatistiksel fark olmadığı saptanmıştır (57). Maclean ve ark. MRG üzerinde çalışmasında ise n. axillaris'in inferior kenara ortalama 14,6 mm (%95 güven aralığı; 13,5-14,6) mesafede olduğu saptanmıştır (87) (Tablo 5.1).

Price ve ark. ile Leschinger ve ark. yaptıkları çalışmalarda kadavra diseksiyonu ve radyopak ip yerleştirme sırasında sinirin doğal konumunun değişmesi riski; MRG çalışmalarının ise standart MRG sekanslarının kemik sınırını aslına en uygun şekilde görüntüleme potansiyelinin azlığı nedeniyle sınırlılıkları vardır.

Matter-Parrat ve ark. omuz cerrahi pozisyonunun sinir mesafesine etkisini incelediği çalışmalarında, plaj sandalyesi pozisyonunda (0° abdüksiyon ve nötr rotasyon) 14,4 mm olarak saptandığı, 30° dış rotasyon ve 60° iç rotasyon hareketi yaptırıldığında mesafenin sırasıyla 14,5 mm ve 17,2 mm olduğunu bildirmektedir. Plaj sandalyesi pozisyonundan 30° abdüksiyon yapıldığında aynı ölçümler tekrarlamış (nötr, 30° dış rotasyon, 60° iç rotasyon) mesafenin sırasıyla 15 mm, 14,3mm ve 15,4 mm olduğu saptanmıştır. Lateral dekübit pozisyonunda 30° ve 70° abdüksiyon pozisyonunda ise mesafenin sırasıyla 15,1 mm ve 16,1 mm olduğu bildirilmektedir. Verilen pozisyonlarda istatistiksel olarak farklılığın saptandığı traksiyon kuvvetinin uygulandığı lateral dekübit 70° abdüksiyon pozisyonunda sinirin inferior kenara yaklaştığı ve mesafesinin 13,1 mm olduğu bildirilmektedir ($p = 0,047$). Omuzun diğer cerrahi pozisyonlarının ve manipülasyonlarının mesafeyi istatistiksel olarak anlamlı derecede değiştirmedeği bildirilmektedir ($p > 0,05$)(71). Simone ve ark. yapmış oldukları benzer çalışmada sinir ile cavitas glenoidalis'in inferior kenarı arasındaki

mesafe açısından bakıldığında, kolun farklı dış rotasyon derecelerinin mesafeyi istatistiksel olarak anlamlı derecede değiştirmedeği bildirilmektedir ($p > 0,05$) (62). Literatürdeki veriler ışığında omuz pozisyonları ve manipülasyonları ile iyatrojenik yaralanma riskinin azaltılması mümkün görünmemektedir.

Bizim yatığımız çalışmada cavitas glenoidalis'in inferior kenarı ile n. axillaris arasındaki en yakın mesafe $15,11 \pm 3,81$ mm (en küçük-en büyük değer; 7,8-24,5 mm, ortalama için %95 güven aralığı; 14,59-15,63 mm) olarak saptanmıştır (Tablo 5.1). Çalışmanın kemik ve siniri aynı görüntü modalitesi üzerinde değerlendirme olanağı tanıyan SEZ-MRG üzerinde standardizasyonu sağlanmış reformat görüntüleri üzerinde yapılması bahsedilen kısıtlılıkları ortadan kaldırmaktadır.

Tablo 5.1. N. axillaris'in cavitas glenoidalis inferior kenarına mesafesinin literatürdeki benzer çalışmalar ile karşılaştırılması

| Yazarlar | Yöntem | N | Ortalama (mm) | SS (mm) | Min - Maks (mm) |
|---------------------------|------------------------------------|-----|---------------|---------|-----------------|
| Price ve ark. (2004) | Taze donmuş kadavra | 10 | 12,4 | - | - |
| Leschinger ve ark. (2017) | Taze donmuş kadavra + direkt grafi | 22 | 13,6 | 5,1 | 5,8 - 27 |
| Makki ve ark. (2020) | MRG (normal) | 50 | 12 | 5,6 | - |
| | MRG (osteoartrit) | 28 | 10,6 | 5,4 | - |
| | MRG (RMY) | 28 | 9,7 | 3,7 | - |
| MacLean ve ark. (2021) | MRG | 187 | 14,6 | - | 1,9 - 27 |
| Bu çalışma (2023) | SEZ-MRG | 211 | 15,11 | 3,81 | 7,8 - 24,5 |

RMY; rotator manşet yırtığı

Bu sonuç cavitas glenoidalis ve eklem kapsülünün inferioruna yönelik cerrahi uygulamalarda sinirin tehlikede olduğunu belirten makroskopik ve nicel ölçüme dayanan çalışmaları doğrulamaktadır (1, 37, 56, 57, 79, 87, 220). Yapılacak omuz cerrahisi prosedürlerinde n. axillaris güvenli şekilde tanımlanmadan keskin diseksiyondan kaçınılması gerekmektedir. N. axillaris'in eklem dışı yapı olması ve doğrudan görme alanında olmadığı artroskopik prosedürlerde de inferior kenar komşuluğuna uygulanacak girişimlerde dikkatli olunması gerekmektedir.

Çalışmamızda n. axillaris'in inferior kenara mesafesi kadınlarda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yakın saptanmıştır ($p < 0,001$). Bu nedende omuz eklemının inferior'una yönelik girişimlerde daha dikkatli olunması gerekmektedir. Taraf ve yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p > 0,05$). Cavitas glenoidalis morfolojisindeki yaşlanma ile gerçekleşen değişikliklerin, bu mesafede istatistiksel olarak farklılık yaratmadığı ($p = 0,700$), tüm yaş gruplarında benzer yaralanma riski olduğu saptanmıştır.

Literatürde n. axillaris'in eklem kapsülüne mesafesinin cavitas glenoidalis'in inferior kenarından daha yakın olabileceği bildirilmekte olup kapsülün inferioruna yapılan girişimlerde daha dikkatli olunması gerekmektedir (69, 219). Sinirin tam konumunun tespit edilemediği durumlarda sinir monitörizasyonu kullanılması yaralanmaları önleyebilir (68). Ayrıca artroskopi portalı açılırken bistüri sadece cilt düzeyinde kalmalı eklem içine künt trokar ile girilmesi önerilmektedir (63).

N. axillaris ve cavitas glenoidalis inferior kenarı arasındaki mesafenin bilinmesi cerrahi prosedürler sırasında iyatrojenik hasar riskinin azalmasına neden olabilir. Bu nedenle cerrahi öncesi planlamada SEZ-MRG kullanımı öneriyoruz.

5.2. Nervus suprascapularis ile İlgili Tartışmalar

Omuz cerrahisi prosedürlerinde n. suprascapularis iyatrojenik yaralanmaları literatürde tanımlanmıştır (116, 117, 134, 222-224). Özellikle artroskopik SLAP lezyonu onarımı sırasında kör olarak yapılan delme işleminde ve ters tam omuz artroplastisinde glenoid bileşenin vida ile sabitlenmesi sırasında n. suprascapularis'in potansiyel risk altında olduğu bildirilmektedir (117, 139).

Literatürde artroskopik SLAP lezyonu onarımı sonrası iyatrojenik n. suprascapularis hasarı az sayıda çalışmada raporlanmış olsa da (116, 117, 134), sinir yaralanması ciddi klinik durumlara neden olabilir (117, 139, 145). Onarım işleminde genellikle labrum glenoidalis'in ayrıldığı yere matkap ile tünel açılıp, sütür ankoru ile normal anatomisine uygun hale getirmek amaçlanmaktadır (122). Bu işlem sırasında eklem kapsülünün dış kısmının görülememesi ve işlemin kör olarak yapılması, tünel açma ve sütür ankoru yerleştirme esnasında cavitas glenoidalis'in medial duvarı perfore olabilir (139, 140, 143). Sinir hasarı riski, delme açısı, artroskopi portalının konumu ve matkap ucu-ankor uzunluğu gibi değiştirilebilir faktörlerden etkilenebileceği gibi lezyonun konumu ve scapula anatomisindeki bireysel farklılıklar

gibi değiştirilemeyen faktörlerden etkilenmesi nedeniyle her zaman sinir yaralanma potansiyeli vardır (134).

Yapılan kadavra çalışmaları SLAP lezyonu onarımında cavitas glenoidalis'in superior kenarına yakın sütün ankoru yerleştirilmesi sırasında n. suprascapularis'in yaralanma riski altında olduğunu gösterilmiştir (106, 116, 134, 139, 140, 143, 144). Weber ve ark. SLAP lezyonu onarımı sonrası görülen komplikasyonların %17'sinin sinir yaralanmaları olduğunu bildirmektedir (225).

Chan ve ark. kadavra üzerinde yapmış oldukları çalışmalarında, 21 kadavranın 8'inde (%38) cavitas glenoidalis medial duvarında bir veya birden fazla perforasyon olduğunu ve bunların %28'inde sinirde yaralanma riski olduğunu bildirmektedir (139). Koh ve ark. 12 adet kadavra üzerinde artroskopik SLAP lezyon onarımı prosedürünü simüle ettikleri çalışmalarında, cavitas glenoidalis saat 12.30-1.00 noktasından yerleştirilen sütün ankorlarının kadavraların hepsinde perforasyona yol açtığını, 12 sütün ankorunun 4'ünün sinire doğrudan temas ettiğini bildirmektedir. Ayrıca yerleştirilen diğer sütün ankorlarının sinire ortalama 3,1 mm yaklaştığı da bildirilmektedir (140).

Bouliane ve ark. yapmış oldukları prospektif çalışmalarında artroskopik labral onarım yaptıkları 12 hastanın 5'inde (%42) medial duvarda bir veya iki adet perforasyon olduğunu, superior kenara yerleştirilen 38 sütün ankorunun 8'inin (%21) medial duvarı perfore ettiğini ve sinire 0-4 mm arası yaklaştığını bildirmektedir. Sütün ankorlarının sinirden 4mm uzakta olmasına rağmen hastada belirti görölmüş olmasını sütün ankorun sinire temasına ek matkap ile temasından kaynaklanabileceğini bildirmektedir (134). Ayrıca transglenoid sütün tekniği ile yapılan girişimlerde de iyatrojenik sinir hasarı göröldüğü literatürde bildirilmektedir (99, 146).

TTOA sırasında da n. suprascapularis'in potansiyel yaralanma riski altında olduğu bildirilmektedir (118). Özellikle glenoid bileşen sabitlemesi sırasında doğru yönlendirilemeyen veya uygun boyutta kullanılmayan vidalar nörovasküler yapılara zarar verip kalıcı komplikasyonlara neden olabilir (118, 177).

TTOA'de glenoid bileşenin tasarımına bağlı olarak genellikle bir merkezi vida ve birkaç adet periferik vida kullanılarak sabitleme işlemi yapılmaktadır (226). Glenoid bileşeni 4 periferik vida ile sabitlemenin çeşitli biyomekanik avantajlara sahip olduğu ve bileşenin gevşemesine karşı koruma sağladığı bildirilmektedir (227).

Cavitas glenoidalis'in ön ve arka kenarına yakın yerleştirilecek vidaların kemik stoğuna uygunluğu amaçlanmaktadır. Bu vidaların yeterli bir şekilde sabitlenmesini desteklemek için üst vida proc. coracoideus tabanını hedeflemekte, alt vida ise scapula lateral kenarındaki kemik stoğunu hedeflemektedir (1). Vidaların glenoid kemik stoğunu geçmesi durumunda özellikle üst ve arka vidalar, n. suprascapularis için iyatrojenik yaralanma riski oluşturmaktadır (1, 177, 178).

Molony ve ark. 10 adet kadavra üzerinde yapmış oldukları çalışmalarında n. suprascapularis'in 4 kadavrada arka vida ile 3 kadavrada üst vidayla temas ettiğini bildirmektedirler (177). Wang ve ark. bildirdikleri vaka raporunda TTOA sonrası postoperatif ağrı ve m. infraspinatus yetersizliği ile başvuran hastanın belirtilerine üst vidanın n. suprascapularis'e temas etmesinin neden olduğu saptanmıştır (118).

Bu nedenle n. suprascapularis'in referans noktalara göre konumunun bilinmesi önemlidir. Bu çalışmada yaralanma potansiyelinin yüksek olduğu, incisura scapulae ve incisura spinoglenoidalis'teki konumu ile kemik referans noktaları arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sinirin incisura scapulae'daki konumu ile cavitas glenoidalis'in superior kenarı arası mesafe ve incisura spinoglenoidalis'teki konumu ile cavitas glenoidalis'in eklem yüzüne izdüşümsel en yakın mesafesi ölçülmüştür.

Önceki çalışmalarda, omuz cerrahisi prosedürlerinde iyatrojenik sinir hasarını engellenmesi amacıyla kadavra üzerinde yapılan morfometrik çalışmalar vardır (99, 144). Bigliani ve ark. ile Shishido ve ark. yaptıkları kadavra çalışmalarında sinir ile superior kenar arasındaki ortalama mesafenin sırasıyla 30 mm ve 29 ± 3 mm olduğu, güvenilir cerrahi alanın sırasıyla 25 mm ve 23 mm olduğu bildirilmektedir (99, 144) Pérez ve ark. yapmış oldukları çalışmada ise mesafenin ortalama $35,4 \pm 3,2$ mm saptandığı bildirilmektedir (228) (Tablo 5.2). Yapılan kadavra çalışmalarında dikkatli diseksiyon yapılmış olsa bile sinirlerin doğal anatomik konumları bir miktar değişiklik gösterebilir.

Bu çalışmada da incisura scapulae konumundaki sinir ile superior kenar arası mesafenin ortalama $28,98 \pm 3,23$ mm (en küçük-en büyük değer; 15,9-37,6 mm, ortalama için %95 güven aralığı; 28,54-29,42 mm) olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.2). Çalışmamızda bu mesafe kadınlarda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yakın saptanmıştır ($p < 0,001$).

Tablo 5.2. N. suprascapularis'in incisura scapulae'daki konumu ile cavitas glenoidalis superior kenarına mesafesinin literatürdeki benzer çalışmalar ile karşılaştırılması

| Yazar | Yöntem | N | Ortalama (mm) | SS (mm) | Min - Maks (mm) |
|-------------------------|---------------|-----|---------------|---------|-----------------|
| Bigliani ve ark. (1990) | Fikse kadavra | 90 | 30 | - | 25 - 39 |
| Shishido ve ark. (2001) | Fikse kadavra | 52 | 29 | 3 | 23 - 35 |
| Pérez ve ark. (2016) | Fikse kadavra | 50 | 35,4 | 3,22 | 3 - 41 |
| Bu çalışma | SEZ-MRG | 211 | 28,98 | 3,23 | 15,9 - 37,6 |

N. suprascapularis'in incisura spinoglenoidalis'teki konumu ile cavitas glenoidalis kenarı arasındaki ilişkiyi inceleyen kadavra üzerinde yapılmış çalışmalar vardır. Bigliani ve ark., Shishido ve ark. ve Pérez ve ark. fikse kadavra üzerinde yapmış oldukları çalışmalarında bu mesafenin sırasıyla 25 mm, 18 mm, 24,2 mm, olduğu bildirilmektedir(99, 144, 228). Daha az sayıda taze donmuş kadavra üzerinde yapılan çalışmalarda ise ortalama mesafenin 20,1 mm ve 21,1 mm olduğu bildirilmektedir (140, 229) (Tablo 5.3).

Leschinger ve ark. incisura spinoglenoidalis konumundaki sinirin cavitas glenoidalis merkez noktasına uzaklığı mediolateral olarak $16,6 \pm 3,4$ mm (en küçük-en büyük değer; 11,1/24,9 mm), anteroposterior olarak $-11,4 \pm 4,7$ mm (en küçük-en büyük değer; -4,7/-19,3 mm) olduğu sinirin incisura spinoglenoidalis'ten seyri sırasında cerrahi güvenli mesafenin 11,1 mm olduğu bildirilmektedir (1). Bizim çalışmamızda ise mesafe ortalama $13,33 \pm 2,67$ mm (en küçük-en büyük değer; 8,0-24,5, ortalama için %95 güven aralığı; 12,98-13,33 mm) olarak saptanmıştır (Tablo 5.3).

Çalışmamızda saptanan mesafenin daha küçük olması yöntemsel farklılıktan kaynaklanmaktadır. Önceki çalışmalar fikse kadavra ve taze donmuş kadavra ile yapılmış ve mesafe sinir ile cavitas glenoidalis kenarı arasındaki direkt mesafe olarak ölçülmüşken, bu çalışmada cavitas glenoidalis'in eklem yüzüne izdüşümsel mesafesi incelenmiştir. İzdüşümsel mesafe TTOA'de glenoid komponent arka vidası sabitlenmesi sırasında önemlidir.

Çalışmada sinirin vidanın yerleştirildiği eklem yüzüne 8 mm'ye kadar yaklaşabileceği ve kemik ile yakın komşuluğu olması nedeniyle arka vidanın

sabitlenmesi sırasında vidanın glenoid kemik stoğu içerisinde kalacak şekilde yönlendirilmesi önemlidir.

N. suprascapularis'in incisura scapulae ve incisura spinoglenoidalis arasında cavitas glenoidalis ile yakın komşuluğu vardır. Cavitas glenoidalis komşuluğunda cerrahi güvenli alan, n. suprascapularis'in incisura scapulae konumu ile cavitas glenoidalis'in superior kenarı arasındaki en yakın mesafe 15,9 mm, incisura spinoglenoidalis ile eklem yüzü arasındaki mesafe 8,0 mm'dir. N. suprascapularis'in bu iki incisura arasında dar bir aralıkta seyretmesi nedeniyle yapılacak girişimlerde dikkatli olunması gerekmektedir.

Tablo 5.3. N. suprascapularis'in incisura spinoglenoidalis'teki konumu ile cavitas glenoidalis kenarına olan uzaklığını inceleyen çalışmalar

| Yazarlar | Yöntem | N | Ortalama (mm) | SS (mm) | Min - Maks (mm) |
|---------------------------|------------------------------|-----|---------------|---------|-----------------|
| Bigliani ve ark. (1990) | Fikse Kadavra | 90 | 25 | - | 19 - 32 |
| Shaffer ve ark. (1994) | Taze Taze donmuş kadavra | 20 | 20,1 | 1,99 | 17 - 24 |
| Shishido ve ark. (2001) | Fikse kadavra | 52 | 18 | 2 | 14 - 24 |
| Koh ve ark. (2011) | Taze donmuş kadavra | 12 | 21,1 | 3,3 | 17,3 - 27,4 |
| Pérez ve ark. (2016) | Fikse kadavra | 50 | 24,24 | 3,03 | 19 - 31 |
| Leschinger ve ark. (2017) | Fikse Taze donmuş kadavra | 22 | 16,6 | 3,4 | 11,1 - 24,9 |
| Bu çalışma | SEZ-MRG | 211 | 13,33 | 2,67 | 8,0 - 24,5 |

Bizim çalışmamızın ve önceki çalışmaların sonuçları değerlendirildiğinde artroskopik girişim sırasında kullanılan ortalama sütür ankoru uzunluğunun 14,5 mm ve matkap ucu uzunluğunun 21 mm olduğu ve teorik olarak iyatrojenik sinir hasarı riskinin olduğu görülmektedir (140). Uygulamanın kör olarak yapıldığı artroskopik prosedürlerde sinirin yakın komşulukta olduğu unutulmamalı ve özellikle sinir ile yakın komşuluğu olan bölgelere yapılacak girişimlerde sinir monitörizasyonu kullanılması gerekmektedir.

Literatürdeki benzer çalışmalar gibi bu çalışmada da elde edilen bulgular TTOA sonrası görülen nörolojik semptomları açıklamaya yardımcı olmaktadır (7, 118, 218). Glenoid bileşenin özellikle üst ve arka kısımdan sabitlenmesi sırasında vida uzunluğuna ve yönelimine dikkat edilmesi gerekmektedir. TTOA sırasında yeterli fiksasyonu sağlayacak minimum vida uzunluğunun tercih edilmesi veya kısa kilitleme vidası kullanılması hasar riskini azaltabilir (177). Operasyonlarda hasta spesifik kılavuz kullanılması doğru vida oryantasyonu sağlayacağından incisura scapulae ve incisura spinoglenoidalis'te vidanın tutulumunu önleyerek nörovasküler hasar riskini azaltabilir (179).

Ayrıca bu çalışmada incelenen tüm parametrelerin yaş grupları arasında istatistiksel olarak farklılık göstermediği ve yaşlanma ile kemik morfolojisindeki dinamik değişikliklerin sinir ile kemik sınır arasındaki mesafeyi istatistiksel olarak anlamlı derecede değiştirmedeği saptanmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda n. axillaris ile cavitas glenoidalis'in inferior kenarı arası en yakın mesafesi ortalama $15,11 \pm 3,81$ mm (%95 güven aralığında 14,59-15,63 mm), incisura scapulae konumundaki n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis'in superior konumuna en yakın mesafesi ortalama $28,98 \pm 3,23$ mm (%95 güven aralığında 28,54-29,42 mm), incisura spinoglenoidalis konumundaki n. suprascapularis'in eklem yüzüne izdüşümsel en yakın mesafesi ortalama $13,33 \pm 2,67$ mm (%95 güven aralığında 12,98-13,71 mm) olarak saptanmıştır. Parametrelerin taraf ve yaş grupları (18-39 yaş, 40-59 yaş ile 60 ve üzeri) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p > 0,05$). Cavitas glenoidalis'te olan yaş ile görülen kemik morfolojideki değişikliklerin mesafeleri istatistiksel olarak anlamlı derece etkilemediği saptanmıştır.

N. axillaris ile cavitas glenoidalis'in inferior kenarı ve incisura scapulae konumundaki n. suprascapularis'in cavitas glenoidalis'in superior kenarı arasındaki en yakın mesafenin kadınlarda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yakın olduğu ve yaralanma riskinin erkeklere göre daha fazla olduğu saptanmıştır ($p < 0,001$).

Bu çalışmada omuz manyetik rezonans görüntülemesi yapılan popülasyon, kliniğe çeşitli nedenlerle başvurmuş omuz patolojisi olan hastalardı. Kemik kırığı gibi kemik morfolojisini etkileyen görüntüler çalışmaya dahil edilmese bile ileriki zamanda omuz cerrahisi uygulaması için aday hastalarda yapılmıştır ve hedef popülasyonu yansıtmaktadır.

Bu çalışmanın SEZ-MRG ile yapılması hem sinir yapısını hem de kemik korteksini en iyi derecede gösterme yeteneği ile aynı MRG incelemeleri üzerinde değerlendirilmesine olanak tanınması literatürde standart MRG sekanslarının sınırlılıklarını ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca aynı kol pozisyonunda çekilen MRG'ye ek olarak bireysel farklılıkların önlenmesi amacıyla standardize edilen reformat görüntüler üzerinde yapılması bu çalışmanın önemli noktalarından biridir.

Ek olarak çalışmamızda SEZ-MRG ile yapılan çalışmalardan farklı olarak bir adet taze donmuş kadavra kesiti ve SEZ-MRG görüntüsünde n. axillaris'in cavitas glenoidalis'in inferior kenara en yakın mesafesinin yüksek oranda benzerlik gösterdiği, kemik sınırları doğru şekilde gösterdiği ve ameliyat öncesi cerrahi planlama kullanılabileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışma bildiğimiz kadarıyla SEZ-MRG kullanılarak omuz cerrahisi prosedürleri açısından sinir ve kemik ilişkisini inceleyen içeren ilk çalışmadır. Kemik ve yumuşak dokuları aynı MRG incelemesinde görüntüleme olanağı tanıyan SEZ-MRG'nin cerrahi planlamada ve günlük klinik uygulamalarda BT gerekliliğini azaltacağını düşünmekteyiz.

7. KAYNAKLAR

1. Leschinger T, Hackl M, Buess E, Lappen S, Scaal M, Müller LP, et al. The risk of suprascapular and axillary nerve injury in reverse total shoulder arthroplasty: an anatomic study. *Injury*. 2017;48(10):2042-9.
2. Drake GN, O'Connor DP, Edwards TB. Indications for reverse total shoulder arthroplasty in rotator cuff disease. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®. 2010;468:1526-33.
3. Boardman ND, Cofield RH. Neurologic complications of shoulder surgery. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®. 1999;368:44-53.
4. Scully WF, Wilson DJ, Parada SA, Arrington ED. Iatrogenic nerve injuries in shoulder surgery. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2013;21(12):717-26.
5. Dwyer T, Henry PD, Cholvisudhi P, Chan VW, Theodoropoulos JS, Brull R. Neurological complications related to elective orthopedic surgery: part 1: common shoulder and elbow procedures. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*. 2015;40(5):431-42.
6. Lädemann A, Stimec B, Denard P, Cunningham G, Collin P, Fasel J. Injury to the axillary nerve after reverse shoulder arthroplasty: an anatomical study. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2014;100(1):105-8.
7. Nagda SH, Rogers KJ, Sestokas AK, Getz CL, Ramsey ML, Glaser DL, et al. Neer Award 2005: peripheral nerve function during shoulder arthroplasty using intraoperative nerve monitoring. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2007;16(3):S2-S8.
8. Xu Y, Shi L, Li N, Meng J, Wang Q, Wang H. Value of zero echo time MR imaging and CT in diagnosis of bone destructions of bone tumors and tumor-like lesions. *Chinese Journal of Academic Radiology*. 2020;3:108-14.
9. Woertler K. Benign bone tumors and tumor-like lesions: value of cross-sectional imaging. *European radiology*. 2003;13(8):1820-35.
10. Miller TT. Bone tumors and tumorlike conditions: analysis with conventional radiography. *Radiology*. 2008;246(3):662-74.
11. Mintz DN, Hwang S. Bone tumor imaging, then and now. *HSS Journal*®. 2014;10(3):230-9.
12. de Mello RAF, Ma Y-j, Ashir A, Jerban S, Hoenecke H, Carl M, et al. 3D Zero Echo Time (ZTE) MRI versus 3D CT for glenoid bone assessment. *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. 2020;36(9):2391.
13. Breighner R, Endo Y, Konin G, Gulotta L, Koff MF, Potter HG, editors. *Zero Echo Time MRI: Osseous Shoulder Imaging 2017: ISMRM*.
14. Aydınöz Ü, Yıldız AE, Ergen FB. Zero echo time musculoskeletal MRI: technique, optimization, applications, and pitfalls. *RadioGraphics*. 2022;42(5):1398-414.
15. Breighner RE, Endo Y, Konin GP, Gulotta LV, Koff MF, Potter HG. Technical developments: zero echo time imaging of the shoulder: enhanced osseous detail by using MR imaging. *Radiology*. 2018;286(3):960-6.
16. Robson MD, Gatehouse PD, Bydder M, Bydder GM. Magnetic resonance: an introduction to ultrashort TE (UTE) imaging. *Journal of computer assisted tomography*. 2003;27(6):825-46.

17. Lee C, Jeon KJ, Han S-S, Kim YH, Choi YJ, Lee A, et al. CT-like MRI using the zero-TE technique for osseous changes of the TMJ. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2020;49(3):20190272.
18. Weiger M, Brunner DO, Dietrich BE, Müller CF, Pruessmann KP. ZTE imaging in humans. *Magnetic resonance in medicine*. 2013;70(2):328-32.
19. Argentieri EC, Koff MF, Breighner RE, Endo Y, Shah PH, Sneag DB. Diagnostic accuracy of zero-echo time MRI for the evaluation of cervical neural foraminal stenosis. *Spine*. 2018;43(13):928-33.
20. Breighner RE, Bogner EA, Lee SC, Koff MF, Potter HG. Evaluation of osseous morphology of the hip using zero echo time magnetic resonance imaging. *The American Journal of Sports Medicine*. 2019;47(14):3460-8.
21. Cho S, Baek H, Ryu K, Choi B, Moon J, Kim T, et al. Clinical feasibility of zero TE skull MRI in patients with head trauma in comparison with CT: a single-center study. *American Journal of Neuroradiology*. 2019;40(1):109-15.
22. Wiesinger F, Sacolick LI, Menini A, Kaushik SS, Ahn S, Veit-Haibach P, et al. Zero TE MR bone imaging in the head. *Magnetic resonance in medicine*. 2016;75(1):107-14.
23. Verhulst FV, van Sambeek JD, Olthuis GS, van der Ree J, Koëter S. Patellar height measurements: Insall–Salvati ratio is most reliable method. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2020;28:869-75.
24. Boykin RE, Friedman DJ, Higgins LD, Warner JJ. Suprascapular neuropathy. *JBJS*. 2010;92(13):2348-64.
25. Chalian M, Faridian-Aragh N, Soldatos T, Batra K, Belzberg AJ, Williams EH, et al. High-resolution 3T MR neurography of suprascapular neuropathy. *Academic radiology*. 2011;18(8):1049-59.
26. Marquez Neto OR, Leite MS, Freitas T, Mendelovitz P, Villela EA, Kessler IM. The role of magnetic resonance imaging in the evaluation of peripheral nerves following traumatic lesion: where do we stand? *Acta neurochirurgica*. 2017;159:281-90.
27. Wang X, Harrison C, Mariappan YK, Gopalakrishnan K, Chhabra A, Lenkinski RE, et al. MR neurography of brachial plexus at 3.0 T with robust fat and blood suppression. *Radiology*. 2017;283(2):538-46.
28. VON WOWERN N, Stoltze K. Sex and age differences in bone morphology of mandibles. *European Journal of Oral Sciences*. 1978;86(6):478-85.
29. Shimizu Y, Kanetaka H, Kim Y-H, Okayama K, Kano M, Kikuchi M. Age-related morphological changes in the human hyoid bone. *Cells Tissues Organs*. 2005;180(3):185-92.
30. Yamakado K. Impact of age on glenoid size: three-dimensional computed tomographic analysis of glenoid anatomy. *Seminars in Arthroplasty: JSES*. 2023;33(3):490-7.
31. Li S, Wang Y, editors. *Research on interdisciplinary characteristics: A case study in the field of artificial intelligence*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering; 2019: IOP Publishing.
32. Bockmann B, Soschynski S, Lechler P, Ruchholtz S, Debus F, Schwarting T, et al. Age-dependent variation of glenohumeral anatomy: a radiological study. *International orthopaedics*. 2016;40:87-93.

- 33.Taner D, Sancak B, Akşit D, Cumhuri M, İlgi S, Kural E, et al. Fonksiyonel Anatomi Ekstremiteler ve Sırt Bölgesi. 4. baskı. Ankara, HYB Basım Yayın. 2009.
- 34.Susan S. Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice. Elsevier; 2015.
- 35.Arıncı K, Elhan A. Anatomi: kemikler, eklemler, kaslar, iç organlar: Güneş Tıp Kitabevleri; 2014.
- 36.Heckman JD. Campbell's operative orthopaedics. LWW; 2008.
- 37.Apaydin N, Uz A, Bozkurt M, Elhan A. The anatomic relationships of the axillary nerve and surgical landmarks for its localization from the anterior aspect of the shoulder. *Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists*. 2007;20(3):273-7.
- 38.Duparc F, Bocquet G, Simonet J, Freger P. Anatomical basis of the variable aspects of injuries of the axillary nerve (excluding the terminal branches in the deltoid muscle). *Surgical and Radiologic Anatomy*. 1997;19:127-32.
- 39.Aszmann OC, Dellon AL. The internal topography of the axillary nerve: an anatomic and histologic study as it relates to microsurgery. *Journal of reconstructive microsurgery*. 1996;12(06):359-63.
- 40.Tubbs RS, Oakes WJ, Blount JP, Elton S, Salter G, Grabb PA. Surgical landmarks for the proximal portion of the axillary nerve. *Journal of neurosurgery*. 2001;95(6):998-1000.
- 41.Apaydin N, Tubbs RS, Loukas M, Duparc F. Review of the surgical anatomy of the axillary nerve and the anatomic basis of its iatrogenic and traumatic injury. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2010;32:193-201.
- 42.Tubbs RS, Tyler-Kabara EC, Aikens AC, Martin JP, Weed LL, Salter EG, et al. Surgical anatomy of the axillary nerve within the quadrangular space. *Journal of neurosurgery*. 2005;102(5):912-4.
- 43.Uz A, Apaydin N, Bozkurt M, Elhan A. The anatomic branch pattern of the axillary nerve. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2007;16(2):240-4.
- 44.Gelber PE, Reina F, Monllau JC, Yema P, Rodriguez A, Caceres E. Innervation patterns of the inferior glenohumeral ligament: anatomical and biomechanical relevance. *Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists*. 2006;19(4):304-11.
- 45.Loukas M, Grabska J, Tubbs RS, Apaydin N, Jordan R. Mapping the axillary nerve within the deltoid muscle. *Surgical and radiologic anatomy*. 2009;31:43-7.
- 46.Witoonchart K, Leechavengvongs S, Uerpairojkit C, Thuvasethakul P, Wongnopsuwan V. Nerve transfer to deltoid muscle using the nerve to the long head of the triceps, part I: an anatomic feasibility study. *The Journal of hand surgery*. 2003;28(4):628-32.
- 47.Zhao X, Hung LK, Zhang GM, Lao J. Applied anatomy of the axillary nerve for selective neurotization of the deltoid muscle. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2001;390:244-51.
- 48.Ball CM, Steger T, Galatz LM, Yamaguchi K. The posterior branch of the axillary nerve: an anatomic study. *JBJS*. 2003;85(8):1497-501.
- 49.Kerr AT. The brachial plexus of nerves in man, the variations in its formation and branches. *American Journal of Anatomy*. 1918;23(2):285-395.

50. Bonnel F. Microscopic anatomy of the adult human brachial plexus: an anatomical and histological basis for microsurgery. *Microsurgery*. 1984;5(3):107-17.
51. Pandey S, Shukla V. Anatomical variations of the cords of brachial plexus and the median nerve. *Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists*. 2007;20(2):150-6.
52. Tubbs RS, Shoja MM, Loukas M. *Bergman's comprehensive encyclopedia of human anatomic variation*: John Wiley & sons; 2016.
53. Matejcik V. Aberrant formation and clinical picture of brachial plexus from the point of view of a neurosurgeon. *Bratislavske lekarske listy*. 2003;104(10):291-9.
54. Testut L, Sabater JC, Latarjet A, Villaret AR. *Tratado de anatomía humana*: Salvat; 1929.
55. Hong TC, Kumar VP, Nather A. The posterior neuromuscular compartment of the deltoid. *Plastic and reconstructive surgery*. 2005;115(6):1660-4.
56. Price MR, Tillett ED, Acland RD, Nettleton GS. Determining the relationship of the axillary nerve to the shoulder joint capsule from an arthroscopic perspective. *JBJS*. 2004;86(10):2135-42.
57. Makki D, Selmi H, Syed S, Basu S, Walton M. How close is the axillary nerve to the inferior glenoid? A magnetic resonance study of normal and arthritic shoulders. *The Annals of The Royal College of Surgeons of England*. 2020;102(6):408-11.
58. Lynch NM, Cofield RH, Silbert PL, Hermann RC. Neurologic complications after total shoulder arthroplasty. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 1996;5(1):53-61.
59. McIlveen SJ, Duralde XA, D'Alessandro DF, Bigliani LU. Isolated nerve injuries about the shoulder. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1994(306):54-63.
60. Perlmutter GS. Axillary nerve injury. *Clin Orthop Relat Res*. 1999(368):28-36.
61. Sung C-M, Roh GS, Sohn H-J, Park HB. Prediction of the location of the anterior branch of the axillary nerve, using correlations with physical factors: a cadaveric study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2013;22(11):e9-e16.
62. Simone JP, Streubel PN, Sanchez-Sotelo J, Steinmann SP, Adams JE. Change in the distance from the axillary nerve to the glenohumeral joint with shoulder external rotation or abduction position. *Hand*. 2017;12(4):395-400.
63. Rodeo SA, Forster RA, Weiland AJ. Neurological complications due to arthroscopy. *JBJS*. 1993;75(6):917-26.
64. Segmüller HE, Alfred SP, Zilio G, Saies AD, Hayes MG. Cutaneous nerve lesions of the shoulder and arm after arthroscopic shoulder surgery. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 1995;4(4):254-8.
65. Marecek GS, Saltzman MD. Complications in Shoulder Arthroscopy. *J Title Orthop*. 2010;33(7).
66. Carofino BC, Brogan DM, Kircher MF, Elhassan BT, Spinner RJ, Bishop AT, et al. Iatrogenic nerve injuries during shoulder surgery. *JBJS*. 2013;95(18):1667-74.
67. Ho E, Cofield RH, Balm MR, Hattrup SJ, Rowland CM. Neurologic complications of surgery for anterior shoulder instability. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 1999;8(3):266-70.

68. Esmail AN, Getz CL, Schwartz DM, Wierzbowski L, Ramsey ML, Williams Jr GR. Axillary nerve monitoring during arthroscopic shoulder stabilization. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2005;21(6):665-71.
69. Uno A, Bain GI, Mehta JA. Arthroscopic relationship of the axillary nerve to the shoulder joint capsule: an anatomic study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 1999;8(3):226-30.
70. Yoo JC, Kim JH, Ahn JH, Lee SH. Arthroscopic perspective of the axillary nerve in relation to the glenoid and arm position: a cadaveric study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2007;23(12):1271-7.
71. Matter-Parrat V, Amiri LE, Koch G, Duparc F, Clavert P. The position of the upper limb during shoulder arthroscopy does not affect the distance between axillary nerve and glenoid. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2020;42:903-7.
72. Lo IK, Burkhart SS, Parten PM. Surgery about the coracoid: neurovascular structures at risk. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2004;20(6):591-5.
73. Bokor DJ, Raniga S, Graham PL. Axillary Nerve Position in Humeral Avulsions of the Glenohumeral Ligament. *Orthop J Sports Med*. 2018;6(12):2325967118811044.
74. Matsuki K, Sugaya H. Complications after arthroscopic labral repair for shoulder instability. *Current reviews in musculoskeletal medicine*. 2015;8:53-8.
75. Millett PJ, Gaskill TR. Arthroscopic management of glenohumeral arthrosis: humeral osteoplasty, capsular release, and arthroscopic axillary nerve release as a joint-preserving approach. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2011;27(9):1296-303.
76. Tao MA, Karas V, Riboh JC, Laver L, Garrigues GE. Management of the stiff shoulder with arthroscopic circumferential capsulotomy and axillary nerve release. *Arthroscopy Techniques*. 2017;6(2):e319-e24.
77. Yoneda M, Hayashida K, Wakitani S, Nakagawa S, Fukushima S. Bankart procedure augmented by coracoid transfer for contact athletes with traumatic anterior shoulder instability. *The American Journal of Sports Medicine*. 1999;27(1):21-6.
78. Bailie DS, Moseley B, Lowe WR. Surgical anatomy of the posterior shoulder: effects of arm position and anterior-inferior capsular shift. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 1999;8(4):307-13.
79. LOOMER R, GRAHAM B. Anatomy of the axillary nerve and its relation to inferior capsular shift. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. 1989;243:100-5.
80. McFarland EG, Caicedo JC, Guitierrez MI, Sherbondy PS, Kim TK. The anatomic relationship of the brachial plexus and axillary artery to the glenoid: implications for anterior shoulder surgery. *The American Journal of Sports Medicine*. 2001;29(6):729-33.
81. Gryler EC, Greis PE, Burks RT, West J. Axillary nerve temperatures during radiofrequency capsulorrhaphy of the shoulder. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2001;17(6):567-72.
82. Wong KL, Williams GR. Complications of thermal capsulorrhaphy of the shoulder. *JBJS*. 2001;83(2):S151-5.
83. Fanton GS. Arthroscopic electrothermal surgery of the shoulder. *Operative Techniques in Sports Medicine*. 1998;6(3):139-46.

84. Bigliani LU, Kurzweil PR, Schwartzbach CC, Wolfe IN, Flatow EL. Inferior capsular shift procedure for anterior-inferior shoulder instability in athletes. *The American journal of sports medicine*. 1994;22(5):578-84.
85. Richards RR, Hudson A, Bertoia J, Urbaniak J, Waddell J. Injury to the brachial plexus during Putti-Platt and Bristow procedures: A report of eight cases. *The American Journal of Sports Medicine*. 1987;15(4):374-80.
86. Richards R, Hudson A, Wadde J, Urbaniak J, editors. Injury to the brachial plexus during anterior shoulder repair. meeting of the Association of the Shoulder and Elbow Surgeons, New Orleans, Louisiana; 1986.
87. MacLean SB, Maheno T, Boyle A, Ragg A, Bain GI, Galley I. Defining the proximity of the axillary nerve from defined anatomic landmarks: an in vivo magnetic resonance imaging study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2021;30(4):729-35.
88. Stanish WD, Peterson DC. Shoulder arthroscopy and nerve injury: pitfalls and prevention. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 1995;11(4):458-66.
89. Alnot J, Liverneaux P, Silberman O. Lesions to the axillary nerve. *Revue de Chirurgie Orthopedique et Reparatrice de L'appareil Moteur*. 1996;82(7):579-89.
90. Thompson WO, Debski RE, Boardman ND, Taskiran E, Warner JJ, Fu FH, et al. A biomechanical analysis of rotator cuff deficiency in a cadaveric model. *The American journal of sports medicine*. 1996;24(3):286-92.
91. Kuechle DK, Newman SR, Itoi E, Niebur GL, Morrey BF, An K-N. The relevance of the moment arm of shoulder muscles with respect to axial rotation of the glenohumeral joint in four positions. *Clinical Biomechanics*. 2000;15(5):322-9.
92. Lee S-B, Kim K-J, O'Driscoll SW, Morrey BF, An K-N. Dynamic glenohumeral stability provided by the rotator cuff muscles in the mid-range and end-range of motion: a study in cadavera. *JBJS*. 2000;82(6):849.
93. Ajmani M. The cutaneous branch of the human suprascapular nerve. *Journal of anatomy*. 1994;185(Pt 2):439.
94. Guanche C, Knatt T, Solomonow M, Lu Y, Baratta R. The synergistic action of the capsule and the shoulder muscles. *The American journal of sports medicine*. 1995;23(3):301-6.
95. Inouye Y. Conduction along the articular branch of the suprascapular nerve. *Acta neurologica Scandinavica*. 1978;58(4):230-40.
96. Gardner E. The innervation of the shoulder joint. *The Anatomical Record*. 1948;102(1):1-18.
97. Ritchie ED, Tong D, Chung F, Norris AM, Miniaci A, Vairavanathan SD. Suprascapular nerve block for postoperative pain relief in arthroscopic shoulder surgery: a new modality? *Anesthesia & Analgesia*. 1997;84(6):1306-12.
98. Vorster W, Lange CP, Briët RJ, Labuschagne BC, du Toit DF, Muller CJ, et al. The sensory branch distribution of the suprascapular nerve: an anatomic study. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2008;17(3):500-2.
99. Bigliani LU, Dalsey RM, McCann PD, April EW. An anatomical study of the suprascapular nerve. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 1990;6(4):301-5.

100. Cummins CA, Messer TM, Nuber GW. Current concepts review-suprascapular nerve entrapment. *JBJS*. 2000;82(3):415-24.
101. Lee HY, Chung IH, Sir WS, Kang HS, Lee HS, Ko JS, et al. Variations of the ventral rami of the brachial plexus. *Journal of Korean medical science*. 1992;7(1):19-24.
102. Shin C, Lee S-E, Yu K-H, Chae H-K, Lee K-S. Spinal root origins and innervations of the suprascapular nerve. *Surgical and radiologic anatomy*. 2010;32:235-8.
103. Sinnatamby CS. *Last's Anatomy, International Edition: Regional and Applied*: Elsevier Health Sciences; 2011.
104. Arad E, Li Z, Sitzman TJ, Agur AM, Clarke HM. Anatomic sites of origin of the suprascapular and lateral pectoral nerves within the brachial plexus. *Plastic and reconstructive surgery*. 2014;133(1):20e-7e.
105. Hanna A. The SPA arrangement of the branches of the upper trunk of the brachial plexus: a correction of a longstanding misconception and a new diagram of the brachial plexus. *Journal of Neurosurgery JNS*. 2016;125(2):350-4.
106. Warner J, Krushell R, Masquelet A, Gerber C. Anatomy and relationships of the suprascapular nerve: anatomical constraints to mobilization of the supraspinatus and infraspinatus muscles in the management of massive rotator-cuff tears. *JBJS*. 1992;74(1):36-45.
107. Ebraheim NA, Whitehead JL, Alla SR, Moral MZ, Castillo S, McCollough AL, et al. The suprascapular nerve and its articular branch to the acromioclavicular joint: an anatomic study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2011;20(2):e13-e7.
108. Ozer Y, Grossman JA, Gilbert A. Anatomic observations on the suprascapular nerve. *Hand clinics*. 1995;11(4):539-44.
109. Aszmann OC, Dellon AL, Birely BT, McFarland EG. Innervation of the human shoulder joint and its implications for surgery. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 1996;330:202-7.
110. Horiguchi M. The cutaneous branch of some human suprascapular nerves. *Journal of anatomy*. 1980;130(Pt 1):191.
111. Murakami T, Ohtani O, Outi H. Suprascapular nerve with cutaneous branch to the upper arm. *Acta Anat Nippon*. 1977;52(96):66.
112. Harbaugh KS, Swenson R, Saunders RL. Shoulder numbness in a patient with suprascapular nerve entrapment syndrome: cutaneous branch of the suprascapular nerve: case report. *Neurosurgery*. 2000;47(6):1452.
113. Yamada M. *Manual of Anatomical Dissection*. Kanazawa, Japan: Kanazawa University School of Medicine. 1968.
114. Bolk L. *Der Plexus cervico-brachialis der Primaten*. (No Title). 1902.
115. Antoniadis G, Richter H-P, Rath S, Braun V, Moese G. Suprascapular nerve entrapment: experience with 28 cases. *Journal of neurosurgery*. 1996;85(6):1020-5.
116. Kim S-H, Koh Y-G, Sung C-H, Moon H-K, Park Y-S. Iatrogenic suprascapular nerve injury after repair of type II SLAP lesion. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2010;26(7):1005-8.

117. Yoo JC, Lee YS, Ahn JH, Park JH, Kang HJ, Koh KH. Isolated suprascapular nerve injury below the spinoglenoid notch after SLAP repair. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2009;18(4):e27-e9.
118. Wang J, Singh A, Higgins L, Warner J. Suprascapular neuropathy secondary to reverse shoulder arthroplasty: a case report. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2010;19(3):e5-e8.
119. Snyder SJ, Karzel RP, Del Pizzo W, Ferkel RD, Friedman MJ. SLAP lesions of the shoulder. *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery*. 1990;6(4):274-9.
120. Schultz KA, Nelson R. Superior Labrum Lesions. *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.; 2023.
121. Andrews JR, Carson JR WG, Mcleod WD. Glenoid labrum tears related to the long head of the biceps. *The American journal of sports medicine*. 1985;13(5):337-41.
122. Gregush RV, Snyder SJ. Superior labral repair. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*. 2007;15(4):222-9.
123. D'Alessandro DF, Fleischli JE, Connor PM. Superior labral lesions: diagnosis and management. *Journal of Athletic training*. 2000;35(3):286.
124. Burkhart SS, Morgan C. SLAP lesions in the overhead athlete. *Orthopedic Clinics*. 2001;32(3):431-41.
125. Ide J, Maeda S, Takagi K. Sports activity after arthroscopic superior labral repair using suture anchors in overhead-throwing athletes. *The American Journal of Sports Medicine*. 2005;33(4):507-14.
126. Maffet MW, Gartsman GM, Moseley B. Superior labrum-biceps tendon complex lesions of the shoulder. *The American journal of sports medicine*. 1995;23(1):93-8.
127. Kim TK, Queale WS, Cosgarea AJ, McFarland EG. Clinical features of the different types of SLAP lesions: an analysis of one hundred and thirty-nine cases. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85(1):66-71.
128. Weber SC, Martin DF, Seiler III JG, Harrast JJ. Superior labrum anterior and posterior lesions of the shoulder: incidence rates, complications, and outcomes as reported by American Board of Orthopedic Surgery Part II candidates. *The American Journal of Sports Medicine*. 2012;40(7):1538-43.
129. Onyekwelu I, Khatib O, Zuckerman JD, Rokito AS, Kwon YW. The rising incidence of arthroscopic superior labrum anterior and posterior (SLAP) repairs. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2012;21(6):728-31.
130. Bey MJ, Elders GJ, Huston LJ, Kuhn JE, Blasier RB, Soslowsky LJ. The mechanism of creation of superior labrum, anterior, and posterior lesions in a dynamic biomechanical model of the shoulder: the role of inferior subluxation. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 1998;7(4):397-401.
131. Itoi E, Kuechle DK, Morrey B, An K. Stabilising function of the biceps in stable and unstable shoulders. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 1993;75(4):546-50.
132. Kumar V, Satku K, Balasubramaniam P. The role of the long head of biceps brachii in the stabilization of the head of the humerus. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 1989;244:172-5.

133. Pagnani MJ, Deng X-H, Warren RF, Torzilli PA, Altchek DW. Effect of lesions of the superior portion of the glenoid labrum on glenohumeral translation. *JBJS*. 1995;77(7):1003-10.
134. Bouliane M, Beaupre L, Ashworth N, Lambert R, Silveira A, Sheps DM. Suprascapular nerve injury during arthroscopic superior labral repair: a prospective evaluation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2015;23:517-22.
135. Holtby R, Razmjou H. Accuracy of the Speed's and Yergason's tests in detecting biceps pathology and SLAP lesions: comparison with arthroscopic findings. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2004;20(3):231-6.
136. Huri G, Hyun YS, Garbis NG, McFarland EG. Treatment of superior labrum anterior posterior lesions: a literature review. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2014;48(3):290-7.
137. Kartus J, Perko M. Arthroscopic repair of a type II SLAP lesion using a single corkscrew anchor. *Arthroscopy*. 2002;18(3):1-3.
138. Fleega BA. Overlap endoscopic SLAP lesion repair. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 1999;15(7):796-8.
139. Chan H, Beaupre LA, Bouliane MJ. Injury of the suprascapular nerve during arthroscopic repair of superior labral tears: an anatomic study. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2010;19(5):709-15.
140. Koh KH, Park WH, Lim TK, Yoo JC. Medial perforation of the glenoid neck following SLAP repair places the suprascapular nerve at risk: a cadaveric study. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2011;20(2):245-50.
141. Gumina S, Albino P, Giaraconi M, Vestri A, Ripani M, Postacchini F. The safe zone for avoiding suprascapular nerve injury during shoulder arthroscopy: an anatomical study on 500 dry scapulae. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2011;20(8):1317-22.
142. Warner JJ, Micheli LJ, Arslanian LE, Kennedy J, Kennedy R. Scapulothoracic Motion in Normal Shoulders and Shoulders With Glenohumeral Instability and Impingement Syndrome A Study Using Moire Topographic Analysis. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. 1992;285:191-9.
143. Morgan RT, Henn III RF, Paryavi E, Dreese J. Injury to the suprascapular nerve during superior labrum anterior and posterior repair: Is a rotator interval portal safer than an anterosuperior portal? *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2014;30(11):1418-23.
144. Shishido H, Kikuchi S. Injury of the suprascapular nerve in shoulder surgery: an anatomic study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2001;10(4):372-6.
145. Funk L, Snow M. SLAP tears of the glenoid labrum in contact athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2007;17(1):1-4.
146. Mologne TS, Lapoint JM, Morin WD, Zilberfarb J, O'Brien TJ. Arthroscopic anterior labral reconstruction using a transglenoid suture technique: results in active-duty military patients. *The American Journal of Sports Medicine*. 1996;24(3):268-74.
147. Goldberg BJ, Nirschl RP, McConnell JP, Pettrone FA. Arthroscopic transglenoid suture capsulolabral repairs: preliminary results. *The American Journal of Sports Medicine*. 1993;21(5):656-65.

148. Nakagawa S YM. Caspari's transglenoid multiple suture technique [in Japanese]. . MB Orthop. 1996;11:71-7.
149. Grammont P, Trouilloud P, Laffay J, Deries X. Etude et réalisation d'une nouvelle prothèse d'épaule. *Rhumatologie (Aix-les-Bains)*. 1987;39(10):407-18.
150. Boileau P, Watkinson DJ, Hatzidakis AM, Balg F. Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2005;14(1):S147-S61.
151. Valenti P, Sauzières P, Cogswell L, O'Toole G, Katz D. The reverse shoulder prosthesis-surgical technique. *Techniques in Hand & Upper Extremity Surgery*. 2008;12(1):46-55.
152. Flatow EL, Harrison AK. A history of reverse total shoulder arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®. 2011;469(9):2432-9.
153. Favard L, Katz D, Colmar M, Benkalfate T, Thomazeau H, Emily S. Total shoulder arthroplasty—arthroplasty for glenohumeral arthropathies: results and complications after a minimum follow-up of 8 years according to the type of arthroplasty and etiology. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2012;98(4):S41-S7.
154. MATSEN III FA. Early effectiveness of shoulder arthroplasty for patients who have primary glenohumeral degenerative joint disease. *JBJS*. 1996;78(2):260-4.
155. Sperling JW, Cofield RH, Rowland CM. Neer hemiarthroplasty and Neer total shoulder arthroplasty in patients fifty years old or less. Long-term results. *JBJS*. 1998;80(4):464-73.
156. Guery J, Favard L, Sirveaux F, Oudet D, Mole D, Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty: survivorship analysis of eighty replacements followed for five to ten years. *JBJS*. 2006;88(8):1742-7.
157. 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. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2006;15(5):527-40.
158. Grammont P, Trouilloud P, Laffay J, Deries X. Concept study and realization of a new total shoulder prosthesis. *Rhumatologie*. 1987;39(10):407-18.
159. Bufquin T, Hersan A, Hubert L, Massin P. Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three-and four-part fractures of the proximal humerus in the elderly: a prospective review of 43 cases with a short-term follow-up. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 2007;89(4):516-20.
160. Callamand G, Barret H, Saint-Genез F, Bonneville P, Mansat P, Bonneville N. Reconstruction by allograft-prosthetic composite reverse shoulder arthroplasty after proximal humerus tumor resection: Clinical and radiographic assessment at a minimum 2 years' follow-up. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2022;108(4):102957.
161. Wall B, Nové-Josserand L, O'Connor DP, Edwards TB, Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty: a review of results according to etiology. *JBJS*. 2007;89(7):1476-85.
162. Holcomb JO, Hebert DJ, Mighell MA, Dunning PE, Pupello DR, Pliner MD, et al. Reverse shoulder arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2010;19(7):1076-84.

163. Walker M, Willis MP, Brooks JP, Pupello D, Mulieri PJ, Frankle MA. The use of the reverse shoulder arthroplasty for treatment of failed total shoulder arthroplasty. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2012;21(4):514-22.
164. Simovitch RW, Friedman RJ, Cheung EV, Flurin P-H, Wright T, Zuckerman JD, et al. Rate of improvement in clinical outcomes with anatomic and reverse total shoulder arthroplasty. *JBJS*. 2017;99(21):1801-11.
165. Vancolen SY, Elsayi R, Horner NS, Leroux T, Alolabi B, Khan M. Reverse total shoulder arthroplasty in the younger patient (≤ 65 years): a systematic review. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2020;29(1):202-9.
166. Matsen III FA, Boileau P, Walch G, Gerber C, Bicknell RT. The reverse total shoulder arthroplasty. *JBJS*. 2007;89(3):660-7.
167. Levy JC, Everding NG, Frankle MA, Keppler LJ. Accuracy of patient-specific guided glenoid baseplate positioning for reverse shoulder arthroplasty. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2014;23(10):1563-7.
168. Lädermann A, Lübbecke A, Mélis B, Stern R, Christofilopoulos P, Bacle G, et al. Prevalence of neurologic lesions after total shoulder arthroplasty. *JBJS*. 2011;93(14):1288-93.
169. Ball CM. Neurologic complications of shoulder joint replacement. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2017;26(12):2125-32.
170. Vajapey SP, Contreras ES, Cvetanovich GL, Neviasser AS. Neurologic complications in primary anatomic and reverse total shoulder arthroplasty: A review. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. 2021;20:101475.
171. Barrett WP, Franklin J, Jackins S, Wyss C, Matsen 3rd F. Total shoulder arthroplasty. *JBJS*. 1987;69(6):865-72.
172. Frankle MA, Teramoto A, Luo Z-P, Levy JC, Pupello D. Glenoid morphology in reverse shoulder arthroplasty: classification and surgical implications. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2009;18(6):874-85.
173. Dallalana RJ, McMahan RA, East B, Geraghty L. Accuracy of patient-specific instrumentation in anatomic and reverse total shoulder arthroplasty. *International journal of shoulder surgery*. 2016;10(2):59.
174. Kircher J, Wiedemann M, Magosch P, Lichtenberg S, Habermeyer P. Improved accuracy of glenoid positioning in total shoulder arthroplasty with intraoperative navigation: a prospective-randomized clinical study. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2009;18(4):515-20.
175. Nguyen D, Ferreira LM, Brownhill JR, King GJ, Drosdowech DS, Faber KJ, et al. Improved accuracy of computer assisted glenoid implantation in total shoulder arthroplasty: an in-vitro randomized controlled trial. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2009;18(6):907-14.
176. Verborgt O, De Smedt T, Vanhees M, Clockaerts S, Parizel PM, Van Glabbeek F. Accuracy of placement of the glenoid component in reversed shoulder arthroplasty with and without navigation. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2011;20(1):21-6.

177. Molony DC, Gheiti AJC, Kennedy J, Green C, Schepens A, Mullett HJ. A cadaveric model for suprascapular nerve injury during glenoid component screw insertion in reverse geometry shoulder arthroplasty. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2011;20(8):1323-7.
178. Hart ND, Clark J, Krause FW, Kissenberth MJ, Bragg WE, Hawkins RJ. Glenoid screw position in the Encore Reverse Shoulder Prosthesis: an anatomic dissection study of screw relationship to surrounding structures. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2013;22(6):814-20.
179. Kwak J-M, Jeon I-H, Kim H, Choi SH, Lee HY, Koh KH. Patient-specific instrumentation improves the reproducibility of preoperative planning for the positioning of baseplate components with reverse total shoulder arthroplasty: A comparative clinical study in 39 patients. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2022.
180. Romeo AA, Rotenberg DD, Bach BRJ. Suprascapular Neuropathy. *JAAOS - Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 1999;7(6):358-67.
181. Polgaj M, Roźniecki J, Sibiński M, Grzegorzewski A, Majos A, Topol M. The variable morphology of suprascapular nerve and vessels at suprascapular notch: a proposal for classification and its potential clinical implications. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2015;23:1542-8.
182. Boudreau S, Boudreau E, Higgins LD, Wilcox III RB. Rehabilitation following reverse total shoulder arthroplasty. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2007;37(12):734-43.
183. Frankle M, Siegal S, Pupello D, Saleem A, Mighell M, Vasey M. The reverse shoulder prosthesis for glenohumeral arthritis associated with severe rotator cuff deficiency: a minimum two-year follow-up study of sixty patients. *JBJS*. 2005;87(8):1697-705.
184. Du J, Carl M, Bydder M, Takahashi A, Chung CB, Bydder GM. Qualitative and quantitative ultrashort echo time (UTE) imaging of cortical bone. *Journal of Magnetic Resonance*. 2010;207(2):304-11.
185. Carr MW, Grey ML. Magnetic resonance imaging. *Am J Nurs*. 2002;102(12):26-33.
186. Chang EY, Du J, Chung CB. UTE imaging in the musculoskeletal system. *Journal of magnetic resonance imaging*. 2015;41(4):870-83.
187. Currie S, Hoggard N, Craven IJ, Hadjivassiliou M, Wilkinson ID. Understanding MRI: basic MR physics for physicians. *Postgraduate Medical Journal*. 2012;89(1050):209-23.
188. Pooley RA. Fundamental physics of MR imaging. *Radiographics*. 2005;25(4):1087-99.
189. Bae WC, Du J, Bydder GM, Chung CB. Conventional and ultrashort MRI of articular cartilage, meniscus and intervertebral disc. *Topics in magnetic resonance imaging: TMRI*. 2010;21(5):275.
190. Wehrli FW, Song HK, Saha PK, Wright AC. Quantitative MRI for the assessment of bone structure and function. *NMR in Biomedicine: An International Journal Devoted to the Development and Application of Magnetic Resonance In vivo*. 2006;19(7):731-64.
191. Reichert IL, Robson MD, Gatehouse PD, He T, Chappell KE, Holmes J, et al. Magnetic resonance imaging of cortical bone with ultrashort TE pulse sequences. *Magnetic resonance imaging*. 2005;23(5):611-8.
192. Weiger M, Pruessmann K. MRI with zero echo time. *eMagRes*. 2007.

193. Larson PE, Han M, Krug R, Jakary A, Nelson SJ, Vigneron DB, et al. Ultrashort echo time and zero echo time MRI at 7T. *Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine*. 2016;29:359-70.
194. Chang EY, Du J, Statum S, Pauli C, Chung CB. Quantitative bi-component T2* analysis of histologically normal Achilles tendons. *Muscles, ligaments and tendons journal*. 2015;5(2):58.
195. Engström M, McKinnon G, Cozzini C, Wiesinger F. In-phase zero TE musculoskeletal imaging. *Magnetic resonance in medicine*. 2020;83(1):195-202.
196. Suzuki S, Ichikawa K, Tamaki S. Image Quality and Clinical Usefulness of Ray-summation Image Reconstructed from CT Data, Compared with Digital Radiography. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi*. 2017;73(5):372-81.
197. Ljungberg E, Damestani NL, Wood TC, Lythgoe DJ, Zelaya F, Williams SC, et al. Silent zero TE MR neuroimaging: current state-of-the-art and future directions. *Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy*. 2021;123:73-93.
198. Sandberg JK, Young VA, Yuan J, Hargreaves BA, Wishah F, Vasanaawala SS. Zero echo time pediatric musculoskeletal magnetic resonance imaging: initial experience. *Pediatric Radiology*. 2021;51(13):2549-60.
199. Beenakker JM, Wezel J, Groen J, Webb AG, Börner P. Silent volumetric multi-contrast 7 Tesla MRI of ocular tumors using Zero Echo Time imaging. *PLoS One*. 2019;14(9):e0222573.
200. Bae K, Jeon KN, Hwang MJ, Lee JS, Ha JY, Ryu KH, et al. Comparison of lung imaging using three-dimensional ultrashort echo time and zero echo time sequences: preliminary study. *Eur Radiol*. 2019;29(5):2253-62.
201. Inoue A, Watanabe H, Suehiro S, Nishida N, Shiraishi Y, Furumochi T, et al. Clinical utility of new bone imaging using zero-echo-time sequence in neurosurgical procedures: Can zero-echo-time be used in clinical practice in neurosurgery? *Neuroradiol J*. 2023;36(3):289-96.
202. Inoue A, Kohno S, Nishida N, Suehiro S, Matsumoto S, Nishikawa M, et al. Clinical utility of new three-dimensional model using a zero-echo-time sequence in endoscopic endonasal transsphenoidal surgery. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2020;190:105743.
203. Yıldız AE, Yaraşır Y, Huri G, Aydınöz Ü. Optimization of the Grashey View Radiograph for Critical Shoulder Angle Measurement: A Reliability Assessment With Zero Echo Time MRI. *Orthop J Sports Med*. 2022;10(8):23259671221109522.
204. Weiger M, Stampanoni M, Pruessmann KP. Direct depiction of bone microstructure using MRI with zero echo time. *Bone*. 2013;54(1):44-7.
205. Oei L, Koromani F, Rivadeneira F, Zillikens MC, Oei EH. Quantitative imaging methods in osteoporosis. *Quantitative imaging in medicine and surgery*. 2016;6(6):680.
206. Melenevsky Y, Mackey RA, Abrahams RB, Thomson III NB. Talar fractures and dislocations: a radiologist's guide to timely diagnosis and classification. *Radiographics*. 2015;35(3):765-79.

207. Valente C, Haefliger L, Favre J, Omoumi P. Ossification of the acetabular rim: a highly prevalent finding in asymptomatic non-osteoarthritic hips of all ages. *European Radiology*. 2021;31:6802-9.
208. Li Y, Xiong Y, Hou B, Liu C, Wang J, Liu WV, et al. Comparison of zero echo time MRI with T1-weighted fast spin echo for the recognition of sacroiliac joint structural lesions using CT as the reference standard. *European Radiology*. 2022;32(6):3963-73.
209. Albano D, Coppola A, Gitto S, Rapisarda S, Messina C, Sconfienza LM. Imaging of calcific tendinopathy around the shoulder: usual and unusual presentations and common pitfalls. *La radiologia medica*. 2021;126:608-19.
210. Ma Y-J, Chang EY. Ossification of the Posterior Longitudinal Ligament on Zero-TE MRI With "CT-Like" Contrast. *AJR American Journal of Roentgenology*. 2021;217(5):1242-.
211. Breighner RE, Koff MF, Potter HG. Bone Imaging in Musculoskeletal Trauma with Zero Echo-Time MRI.
212. Gross DJ, Golijanin P, Dumont GD, Parada SA, Vopat BG, Reinert SE, et al. The effect of sagittal rotation of the glenoid on axial glenoid width and glenoid version in computed tomography scan imaging. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2016;25(1):61-8.
213. Bokor DJ, D O'Sullivan M, Hazan GJ. Variability of measurement of glenoid version on computed tomography scan. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 1999;8(6):595-8.
214. Hsu JE, Ricchetti ET, Huffman GR, Iannotti JP, Glaser DL. Addressing glenoid bone deficiency and asymmetric posterior erosion in shoulder arthroplasty. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2013;22(9):1298-308.
215. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med*. 2016;15(2):155-63.
216. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of clinical research: applications to practice*: Pearson/Prentice Hall Upper Saddle River, NJ; 2009.
217. Flatow E, Bigliani L. Tips of the trade. Locating and protecting the axillary nerve in shoulder surgery: the tug test. *Orthopaedic Review*. 1992;21(4):503-5.
218. Parisien RL, Paul HY, Hou L, Li X, Jawa A. The risk of nerve injury during anatomical and reverse total shoulder arthroplasty: an intraoperative neuromonitoring study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2016;25(7):1122-7.
219. Jerosch J, Filler T, Peuker E. Which joint position puts the axillary nerve at lowest risk when performing arthroscopic capsular release in patients with adhesive capsulitis of the shoulder? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2002;10:126-9.
220. Bryan WJ, Schauder K, Tullos HS. The axillary nerve and its relationship to common sports medicine shoulder procedures. *The American Journal of Sports Medicine*. 1986;14(2):113-6.
221. Eakin CL, Dvirnak P, Miller CM, Hawkins RJ. The relationship of the axillary nerve to arthroscopically placed capsulolabral sutures. *The American Journal of Sports Medicine*. 1998;26(4):505-9.
222. De Mulder K, Marynissen H, Van Laere C, Lagae K, Declercq G. Arthroscopic transglenoid suture of Bankart lesions. *Acta orthopaedica belgica*. 1998;64(2):160-6.

223. Semenov V, Reshetnikov N. The Bristow-Latarjet operation in the treatment of habitual dislocation of the shoulder. *Ortopediia travmatologiya i protezirovanie*. 1990(5):46-7.
224. Vander Maren C, Geulette B, Lewalle J, Mullier J, Autrique J, Thiery J, et al. Coracoid process abutment according to Latarjet versus the Bankart operation. A comparative study of the results in 50 cases. *Acta Orthopaedica Belgica*. 1993;59(2):147-55.
225. Weber SC, Abrams JS, Nottage WM. Complications associated with arthroscopic shoulder surgery. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2002;18(2):88-95.
226. Nyffeler RW. Design and biomechanics of reverse shoulder prostheses. *Obere Extremität*. 2014;9:51-6.
227. Hoenig MP, Loeffler B, Brown S, Peindl R, Fleischli J, Connor P, et al. Reverse glenoid component fixation: is a posterior screw necessary? *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2010;19(4):544-9.
228. Pérez A, Navas I, Herencias A, Marco F, Sañudo J, Simón C, et al. Morphometry of the suprascapular nerve in the supraspinous fossa. *Eur J Anat*. 2016;20(3):215-20.
229. Shaffer BS, Conway J, Jobe FW, Kvitne RS, Tibone JE. Infraspinatus muscle-splitting incision in posterior shoulder surgery: an anatomic and electromyographic study. *The American Journal of Sports Medicine*. 1994;22(1):113-20.

8. EKLER**Ek 1. Etik Kurul Onay Formu**

