

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI

NORMAL VE PATOLOJİK OMUZ HAREKET
AÇIKLIĞININ ÖLÇÜMÜNDE GONYOMETRE VE 3B
HAREKET ANALİZ SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Sezen Karaşin

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2021-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI

NORMAL VE PATOLOJİK OMUZ HAREKET
AÇIKLIĞININ ÖLÇÜMÜNDE GONYOMETRE VE 3B
HAREKET ANALİZ SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Sezen Karaşin

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Umut Özsoy

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından TYL-2019-4995 proje numarası ile desteklenmiştir.

“Kaynakça gösterilerek tezinden yararlanılabilir”

2021-ANTALYA

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgi ve deneyimleri ile desteğini hiç esirgemeyen, tüm yardımlarını gönülden sunan, planlı ve disiplinli çalışması ile örnek aldığım tez danışmanım Doç. Dr. Umut ÖZSOY'a

Anatomi Anabilim Dalındaki tüm değerli hocalarım ve asistan arkadaşlarıma

Tez çalışma sürecimde çalışmaya alınacak hastaların yönlendirilmesine katkı sağlayan Prof.Dr. İlhan Sezer'e

Lisans eğitimimde olduğu gibi yüksek lisans eğitimim için de her türlü destek ve yardımını gönülden sunan Uzm. Fzt. Kadriye Tombak'a

Çalışmaya dahil edilen bireylerin ölçümleri sırasında çalışmama katkıda bulunan Araş.Gör. Yılmaz Yıldırım'a

Ve ayrıca hayatımın her anında sevgi ve desteklerini hiç esirgemeyen sevgili anneme, babama ve abime sevgi ve saygılarımı sunar, teşekkür ederim.

ÖZET

Amaç: Omuz hareket kısıtlılığı gündelik yaşam aktivitelerini olumsuz yönde etkileyerek yaşam kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Omuz hareket açıklığının doğru olarak belirlenmesi tanı ve tedavinin takibinde önemlidir. Çalışmamızda omuz hareket açıklığının ölçülmesi için klinikte yaygın olarak kullanılan gonyometre cihazının üç boyutlu markır tabanlı hareket analiz sistemi ile uyumunu test ettik.

Yöntem: Çalışmamıza herhangi bir omuz problemi olmayan 30 sağlıklı kişi ile omuz hareket kısıtlılığı olan 35 hasta dahil ettik. Her iki grubun da omuz eklemi hareket açıklıklarını fleksiyon, abdukiyon, dış rotasyon ve iç rotasyon hareketleri sırasında gonyometre ve üç boyutlu markır tabanlı optoelektronik hareket analiz sistemi kullanarak ölçtük. Elde ettiğimiz değerlerin uyumluluğunu inter korelasyon katsayısı (ICC) ile test ettik. Ayrıca gruplar arası eklem hareket açıklığı değerlerini karşılaştırdık.

Bulgular: Çalışmamızın sonucunda her iki yöntem arasındaki ICC değerleri hasta ve sağlıklı bireylerde sırasıyla fleksiyon için 0.85 ve 0.72 , abduksiyon için 0.81 ve 0.89 dış rotasyon için 0.80 ve 0.55 ve iç rotasyon için 0.74 ve 0.56 olarak belirlendi. Her iki yöntemle de bütün hareketler için eklem hareket açıklığı sağlıklı bireylerde hasta bireylere göre anlamlı derecede yüksek bulundu ($p<0.05$). Sağlıklı bireylerde yapılan ölçümlerde metotlar arasında sadece iç rotasyon arasında fark bulunurken ($66.5\pm13.9/58.6\pm13.7$, $p=0.02$), hasta bireylerde dış rotasyon ($44.7\pm15.2/36.3\pm14.8$, $p=0.02$) ve iç rotasyon ($47.7\pm15.8/33.3\pm12.8$ $P<0.001$) hareketlerinde anlamlı farklılıklara rastlandı.

Sonuç: Hasta bireylerde yapılan ölçümlerde daha yüksek olmak üzere her iki yöntem arasında yüksek uyumun olduğu belirlendi. Her iki yöntem ile de sağlıklı ve hasta bireylerin eklem hareket açıklıkları arasındaki anlamlı fark belirlenebildi. Eklem hareket açıklığı ölçümünde araştırmacıların amaca yönelik doğru yöntemi seçmelerinde her iki yöntemin de kendine özgü avantaj ve dezavantajlara sahip olduğunu göz önünde bulundurması gerektiğini düşünüyoruz.

Anahtar Kelimeler: 3B optoelektronik hareket analiz sistemi, Gonyometre, sağlıklı omuz hareketleri, omuz hareket kısıtlılığı

ABSTRACT

Objective: The limitation of shoulder motion negatively affects daily life activities and causes a decrease in the quality of life. Accurate determination of shoulder range of motion (ROM) is essential in diagnosis and follow-up of treatment. Our study tested the compatibility of the goniometer device, which is widely used in the clinic, with the three-dimensional marker-based motion analysis system for measuring shoulder ROM.

Methods: We included 30 healthy subjects without shoulder problems and 35 patients with shoulder ROM limitation in our study. We measured the shoulder joint ROM of both groups during flexion, abduction, external and internal rotation movements using a goniometer and a three-dimensional marker-based optoelectronic motion analysis system. We tested the compatibility of the values with the inter-correlation coefficient (ICC). We also compared the joint ROM values between the groups.

Results: ICC values between both methods were determined as 0.85 and 0.72 for flexion, 0.81 and 0.89 for abduction, 0.80 and 0.55 for external and 0.74 and 0.56 for internal rotation in patients and healthy individuals, respectively. In both methods, the ROM for all movements was found to be significantly higher in healthy individuals than in patients ($p < 0.05$). In the healthy subjects group, the significant difference was detected in internal rotation ($66.5 \pm 13.9 / 58.6 \pm 13.7$, $p = 0.02$); in the patient group, a significant difference was detected in external rotation ($44.7 \pm 15.2 / 36.3 \pm 14.8$, $p = 0.02$) and internal rotation ($47.7 \pm 15.8 / 33.3 \pm 12.8$, $P < 0.001$) between the methods.

Conclusion: The result of our study is showing the high agreement between both methods. This agreement was higher in the patient group. Additionally, both methods successfully revealed the significant difference in ROM values between healthy subjects and patients. Researchers should consider the advantages and disadvantages of both methods when choosing the appropriate measurement method for their purpose.

Keywords: 3D optoelectronic motion analysis system, goniometer, healthy shoulder movements, shoulder motion limitation

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	vii
1 GİRİŞ	1
2 GENEL BİLGİLER	3
2.1 Omuz Anatomisi	3
2.1.1 Omuz Kuşağının Kemik Yapısı	3
2.1.2 Omuz Kuşağının Eklemleri ve Ligamentleri	5
2.1.3 Omuz Kuşağının Kas Yapısı	8
2.2 Omuz Eklemi Biyomekaniği	12
2.3 Omuz Ekleminde Hareket Kısıtlılığına Sebep Olan Patolojiler	14
2.3.1 Omuz Sıkışma Sendromu (İmpingment Sendromu)	14
2.3.2 Rotator Manşet Yırtıkları	15
2.3.3 Donuk Omuz	15
2.3.4 Biceps Tendon Patolojileri	16
2.4 Eklem Hareket Açıklığı Değerlendirme Yöntemleri	16
2.4.1 Gonyometre ile Ölçüm	16
2.4.2 Mezura ile Ölçüm	17
2.4.3 Skorlama Yöntemleri	17
2.4.4 Üç Boyutlu Hareket Analiz Yöntemleri ile Değerlendirme	18
	iii

3	GEREÇ ve YÖNTEM	20
3.1	Gonyometre ile Ölçüm Yöntemi	25
3.2	3B Markır Tabanlı Hareket Analiz Sistemi	28
3.3	Constant Skorlaması	37
4	BULGULAR	40
5	TARTIŞMA	49
5.1	Sağlıklı bireylerin omuz hareket açıklığının gonyometre kullanılarak belirlenmesi	50
5.2	Sağlıklı bireylerin omuz hareket açıklığının marker tabanlı 3B hareket analiz sistemi kullanılarak belirlenmesi	51
5.3	Sağlıklı bireylerde gonyometre aracılığı ile ölçülen omuz hareket açıklığının cinsiyetler arasındaki farklılığının incelenmesi	52
5.4	Sağlıklı bireylerde 3B hareket analiz sistemi aracılığı ile ölçülen omuz hareket açıklığının cinsiyetler arasındaki farklılığının incelenmesi	53
5.5	Sağlıklı bireylerde gonyometre ve 3B hareket analiz yöntemi kullanılarak elde edilen omuz hareket açıklığının karşılaştırılması	53
5.6	Omuz hareket kısıtlılığı olan bireylerin omuz hareket açıklığının gonyometre kullanılarak belirlenmesi	55
5.7	Omuz hareket kısıtlılığı olan bireylerin omuz hareket açıklığının marker tabanlı 3B hareket analiz sistemi kullanılarak belirlenmesi	56
5.8	Omuz hareket kısıtlılığı olan bireylerde gonyometre ve 3B hareket analiz yöntemi kullanılarak elde edilen omuz hareket açıklığının karşılaştırılması	58
5.9	Eklem hareket açıklığı değerlerinin Constant-Murley skoru ile ilişkisinin incelenmesi	59
6	SONUÇ ve ÖNERİLER	61
	KAYNAKLAR	62
	ÖZGEÇMİŞ	68

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Hasta bireylerin problemli omuza ait şikâyetleri ve almış oldukları tanılar	21
Tablo 3.2. Constant-Murley Skorlaması	38
Tablo 4.1. Çalışmaya dahil edilen bireylerin özellikleri	40
Tablo 4.2. Gonyometri ölçümü ile sağlıklı ve hasta bireylerin omuz hareketlerindeki EHA değerleri	41
Tablo 4.3. 3B hareket analizi ile omuz hareketlerinin problemli ve normal omuz gruplarında karşılaştırılması	41
Tablo 4.4. Sağlıklı bireylere ait gonyometre ve 3B hareket analiz yöntemi ile ölçülen omuz eklem hareket açıklığı değerleri	43
Tablo 4.5. Hasta bireylere ait gonyometre ve 3B hareket analiz yöntemi ile ölçülen omuz eklem hareket açıklığı değerleri	43
Tablo 4.6. ICC: interkorelasyon katsayısı, 3B hareket analiz sistemi ve gonyometrenin değerlendirmeye alınan hareketlerdeki güvenilirlik değerleri	44
Tablo 4.7. Gonyometre ölçüm methodu ile yapılan sağlıklı kadın- erkek bireylere ait omuz EHA değerleri	46
Tablo 4.8. 3B hareket analiz sistemi kullanılarak elde edilen sağlıklı kadın- erkek bireylere ait EHA değerleri	46
Tablo 4.9. Gonyometre kullanılarak hasta kadın- erkek bireylere ait EHA değerleri	47
Tablo 4.10. 3B hareket analiz sistemi kullanılarak elde edilen hasta kadın- erkek bireylere ait EHA değerleri	47
Tablo 4.11. Markır tabanlı hareket analiz sistemi ve gonyometre ile Constant skorlaması arasındaki uyumu gösteren ICC (interkorelasyon katsayısı) değerleri	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Eklem ve ligamentler	6
Şekil 2.2. Art.glenohumerale	8
Şekil 2.3. Rotator manşet kas grubu	9
Şekil 2.4. Omuz kuşağı arka grup kasları	11
Şekil 2.5. Gonyometre cihazı	17
Şekil 3.1. Gonyometre ile omuz EHA ölçümü	26
Şekil 3.2. Belirli anatomik noktalar üzerine yapıştırılan on altı adet pasif yansıtıcı	29
Şekil 3.3. 3B hareket analiz sistemi ile omuz EHA ölçümü	30
Şekil 3.4. Sağ tarafa ait görüntü modelleme işlemi	31
Şekil 3.5. Markır interpolasyon ve filtreleme protokolü	32
Şekil 3.6. Vektör ve referans sistemi oluşturma protokolü	33
Şekil 3.7. Euler ve hareket döğüsünün belirlenmesi için kullanılan protokol	33
Şekil 3.8. Açısal değerlerin tespiti için kullanılan protokol	34
Şekil 3.9. Hareketin grafiksel olarak gösterilmesi için kullanılan protokol	34
Şekil 3.10. Üç boyutlu açısal analiz için oluşturulan vektörler	35
Şekil 3.11. Sağlıklı bireyin fleksiyon hareket analizine ait grafik	37
Şekil 4.1. Sağlıklı omuz ve hasta omuza ait yapılan tüm hareketlerin maksimum ve minimumlarının ortalamasını gösteren grafikler	42
Şekil 4.2. Gonyometre ve 3B hareket analiz sisteminin karşılaştırılmasında farklara karşın ortalama değerleri gösteren Bland-Altman grafikleri	45

SİMGELER ve KISALTMALAR

3B	Üç boyutlu
AC	Articulatio acromioclaviculare
AOOS	Amerikan Ortopedi Cerrahları Derneği
Art	Articulatio
C1	Servikal birinci vertebra
C4	Servikal dördüncü vertebra
C6	Servikal altıncı vertebra
C7	Servikal yedinci vertebra
CMS	Constant Murley Skorlaması
EHA	Eklem Hareket Açıklığı
EL	Epicondylus lateralis
EM	Epicondylus medialis
ESSE	Avrupa Omuz ve Dirsek Cerrahisi Derneği
GH	Articulatio glenohumerale
ICC	İnterclass korelasyon katsayısı
IJ	Incisura jugularis
ISB	Uluslararası Biyomekanik Derneği

ISG	Uluslararası Omuz Birliği
JCS	Ortak koordinat sistemi
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
Proc.	Proccesus
PX	Proccesus xiphoideus
SC	Articulatio sternoclaviculare
SHR	Scapula humeral ritm
SS	Standart Sapma
T1	Torakal birinci vertebra
T12	Torakal on ikinci vertebra
T2	Torakal ikinci vertebra
T4	Torakal dördüncü vertebra
T5	Torakal beşinci vertebra
T8	Torakal sekizinci vertebra

1 GİRİŞ

Omuz hareketleri, günlük yaşam aktivitelerini gerçekleştirmek için önemlidir. Omuz fonksiyon bozuklukları, hareketi kısıtlayarak yaşam kalitesinin düşmesine neden olabilir **(Bergstrom ve ark., 1985; Matsen ve ark., 1995)**. Günlük yaşam aktivitelerini kolaylaştırmak için omuz hareket açıklığını (EHA) optimize etmek klinisyenler için önemli bir hedeftir. Bu sebeple omuz hareket açıklığının doğru bir şekilde ölçülmesi önemlidir. Yapılan birçok çalışmada günlük yaşam aktiviteleri gerçekleştirmek için gerekli omuz hareketleri incelemiştir **(J. J. Lin ve ark., 2005; van Andel ve ark., 2008; P. J. Rundquist ve ark., 2009)**. Bu çalışmalarda, standart gonyometriden üç boyutlu hareket analiz sistemlerine kadar çeşitli ölçüm teknikleri kullanılmıştır. Omuz ekleminin karmaşık yapısından dolayı, her tekniğin fonksiyonel hareketi ölçmede kendine özgü zorlukları vardır. Bu sebeple eklem açıklığı ölçmek için altın standart bir yöntem önermek zordur.

Beshara ve arkadaşları altın standart yöntem olarak kabul ettikleri gonyometre ölçümleriyle HumanTrack sisteminin omuz fleksiyon ve abduksiyon hareketine ait eklem hareket açıklığı ölçümlerini karşılaştırmışlardır **(Beshara ve ark., 2020)**. Çalışmaya 50 sağlıklı birey dahil edilmiştir. Her iki yöntem arasındaki uyum interclass correlation katsayısı (ICC) fleksiyon hareketi için 0.84 olarak hesaplanırken abduksiyon hareketi için 0.59 olarak hesaplanmıştır. Benzer bir diğer çalışma ise Lee ve arkadaşları tarafından yapılmıştır **(S. H. Lee ve ark., 2015)**. Donuk omuz tanısı almış 12 hasta ve 15 sağlıklı bireyin dahil edildiği bu çalışmada omuz fleksiyon, abduksiyon ve dış rotasyon hareketlerini gonyometre ve 3B hareket analiz sistemi kullanarak değerlendirmiştir. Her iki yöntem arasındaki uyum ICC ile gösterilmiştir. Fleksiyon hareketi için ICC değeri 0.864, abduksiyon hareketi için 0.932 ve dış rotasyon hareketi için 0.925 olarak belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tüm hareketler için gonyometre ve markırsız hareket analiz sistemi arasında çok yüksek derecede bir uyum olduğu görülmüştür. Bir diğer çalışmayı ise Hawi ve arkadaşları altın standart yöntem olarak kabul ettikleri gonyometre ve Kinect hareket analiz sistemi ile yedi katılımcının bilateral olarak omuz EHA ölçümlerini karşılaştırmışlardır **(Hawi ve ark., 2014)**. Abduksiyon hareketi için iki yöntem arasındaki uyum zayıf-orta olarak belirtilmiştir

(ICC 0.184). Çalışmacılar iki yöntem arasındaki düşük uyum nedeniyle klinikte kullanılacak olan hareket analiz sistemine ait ölçüm protokolünde iyileştirmeler yapılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Wilson ve arkadaşları 49 sağlıklı bireyin dahil edildiği bir çalışmada altın standart yöntem olarak kabul ettikleri markır tabanlı hareket analiz sistemini (Vicon) kullanarak Kinect hareket sisteminin doğruluğunu değerlendirmişlerdir **(Wilson ve ark., 2017)**. Her iki yöntem ile de omuz fleksiyon, abduksiyon, iç ve dış rotasyon değerlerine bakılmıştır. Tüm omuz hareketleri için her iki yöntem arasındaki uyum ICC değerlerine göre 0.961 ile 0.991 arasında değişmektedir. Omuz eklemine ait tüm hareketlerde iki yöntemin birbiri ile yüksek oranda uyumlu olduğunu bildirmişlerdir.

Kuster ve arkadaşları tarafından ucuz ve pratik olduğu düşünülen KinectOne'nın geçerliliğini değerlendirmek için altın standart bir markır tabanlı hareket analiz sistemi ile karşılaştırılması yapılmıştır **(Kuster ve ark., 2016)**. Markır tabanlı hareket analiz sistemi olarak 6 kameralı Vicon kullanılmıştır. Çalışmaya 20 sağlıklı birey dahil edilmiştir. Bireyler omuz fleksiyon, abduksiyon ve dış rotasyon hareketlerini yapmışlardır. Omuz abduksiyon değerini markır tabanlı sistem 165.9° , KinectOne 166.3° olarak ölçmüştür. Markır tabanlı sistem ve KinectOne fleksiyon ve dış rotasyon değerlerini sırasıyla 160.8° , 172.5° ve 90.5° , 93.8° olarak hesaplamıştır. Her iki yöntem arasındaki çoklu korelasyon katsayısı abduksiyon hareketi için 0.99, fleksiyon için 0.97 ve dış rotasyon için 0.98'tir.

Çalışmamızda literatürde yeni yöntemlerin güvenilirliğini test etmekte altın standart olarak en çok kullanılan iki yöntem olan gonyometre ve markır tabanlı 3B hareket analiz yönteminin uyumluluğunu hem sağlıklı hem de omuz hareket kısıtlılığı olan hastalarda test ettik.

2 GENEL BİLGİLER

Omuz kompleksini oluşturan kemikler os humerus, os clavícula ve os scapula; eklemleri ise art. glenohumerale, art. acromioclaviculare, art. sternoclaviculare ve art. scapulotorasica'dır. Omuz eklemi, üst ekstremité ile toraks arasındaki bağlantıyı sağlar ve geniş bir hareket açıklığı olan oldukça mobil ve dinamik bir eklemdir. Tüm yönlerde geniş bir hareket aralığına sahip olmasının amacı dirsek hareketi ile birlikte, elin fonksiyonelliğini arttırmaktır. Omuz eklemi bu işlevi bazı statik ve dinamik stabilizatör yapıların yardımı ile gerçekleştirir **(Culham ve Peat, 1993)**.

Statik stabilizatörler kemik, negatif eklem içi basınç, labrum glenoidale ve eklem kapsülü ile birlikte glenohumeral ligamentleri içerir. Dinamik stabilizatör yapıları ise rotator manşet kasları ve omuz eklemi çevreleyen diğer kaslar oluşturur. Rotator manşet kasları 4 adet kastan oluşmaktadır. Bunlar m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. subscapularis ve m. teres minor'dür. Bu yapılar art. glenohumerale'nin hareketlerine destek olur **(Lugo ve ark., 2008)**. Omuz kompleksinde tam bir hareketin meydana gelmesi için omuz kompleksinin tüm eklemlerin koordineli ve senkronize çalışması gerekmektedir. Art. glenohumerale omuz kompleksindeki hareketin merkezi kabul edilir iken art. acromioclaviculare ve art. sternoclaviculare hareketin daha geniş bir açıda yapılmasını sağlar **(Hess, 2000)**.

2.1 Omuz Anatomisi

2.1.1 Omuz Kuşağının Kemik Yapısı

Clavícula

Birinci costa'nın hemen üzerinde horizontale yakın bir yerleşim gösteren clavícula; uzun kemikler grubundadır. Ekstremitas sternalis ve ekstremitas acromialis olmak üzere 2 ucu ve bir corpusu bulunan S şeklinde bir kemiktir. Ekstremitas sternalis denilen medial taraftaki ucu manubrium sterni ile ekstremitas acromialis denilen lateral taraftaki ucu ise acromion ile eklem yapar **(K. Arıncı, Elhan,A., 2006b)**. Clavícula'nın 2 yüzü bulunmaktadır. Alt yüzü üst yüzüne göre daha pürüklüdür. Alt yüzde ligamentum conoideum'un tutunduğu tuberculum conoideum ile ligamentum costoclavicularis'in tutunduğu tuberositas ligamenti costoclavicularis bulunur. Ayrıca alt yüzde sulcus

musculi subclavii denilen bir oluk bulunur (**Gökmen, 2003**). Clavicula; kolun gövdeden ayrı tutulmasında bir destek görevi görür. Ayrıca üst ekstremitedeki kuvvetin gövdeye iletilmesini sağlar (**Snell, 2012**).

Scapula

Toraksın arka duvarında bilateral olarak yerleşim gösteren yassı bir kemiktir. İkinci ve yedinci kostaların arasında bulunur (**Snell, 2012**). Scapula'nın facies costalis ve facies posterior olmak üzere 2 yüzü bulunmaktadır. M. subscapularise ait kas liflerinin yapışma izleri facies costalis denilen konkav yüzde bulunur. Konveks olan yüz ise facies posterior'dur. Facies posterior'da bulunan spina scapula, scapula'nın arka yüzünü fossa supraspinata ve fossa infraspinata olmak üzere 2 bölgeye ayırır. Spina scapula'nın laterale doğru acromion adında geniş basık bir uzantısı bulunur. Acromion clavicula ile eklem yapar (**Taner, 2011**). Scapula'nın 3 köşesi vardır. Angulus lateralis, angulus superior ve angulus inferior. Angulus inferior yaklaşık olarak torakal 8.vertebra (T8) hizasına denk gelir (**Snell, 2012**). Scapula'nın en kalın köşesi angulus lateralis'tir. Angulus lateralis üzerinde cavitas glenoidalis adı verilen yumurta şeklinde bir oluşum yer alır. Cavitas glenoidalis humerus'un caput humerisi ile eklem yapar. Eklem konkav yüzünü cavitas glenoidalis oluşturur. Tuberculum supraglenoidale ve tuberculum infraglenoidale cavitas glenoidalis üzerindeki kemik çıkıntılarıdır. M. biceps brachii'nin uzun başı tuberculum supraglenoidale'ye tutunurken M. triceps brachii'nin uzun başı tuberculum infraglenoidale'ye tutunur (**Gökmen, 2003**).

Humerus

Uzun bir kemik olan humerus'un iki ucu ve bir corpus'u vardır (**Snell, 2012**). Uçları; ekstremitas proksimalis ve ekstremitas distalis olarak isimlendirilir. Ekstremitas proksimalis'te caput humeri görülmektedir. Küre biçimindeki caput humeri scapula'nın cavitas glenoidalis'i ile articulatio spherioidea tipinde bir eklem oluşturur. M. supraspinatus, m. infraspinatus ve m. teres minor caput humeri üzerinde bulunan tuberculum majus'a tutunur iken tuberculum minus'a m. subscapularis tutunur. Tuberculum majus ve minus arasındaki oluğa sulcus intertubercularis denilmektedir. Sulcus intertubercularis'ten m. biceps brachii'nin uzun başı ve arteria circumflexia humeri anterior'un bir dalı geçer (**K. Arıncı, Elhan,A., 2006b**). Caput humeri'den geçen

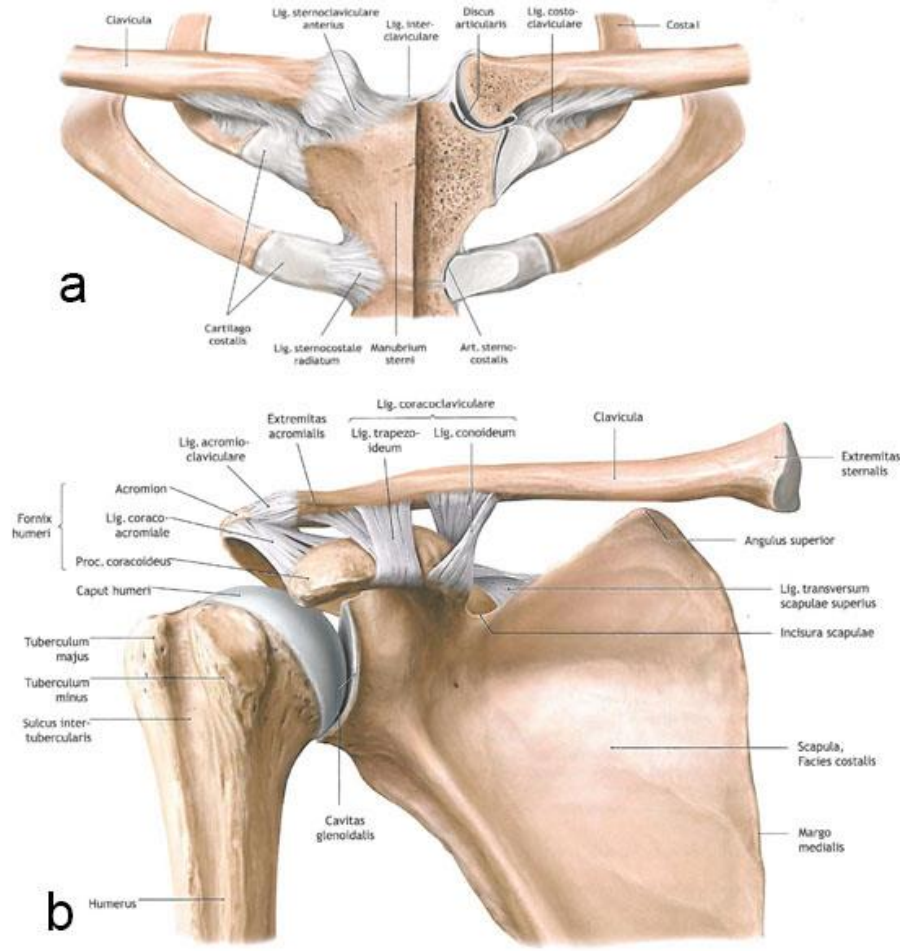
transvers eksen ile yere paralel transvers eksen arasında yaklaşık olarak 16 derecelik bir açı olmasının nedeni caput humeri'nin içe ve öne doğru bir pozisyonda olmasıdır. Caput humeri'nin bu pozisyonu aynı zaman da corpus humeri ile de arasında yaklaşık olarak 130 derecelik bir açı oluşturmaktadır (Gökmen, 2003).

2.1.2 Omuz Kuşağının Eklemleri ve Ligamentleri

Humerus, scapula, clavícula ve sternum kemikleri üç anatomik eklem ile birbirleri arasında bağlantı sağlamaktadır. Bu 3 anatomik eklem; art. acromioclaviculare (AC), art. sternoclaviculare (SC) ve art. glenohumerale (GH) olarak isimlendirilir (Şekil 2.1.) . Literatürde scapula ile toraks arasındaki bağlantıyı sağlayan dördüncü bir eklemden bahsedilir. Ancak bu eklem gerçek bir anatomik eklem olmayıp bir fizyolojik eklemdir. Scapula'nın toraks üzerinde kayma hareketi yapmasını sağlayan bu eklem art. scapulohumeralis'dir. Tüm eklemlerinin koordineli hareket etmesi sayesinde vücuttaki en geniş hareket aralığı omuz eklemine aittir. Ancak bu kadar geniş bir hareket aralığına sahip olması eklem stabilizasyonunu zorlaştırır (Quental, 2012).

Articulatio Sternoclaviculare

Clavícula'nın medial ucundaki facies articularis sternalis ile manubrium sterni'daki incisura clavicularis ve 1.kıkırdak costa arasında oluşan diarthrodial bir eklemdir (Tuscano ve ark., 2009). Clavícula ve sternum'un eklem yüzeyleri arasındaki uyumu discus articularis sağlar. Discus articularis eklem boşluğunu ikiye ayırır. Art. sternoclaviculare'nin bağları; ligamentum sternoclaviculare anterius, ligamentum sternoclaviculare posterius, ligamentum costoclaviculare ve ligamentum interclaviculare'dir (Kiel ve ark., 2020). Eklem stabilitesi, üstte ligamentum interclaviculare, arkada ligamentum sternoclaviculare posterius ve capsula articularis tarafından sağlanır (Goldstein, 2004).



Şekil 2.1. Eklem ve ligamentler

a.Art. sternoclaviculare, b. Art.humeri ve art.acromioclaviculare (Schünke, 2007a)

Lig. costoclaviculare; Yukarıda impressio ligamenti costoclavicularis'e aşağıda ise 1.kıkırdak ve kemik costa'nın üst kenarına tutunur (K. Arıncı, Elhan, A., 2006a). Art. sternoclaviculare'nin temel stabilizatörüdür. Bu bağ clavicula'nın elevasyon ve rotasyon hareketini sınırlamaktadır (Goldstein, 2004). Sternoclavicular eklemnin temel hareketleri elevasyon, retraksiyon ve aksiyal rotasyondur (Gutierrez Delgado ve ark., 2017).

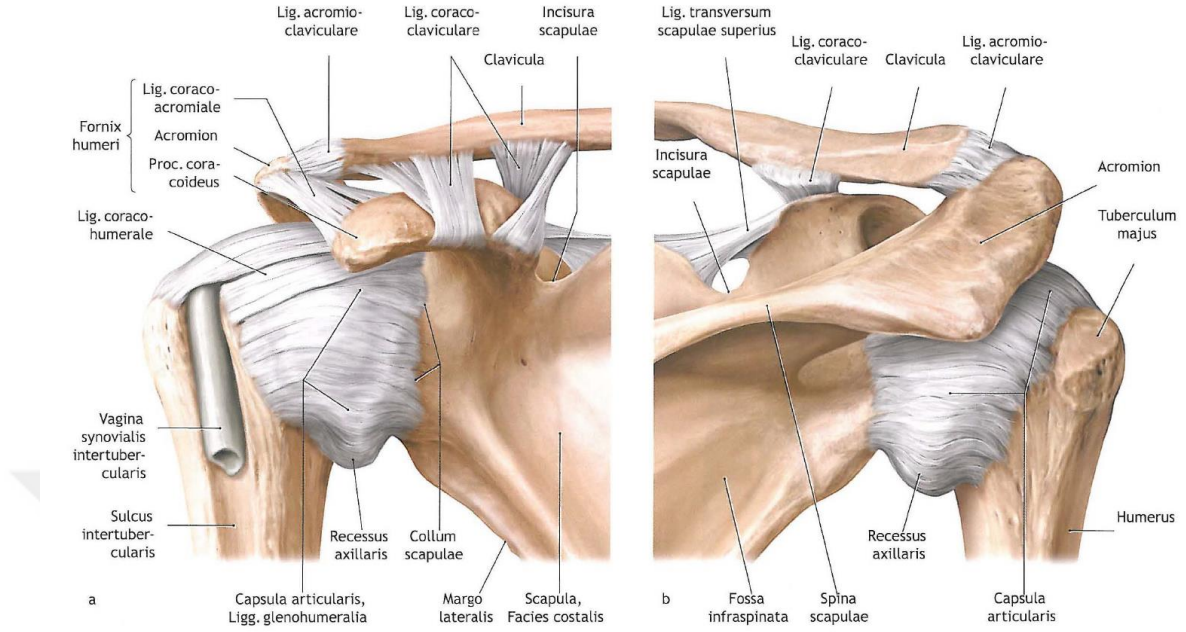
Articulatio Acromioclaviculare

Clavicula'nın lateral ucu ile scapula'nın acromionu arasında bulunan sinoviyal tipte bir eklemdir. Eklem boşluğunda fibrokartilaginöz yapıda discus articularis bulunur (Snell, 2012). Eklem yüzeylerine tutunan ve eklemi saran bir kapsül vardır. Bu eklem kapsülü, capsula articularis, oldukça gevşek bir yapıdadır. Capsula articularis'i üstten destekleyen

bağ lig. acromioclaviculare'dir. Art. acromioclaviculare'nin stabilizasyonunu sağlayan esas bağ lig. coracoclaviculare'dir (**Goldstein, 2004**). Bu bağ lig. trapezoideum ve lig. conoideum olmak üzere 2 parçadan oluşur. Bu iki parça arasında sinoviyal bir bursa yer almaktadır (**Gökmen, 2003**). Acromioclavicular eklem hattı hafif kavisli ve obliktir. Acromion'un clavícula'nın lateral ucu üzerinde kayma hareketi yapmasını sağlar. Bu kayma hareketi sayesinde omuz hareketleri sırasında scapula'nın fossa glenoidalis'i caput humeri'ye doğru dönük kalmaktadır. Acromioclavicular eklem, clavícula ile scapula arasında kuvvet iletiminin sağlanması, üst ekstremité ağırlığının taşınması yanı sıra tüm omuz hareketlerine katkıda bulunur (**Peat, 1986**).

Articulatio Glenohumerale

Articulatio glenohumerale humerus'un caput humeri'si ile scapula'nın armut şeklindeki fossa glenoidalis'i arasında meydana gelir (Şekil 2.2.). Eklem yüzleri hiyalin kıkırdak ile örtülüdür. Humerus'un eklem yüzeyi scapula'nın eklem yüzeyinden daha geniştir. Eklem yüzeylerindeki uyumu arttırmak için fossa glenoidalis fibrokartilajinöz yapıdaki labrum glenoidale ile derinleşir. Art.glenohumerale üç ekseninde de hareket edebilen sferoid tipte bir eklemdir (**Goldstein, 2004**). Omuzun fleksiyon-ekstansiyon, abduksiyon-adduksiyon, internal-eksternal rotasyon hareketleri gerçekleştirilir (**Pamela K. Levangie, 2011**). Eklemi saran eklem kapsülü oldukça gevşek bir yapıdadır. Capsula articularis adı verilen bu eklem kapsülü labrum glenoidale'yi ve humerus'taki collum anatomicum'u çevreler (**Culham ve Peat, 1993**). Eklem kapsülü humerus'ta bulunan tuberculum majus ve tuberculum minus'u sarmaz (**K. Arıncı, Elhan, A., 2006a**). Kol gövdenin yanındayken kapsülün üst kısmı gergin alt kısmı ise gevşektir. Omuzun abduksiyonu sırasında ise kapsülün üst kısmı gevşerken alt kısmı gerilir. Lig. glenohumerale superior, lig. glenohumerale inferior ve lig. glenohumerale mediale; eklem kapsülünün ön kısmını güçlendirir. Lig. coracohumerale processus coracoideus'un laterale tutunur. Humerus'taki tuberculum majus'un medially doğru uzanır. Eklem kapsülünün üst kısmını destekler. Omuz eklemi bölgesinde birkaç bursae vardır. Subdeltoid bursa oldukça geniştir. M. deltoideus ile eklem kapsülü arasında yer alır. Subacromial bursa, lig. coracoacromiale ve acromion altında bulunur (**Lynn S. Lippert, 2011a**).



Şekil 2.2. Art.glenohumerale
Sağ taraf a. ön ve b. arkadan görünüş (Schünke, 2007b)

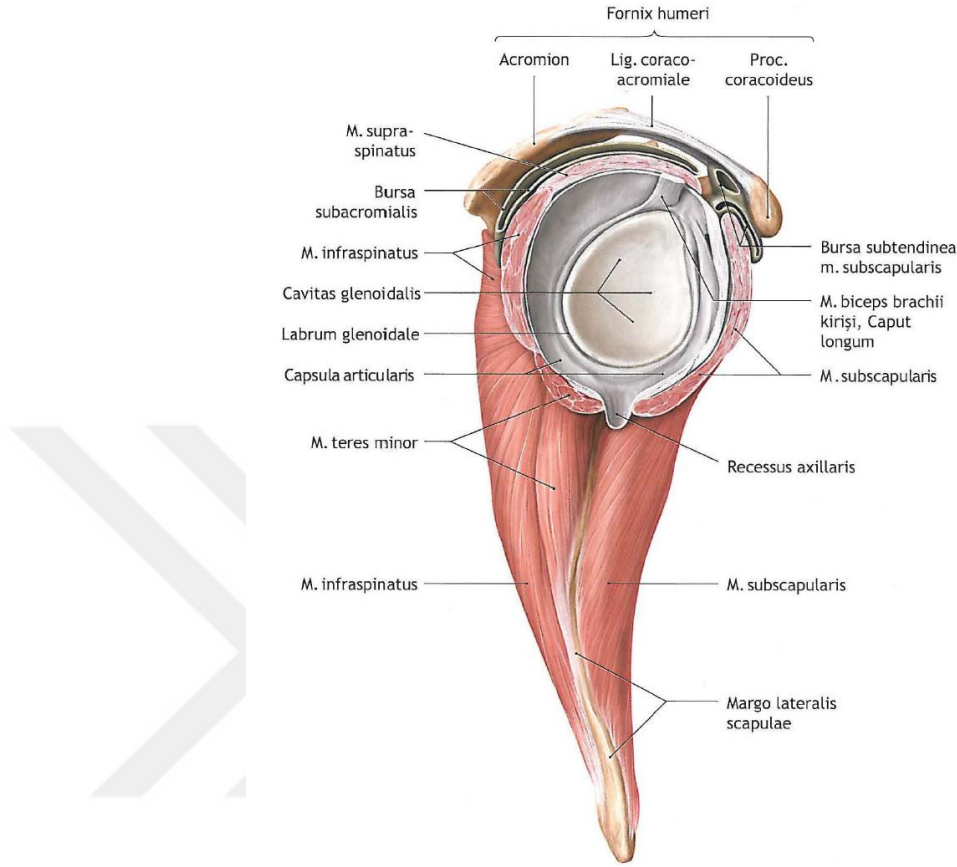
Articulatio Scapulathoracica

Scapula'nın toraks ile eklemleşmesi ile oluşur. Fibröz, kartilaginöz veya sinovyal dokuların kemik segmentlerle bağlantısının olmamasından dolayı gerçek bir anatomik eklem değildir. Scapula'nın toraks ile eklemleşmesi art. acromioclaviculare ve art. sternoclaviculare'nin bütünlüğüne bağlıdır. Scapula'nın toraks üzerindeki herhangi bir hareketi, acromioclavicular eklemde, sternoclavicular eklemde veya her ikisinde de hareket ile sonuçlanır. Scapulotorasik eklemde scapula'nın aşağı-yukarı rotasyonu, iç-dış rotasyonu ve öne-arkaya tilt hareketi gerçekleşir (Pamela K. Levangie, 2011).

2.1.3 Omuz Kuşağının Kas Yapısı

Rotator Manşet Kasları

M. supraspinatus, m. infraspinatus, m. subscapularis ve m. teres minor tarafından oluşturulan kas grubunun genel adıdır (Şekil 2.3.) . Rotator manşet kasları omuz ekleminin stabilize edilmesinde büyük rol oynar. Bu kaslar omuz hareketleri sırasında humerus başını fossa glenoidalis'te tutmaya yardımcı olur (Snell, 2012).



Şekil 2.3. Rotator manşet kas grubu (Schünke, 2007c)

M. supraspinatus

Spina scapula üzerindeki fossa supraspinata'da yerleşim göstermektedir. Acromion'un altından geçerek humerus'ta bulunan tuberculum majus'a yapışır. Omuzun abduksiyon hareketinde görev yapar (Lynn S. Lippert, 2011a). M. supraspinatus'un bir diğer görevi ise art. glenohumerale'yi stabilize etmektir (Pamela K. Levangie, 2011).

M. infraspinatus

Spina scapula'nın altında bulunan fossa infraspinata'da yerleşim gösterir. Humerus'un tuberculum majus'una yapışır (Lynn S. Lippert, 2011a). M. supraspinatus ve m. infraspinatus'un inervasyonunu sağlayan nervus suprascapularis'in zarar görmesi durumunda omuzun abduksiyon hareketi azalır (Pamela K. Levangie, 2011). Omuz ekleminin posterior'a ve superior'a translasyonuna engel olarak glenohumeral eklemin stabilizasyonunu sağlar. Eksternal rotasyon hareketine yardımcı olur (Halder, 2000).

M. teres minor

Scapula'nın lateralinden başlayıp tuberculum majus'ta sonlanır. Omuzun eksternal rotasyon hareketini yapmasını sağlar (Lynn S. Lippert, 2011a).

M. subscapularis

Scapula'nın ön yüzündeki fossa subscapularis'te yerleşim gösterir. Caput humeri'de bulunan tuberculum minor'de sonlanır. Nervus subscapularis tarafından inerve olan bu kas omuzun abduksiyon hareketine yardım eder. İç rotasyon hareketinden sorumludur (Kadi ve ark., 2017).

M.teres major

Scapula'nın arka yüzeyinin inferiolateral kısmından başlayan m.teres major tuberculum minor'de sonlanır (Di Giacomo, 2008). Omuz adduksiyon, ekstansiyon ve internal rotasyon hareketini sağlamaktadır (Halder, 2000).

M. deltoideus

Koni şekilli geniş bir kas grubudur. Ön, arka ve orta olmak üzere üç parçadan oluşmaktadır. M. deltoideus'un ön parçası clavicula'nın lateral 1/3 ünden başlar iken arka parçası spina scapula'dan başlar. Bu 3 parça humerus'ta bulunan tuberositas deltoidea'da sonlanır. M. deltoideus ve m. pectoralis major birbiri ile yakın temas halindedir. Cerrahlar, bu iki kas arasındaki üçgen şeklindeki deltopectoral aralıktan m. subscapularis kasının tendonuna ve art. glenohumerale'nin ön yüzüne ulaşır. Bu aralıktan vena cephalica ve arteria thoracoacromiale'nin bir dalı geçer (Gumina, 2017). Kolun ilk 15 derecelik abduksiyon hareketi m. supraspinatus tarafından sağlanır. 15 derecelik abduksiyon hareketinin devamı m. deltoideus tarafından yaptırılır.

M. trapezius

M. trapezius toraksın arkasında yüzeyel olarak bulunan en büyük scapulotorasik kastır. Üst, orta ve alt olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır (Şekil 2.4.) . Üst parça, oksiput, lig. nuchae ve C6'dan orjin almaktadır. Clavicula'nın arka-dış köşesi ve art. acromioclaviculare'de sonlanmaktadır. Orta ve alt parça ise C7'den T12'ye kadar olan vertebraların processus spinosus'larından başlamaktadır. Orta parça spina scapula'nın üst kenarına, alt parça ise spina scapula'nın medialine yapışmaktadır (Di Giacomo,

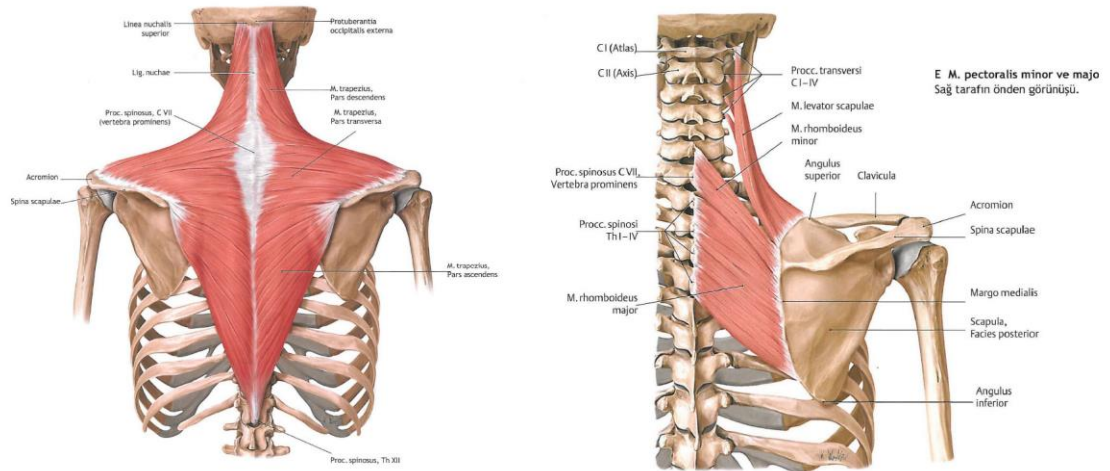
2008). M. trapezius'un üst parçası scapula'nın elevasyonunu ve yukarı doğru rotasyonunu sağlamaktadır. Orta parçaya ait lifler horizontal yerleşim gösterir. Bu lifler scapula'ya retraksiyon hareketini yaptırmaktadır. Alt parçaya ait lifler tıpkı üst parçanın lifleri gibi diagonal olarak dizilmişlerdir. Alt parça ise scapula'nın depresyon ve yukarı doğru rotasyon hareketini gerçekleştirmektedir (**Lynn S. Lippert, 2011a**).

M.levator scapula

M. trapezius kası ile örtülüdür. C1-C4 foramen transversarium'lardan başlayıp scapula'nın üst köşesinde sonlanır (Şekil 2.4.) . Temel görevi scapula'ya elevasyon ve aşağı doğru rotasyon yaptırmaktır (**Lynn S. Lippert, 2011a**).

M. rhomboideus

M. trapezius kasının altında yer alan dörtgen şekilli bir kastır. M. rhomboideus major ve m. rhomboideus minor alt alta paralel olarak yerleşen iki kastır (Şekil 2.4.). M. rhomboideus minor, lig. nuchae ve C7-T1 vertebralarının proc. spinosus'larından orjin alır. Scapula'nın medial kenarında sonlanır. M.rhomboideus major ise hemen bu kasın altında yerleşim gösterir. T2-T5 vertebraların proc. spinosus'larından başlayarak scapula'nın medialinde sonlanma gösterir (**Lynn S. Lippert, 2011a**). Scapula'nın elevasyon ve retraksiyon hareketinde rol oynar (**Snell, 2012**).



Şekil 2.4. Omuz kuşağı arka grup kasları
M.trapezius, m.levator scapula, m.rhomboideus (**Schünke, 2007d**)

2.2 Omuz Eklemi Biyomekaniği

Omuz kuşağını oluşturan eklemlerin senkronize hareket etmesi elin uzaydaki hareketliliğine ve konumlandırılmasına katkı sağlar. Bu yüzden herhangi bir eklemden kaynaklanan patoloji, tüm üst ekstremitenin işleyişinde kısıtlılığa yol açar.

Üst ekstremitte art. sternoclaviculare aracılığı ile toraksa bağlıdır. Bu eklem önemli bir kuvvet aktarımı gerçekleştirirse de sınırlı harekete sahiptir (**Gross, 2015**). Art. sternoclaviculare frontal ve transvers düzlemde serbestçe hareket edebilir iken sagittal düzlemde gerçekleşen öne - arkaya olan hareketi sınırlıdır (**Hall, 2012**). M. serratus anterior tarafından clavicula'nın öne doğru hareketi gerçekleştirilir. Clavicula'nın geriye doğru hareketi ise m. rhomboideus ve m. trapezius tarafından sağlanır. Clavicula'nın elevasyon hareketi m. sternocleidomastoideus, m. levator scapula ve m. trapezius tarafından meydana gelir. Depresyon hareketi ise m. pectoralis minor ve m. subclavius tarafından yaptırılır (**Snell, 2012**). Art. sternoclaviculare yaklaşık 30° - 35° yukarı yönde elevasyon, 35° ön - arka translasyon ve clavicula'nın uzun eksen etrafında 50° rotasyon hareketi gerçekleştirir (**Bontempo ve Mazzocca, 2010**). Clavicula'nın sternum'a göre yapmış olduğu 50°'lik rotasyon hareketinin 5° ile 8° derecesi art. acromioclaviculare tarafından gerçekleştirilir.

Art. acromioclaviculare scapular hareketlilik için oldukça önemlidir. Bu yüzden bu ekleme bağlı yaralanmalar scapular diskinezi ile sıklıkla ilişkilendirilir (**Mall ve ark., 2013**). Art. acromioclaviculare'de meydana gelen hareketler; internal/eksternal rotasyon, anterior/posterior tilt, aşağı/yukarı rotasyon'dur. Vertical ekseninde yapılan internal/eksternal rotasyon hareketi 20° ile 35° arasında gerçekleşmektedir. Coronal düzlemde meydana gelen anterior/posterior tilt hareketi 20° ile 40° arasındadır. Anterior tilt, acromion'un öne ve aşağıya doğru hareketi olup posterior tiltte ise acromion geriye angulus inferior öne hareket eder. Art. acromioclaviculare'nin üçüncü hareketi, yukarı/aşağı rotasyondur. Conway ve arkadaşları, yukarı doğru rotasyon hareketini 30°, aşağı doğru rotasyon hareketini 17° olarak tanımlamıştır (**Pamela K. Levangie, 2011**).

.

Art. sternoclaviculare ve art. acromioclaviculare eklem hareketlerinin izole olarak ölçülmesi ve gözlemlenmesi toraks üzerindeki scapula hareketlerinin ölçülmesinden daha zordur **(Pamela K. Levangie, 2011)**.

Scapula'nın toraks üzerindeki hareketleri yukarı/aşağı rotasyon, elevasyon/depresyon, anterior/posterior tilt şeklindedir. Scapula'nın yukarı rotasyonu, kolun aktif olarak kaldırılması sırasında gözlemlenen ve kolun yukarı kaldırılma aralığını arttıran bir harekettir. Bu hareketin yaklaşık değeri 40° - 50° arasındadır. Art. acromioclaviculare, art. sternoclaviculare ve art. scapulohumeralis arasındaki ilişki göz önüne alındığında, scapula'nın aşağı/yukarı rotasyon hareketinin farklı değerlerde olmasına sternoclavicular eklem anterior/posterior rotasyonu ve elevasyon/depresyon hareketi ile acromioclavicular eklem yukarı/aşağı rotasyonu katkı sağlar. **(Pamela K. Levangie, 2011)**.

Art. glenohumeral omuz fleksiyon/ekstansiyon, abduksiyon/adduksiyon, internal/eksternal rotasyon hareketlerinin gerçekleşmesini sağlar. Sadece art. glenohumeral'de gerçekleşen bu hareketlerin her birinin hareket aralığı oldukça geniştir. Caput humeri'nin merkezinden geçen koronal bir eksen etrafında fleksiyon/ekstansiyon hareketi gerçekleşir. Art. glenohumeral'de yaklaşık 120° fleksiyon, 50° ekstansiyon hareketi gerçekleşir. İnternal/ eksternal rotasyon hareketleri humerus shaftına paralel ve caput humeri'nin merkezinden geçen uzun bir eksen etrafında yapılır. Humerus'un pozisyonuna göre internal/eksternal rotasyon değerleri farklılık gösterir. Caput humeri'nin merkezinden geçen bir anterior- posterior yönündeki eksen omuz abduksiyon/adduksiyon hareketi meydana gelir. Tuberculum majus , humerus nötral veya internal rotasyon pozisyonundayken yapılan omuz abduksiyon hareketinde coracoacromial arkta sıkışır. Humerus 30° - 35° eksternal rotasyon pozisyonuna alındığında tuberculum majus arkın altından veya arkasından geçeceği için sıkışma meydana gelmez. Böylelikle daha büyük bir açıda abduksiyon hareketi gerçekleşmiş olur. Glenohumeral eklem ait abduksiyon değeri 90° ila 120° arasında değişmektedir. Inman ve arkadaşları scapula'nın omuz hareketine katılmadığında aktif yapılan abduksiyonun 90° olduğunu bulmuşlardır. Yapılan bazı çalışmalar scapular düzlem (frontal düzlemin 30° - 40° önü) ile frontal düzlem de gerçekleşen abduksiyon

hareketlerinin farklı sonuçlar verebileceğini göstermiştir. Pasif olarak yapılan abduksiyon hareketinin scapular düzlemde daha fazla hareket aralığına sahip olduğu bulunmuştur **(Levangie, 2011)**.

Art. glenohumale ve scapula hareketleri arasındaki ilişkiyi scapulohumeral ritm açıklar. İlk 30°'lik fleksiyon ve abduksiyon hareketleri art. glenohumale'de meydana gelir. Ancak bundan sonra meydana gelecek her 2°'lik harekete 1°'lik scapula'nın yukarı doğru rotasyonu eşlik eder. 2:1 şeklinde tanımlanan bu oran scapulohumeral ritm(SHR) olarak ifade edilir **(L.S. Lippert, 2011b)**.

Omuz kuşağını oluşturan eklemler aynı anda hareket ederek insan vücudaki diğer eklemlerden daha geniş bir hareket aralığı meydana getirirler. Omuzun geniş bir eklem hareket açıklığının olması nedeniyle, omuz kompleksi stabil değildir ve çok çeşitli patolojilere ve yaralanmalara meyillidir **(Lovern ve ark., 2009)**.

Ortopedik çalışmalarda omuz ağrısı en yaygın üçüncü muskuloskeletal yakınmadır ve impingement sendromu ise en yaygın tanıdır. Omuz ağrısına yol açan nedenler arasında görülme sıklığına göre; omuz sıkışma sendromu, rotator manşet yırtıkları, donuk omuz, omuz instabilite problemleri ve biceps tendon rüptürü önde gelen nedenlerdir **(Garving ve ark., 2017)**.

2.3 Omuz Ekleminde Hareket Kısıtlılığına Sebep Olan Patolojiler

2.3.1 Omuz Sıkışma Sendromu (İmpingement Sendromu)

Glenohumeral eklem bölgesinde yumuşak dokuların ağrılı bir şekilde sıkışması sonucu meydana gelen bir sendromdur. Çeşitli fonksiyonel, dejeneratif ve mekanik nedenlere bağlı olarak gelişebilir. Omuz sıkışma sendromu dört tipte sınıflandırılır. Bunlar subacromial impingement sendromu (external impingement), subcoracoid impingement, Posterosuperior impingement, Anterosuperior impingement şeklindedir.

Klinkte en yaygın olarak karşılaşılanı ise subakromiyal sıkışma sendromudur. M.supraspinatus tendonunun, caput humeri, acromion ve ligamentum coracohumale arasında sıkışması ile subacromial impingement sendromu meydana gelir. Genellikle 40 yaş ve üstü impingement sendromlu hastalarda omuz eklemi çevresindeki yumuşak

dokularda ağrı şikâyeti gözlenir. Hastaların 70 ila 120 derece arasındaki omuz abduksiyonu, baş üstüne kadar yapılan zorlu hareketleri ve etkilenen taraf üzerine yatmaları ağırlıdır **(Garving ve ark., 2017)**.

2.3.2 Rotator Manşet Yırtıkları

Rotator manşet, caput humeri'yi omuz eklem içerisinde stabilize eden ve m.deltoides gücüne karşılık caput humerinin yukarıya doğru çıkmasını engelleyen dört adet kas ve bu kasların tendonlarından oluşur. Bir veya daha fazla rotator manşet tendonunun kısmi veya tamamen kopmasını kapsayan bir rahatsızlıktır **(Burkhart, 1991)**.

Rotator manşet yırtıkları, genel popülasyonda %20 ila %50 arasında değişen bir prevalansa sahiptir. Ağrı, omuz fonksiyonlarındaki limitasyonlar, kişinin yaşam kalitesini düşürecek sıklıktadır. Ağrısız bir omuz hareketi art. glenohumeral'e'nin mobilitesinin ve stabilitesinin uyumlu çalışmasına bağlıdır. Rotator manşet kaslarının tam yırtılması durumunda bu uyum ortadan kaybolur. Sonuç olarak; art. glenohumeral eklem mobilitesinde ve stabilitesinde meydana gelen bu problem ile birlikte m. deltoides kasının aktivitesi artar. Bu da humerus üzerinde ekstra kuvvetlere neden olur **(Kolk ve ark., 2016)**.

2.3.3 Donuk Omuz

Donuk omuz olarak adlandırılan adhesive kapsülit ağrı ile karakterize edilen kısıtlı hareket açıklığına sebep olan ve omuz eklemi kapsülünün iltihaplanmasını içeren bir hastalıktır. İdiyopatik, travma, diyabet veya hipotiroidizm'e bağlı gelişebilir **(K. H. Lee ve ark., 2017)**. Fizyopatolojik durumun, eklem kapsülünün sinovyal enflamasyonu ve sonrasında gelişen fibrozis olduğuna inanılmaktadır. Glenohumeral eklem kapsülünün yanı sıra, ligamentum coracohumeral, rotator manşet kasları ve bursa subacromiale yapıları da etkilenir. Artan fibrozis, omuz eklemi hacmini azaltır ve bu da hareket kısıtlılığı ile sonuçlanır **(Baykal, 2013)**. Klinik çalışmalar donuk omuzun üç farklı ilerleme aşaması olduğunu, ağrılı evre, gergin evre ve iyileşme evresi olduğunu belirtmektedir **(C. Lin, Haciz, W.M., Wang, W.W., 2014)**.

2.3.4 Biceps Tendon Patolojileri

En yaygın kas-tendon yırtılmalarından biri m.biceps brachii'nin caput longum'unun kopmasıdır. Rüptür özellikle 40 ya  n üzerindeki hastalarda ve genellikle tendinopatik tendonlarda daha sık görülür. Biceps tendon rüptürü için risk faktörleri; geçmişte olan rotator manşet yırtıkları, kontralateral biceps tendon rüptürü, ya  , romatoid artr  t'dir **(Harwood ve Smith, 2004)**. Biceps tendiniti ise, biceps uzun ba  n iltihabi bir durumudur. Mikroskopik yırtılma, yıpranma ve iltihaplanma ile karakterizedir. Bu iltihaplanma bisipital olukta meydana gelir **(Neviaser, 1980)**.

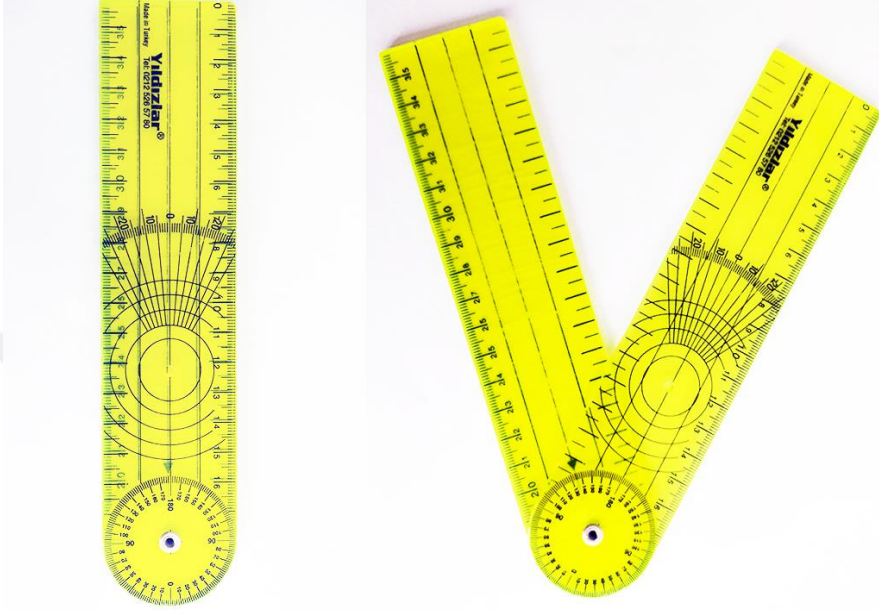
2.4 Eklem Hareket Açıklığı Değerlendirme Yöntemleri

Eklem hareket açıklığı bir veya birkaç eklem   vresinde meydana gelen hareket arkıdır **(C. C. Norkin, White, J.D., 2016b)**. Eklem hareket açıklığının değerlendirilmesi; tanı konulması, fonksiyonel limitasyonun belirlenmesi, tedavi ile elde edilen gelişmelerin izlenmesi veya tedavi sonuçlarının ortaya konulması açısından klinisyenlere yardımcı olur **(Kolber ve Hanney, 2012)**. Omuz hareket açıklığının değerlendirilmesi, omuz problemlerinin tanısında ve değişen omuz fonksiyonun değerlendirilmesinden dolayı önemlidir. Bu nedenle klinik ve bilimsel araştırmalarda, basit bir mezuradan elektrogonyometreye, hatta kinematik verileri değerlendiren hareket analiz sistemlerine kadar birçok ölüm yöntemi kullanılmaktadır **(C. C. Norkin, White, J.D., 2016b)**.

2.4.1 Gonyometre ile   l  m

Bu   l  m yöntemleri içerisinden gonyometre ulaşılabilir olması, ucuz olması ve birçok eklem ölümüne izin vermesi gibi nedenlerle klinikte en yaygın kullanılan yöntemdir (  ekil 2.5.). Ancak değerlendiren ki  şinin ölüm sırasında her iki elini de kullanması gerekliliği nedeniyle   l  len eklem ölümünün stabilizasyonu zorlaşmaktadır. Bu durum   l  m  lerdeki hata payını arttırmaktadır **(C. C. Norkin, White, J.D., 2016b)**. Ayrıca omzun hareket analizi, omzun aşırı hareket aralığı nedeniyle zordur. Klinikte omuz eklem hareket aralığı ölümü için gonyometre kullanılması altın standart olarak kabul edilir. Ancak klinikte altın standart olarak kabul edilmesine rağmen bu yöntemin yaklaşık 5    ila 10    derecelik hata payına sahip olmasının yanı sıra, bu yöntem ile harekete art. glenohumerale ve art. skapulotorasica'nın ayrı ayrı katkıları belirlenememektedir **(Mullaney ve ark., 2010)**. Omuz eklem ölümünün hareket derecelerini

ölçmekte kullanılan gonyometrik yöntemin geçerliliğini araştıran çalışmalar yeterli sayıda değildir (Uluçam, 2009).



Şekil 2.5. Gonyometre cihazı

2.4.2 Mezura ile Ölçüm

Basit bir mezura kullanılarak, elin arkaya doğru uzanma mesafesi ölçülür. Bu mesafenin belirlenmesinde başparmağın ucundan T1'in processus spinosus'a kadar olan uzaklık mezura ile ölçülüp santimetre cinsinden ifade edilir. Elin arkaya doğru uzanma mesafesi omuzun fonksiyonel hareketlerini değerlendirebilmek adına önemlidir. Ancak bu ölçüm yönteminin gonyometre ile ölçüm yöntemine göre daha az güvenilir olduğu gösterilmiştir (Hayes ve ark., 2001).

2.4.3 Skorlama Yöntemleri

Eklem hareketinin değerlendirilmesinde daha çok subjektif bir yöntem olan Constant skoru gibi skorlamalar da kullanılmaktadır (M. W. Maier ve ark., 2014). Constant skorlaması, ağrı, günlük aktivite, omuz fleksiyonu abduksiyonu eksternal ve internal rotasyon hareketlerinin derecesini ve kas gücünü değerlendiren bir yöntemdir. Yüz puan üzerinden değerlendirme yapılır. Bunun 15'i ağrı, 20'si günlük aktiviteyi yapabilme kapasitesi, 40'ı hareket derecesi, 25'i güce ait veriler üzerinden değerlendirilir. Bu skorlamada puanın %35'i subjektif, %65'i objektif kriterlere dayandırılarak

yapılmaktadır. Bu skorlamada omuz eklemi hastalıklarında cerrahi öncesi ve sonrası, konservatif tedavi öncesi ve sonrası ve travma sonrası kolaylıkla uygulanabilen, kısa sürede sonuçlanan, mali yükü az olan ve değerlendirme kolaylığı açısından son yıllarda tercih edilen bir skorlama sistemidir. Değişik kişiler tarafından yapılsa da, kişiye bağlı hata payı toplam puanda %3 olarak bulunmuştur **(Demirhan, 1993; Hayes ve ark., 2001)**.

2.4.4 Üç Boyutlu Hareket Analiz Yöntemleri ile Değerlendirme

Ekstremitelerin hareket paternlerini daha ayrıntılı ve objektif incelemek için, kantitatif ölçüm yapan markır tabanlı üç boyutlu sistemlerine ihtiyaç vardır. Günümüzde teknolojik ilerlemelerle bu tür cihazların kullanıldığı metotlar geliştirilmiştir **(Uluçam, 2009)**. Bu metotlar; ekstremitelerin eklem hareket açısı, hareket süresi, hızı ve ivmesi gibi parametreleri objektif olarak belirler ve dolayısıyla altın standart olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemin çalışma prensibi kızılötesi ışığı yakalayabilen en az iki özel kamera ve bu kameralar tarafından özel işaretleyicilerin takip edilmesi esasına dayanır **(Vastola, 2016)**. Ekstremitedeki tüm eklemleri aynı anda ve ayrı ayrı değerlendirme imkânı sağladığı için değerli bir yöntemdir. Üç boyutlu hareket analizinin klinikte uygulanması giderek artmaktadır. Gelecekteki araştırmalar için bu yöntemin kullanımı daha da artacaktır **(Jaspers ve ark., 2009)**. Böylece nicel yöntemlerle elde edilen veriler, önceki nitel çalışmaların tamamlayıcısı olacaktır **(Vastola, 2016)**. Ayrıca vücuttaki herhangi bir eklemden meydana gelen hareket bozukluğunu kompanse etmek amacıyla diğer eklemlerin hareketlerinde de değişiklikler meydana gelmektedir. Dolayısıyla, üst ekstremiten ve boyun bölgesindeki bir fonksiyon bozukluğu durumunda, gündelik hayata gerçekleştirilen hareketlerin yapılmasını sağlayan tüm eklemlerin ayrı ayrı analiz edilmesi gerekmektedir **(Henmi ve ark., 2006)**. Bu da gonyometre yerine elektromanyetik hareket analizi veya optik 3B hareket analiz sistemlerinin kullanılması ile mümkün olabilir **(Henmi ve ark., 2006)**.

Literatür incelendiğinde markır tabanlı üç boyutlu hareket analiz yöntemi kullanılarak total omuz artroplastisi sonrası omuz ekleminin fleksiyon, ekstensiyon, rotasyon, abduksiyon ve addüksiyon hareketleri incelenmiş ve bu yöntemle her bir hareketin hareket genişliğinin ayrı ayrı değerlendirilebileceği gösterilmiştir **(M. W. Maier ve**

ark., 2014). Ayrıca üç boyutlu hareket analiz yönteminin, literatürde oldukça kısıtlı bilgi bulunan skapular hareketlerin total omuz artroplastisi sonrası değerlendirilmesinde etkili olduğu gösterilmiştir **(K. W. Lee ve ark., 2016).**

Klinikte scapulahumeral ritmi ölçmek için gonyometre en çok kullanılan araçtır. Genel olarak omuz ekleminde yapılan toplam abduksiyon hareketinin üçte birinin skapulotorasik, kalan üçte ikilik kısmının ise glenohumeral eklemin hareketi olduğu kabul edilir. Ancak bu yöntemle scapula'nın ve humerus'un kolun abduksiyon hareketine katkısı net bir şekilde belirlenemez **(Robert-Lachaine ve ark., 2015).**

Bundan dolayı üst ekstremité fonksiyonlarının, ekstremitenin belirli anatomik noktalarına yerleştirilen işaretleyiciler vasıtasıyla üç boyutlu hareket yakalama sistemlerinin kullanılarak ölçülmesi daha güvenilir ve kantitatif sonuçlar verebilir. Yapılan çalışmalarda kolun abduksiyonu sırasındaki glenohumeral eklem ve scapula'nın hareket açıklığı değerleri üç boyutlu hareket analiz sistemi kullanılarak ayrı ayrı belirlenmiş ve güvenilir sonuçlar ortaya konulabilmiştir **(Robert-Lachaine ve ark., 2015).**

Bu yöntemin en büyük dezavantajı yüksek teknoloji gerektirmesinden dolayı pahalılığı ve deneyimli teknisyenlere ihtiyaç duyulmasıdır **(Robert-Lachaine ve ark., 2015; Cai ve ark., 2019).**

3 GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmamıza omuz problemi olan 35 hasta ve 30 sağlıklı birey dâhil edilmiştir. Çalışmaya dâhil edilen hastaların omuz ağrısı ve hareket kısıtlılığına dair şikâyetleri bulunmaktadır. Sağlıklı bireylerin dominant taraflarına ait omuzları analiz edilmiştir. Hastaların yaş ortalaması 53.34 ± 12.48 iken sağlıklı bireylerin yaş ortalaması 44 ± 9.02 'dir. Hastalara ait bilgiler Tablo 3.1.'de özetlenmiştir. Bireylerin omuz eklem hareket açıklıkları ölçümleri; geleneksel gonyometre, 3B markır tabanlı hareket analiz sistemi ve Constant skorlamasından faydalanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda eklem hareket açıklığı ölçümünde kullanılan yöntemler arasındaki ilişkiye bakılmıştır.

Tablo 3.1. Hasta bireylerin problemleri omuza ait şikâyetleri ve almış oldukları tanılar

Cinsiyet	Yaş	Problemleri omuz	Muayene Bulguları	Tanısı
Kadın	41	Sol omuz	• Sol omuz ağrısı • Eklem hareket açıklığında limitasyon • Gece ağrısı var	• İmpingment Sendromu
Erkek	69	Sol omuz	• Sol omuz ağrısı • Sol omuzda güçsüzlük	• Rotator manşet Sendromu
Kadın	55	Sağ omuz	• Son 2 aydır sağ omuzda şiddetli ağrı ve hareket kısıtlılığı, kola vuran uyuşma ve karıncalanma hissi • Hawkins testi (+) • Neer testi (+)	• Rotator manşet Sendromu
Erkek	76	Sağ omuz	• Bilateral omuz ağrısı • Sağ omuz aktif hareket açıklığı kısıtlı, pasif olarak abduksiyon hareketi kısıtlı • Sol omuz impingement testleri pozitif	• İmpingment Sendromu + kalsifik tendinit
Kadın	49	Sol omuz	• Sol omuz ağrısı • Sabahları artan ağrı ve güçsüzlük hissi • Tüm yönlerdeki omuzun aktif hareket açıklığında limitasyon • Baş üstü aktiviteleri gerçekleştirmekte güçlük • Nöropatik şikâyetleri yok.	• İmpingment Sendromu
Kadın	43	Sağ omuz	• Sağ omuz ağrısı • Aktif omuz abduksiyon hareketi limitli	• İmpingment Sendromu
Kadın	61	Sağ omuz	• Sağ omuz ağrısı • Kolda güçsüzlük • Fonksiyon kaybı • Gece ağrısı • Nöropatik şikâyetleri yok.	• Biceps Tendinit • Subacromial, subdeltoid ve subkorakoid bursada eklem içi sıvı artışı • Supraspinatus kasında parsiyel yırtık
Kadın	69	Sağ omuz	• Sağ omuzda 2-3 ay devam eden ağrı şikâyeti • Fonksiyon kısıtlılığı • Nöropatik şikâyeti yok. • Travma öyküsü yok. • Sağ omuz pasif eklem hareket açıklığı minimal kısıtlı	• Sağ acromioclavicular eklemde daralma • İmpingment Sendromu
Kadın	44	Sağ omuz	• Sağ omuz ağrısı • Fonksiyon kısıtlılığı yok • Gece ağrısı yok • Hawkins testi +, • Neer testi –	• Supraspinatus tendonunda tendinozis ile uyumlu sinyal değişikliği • Supraspinatus kası insersio yerine yakın parsiyel rüptür
Kadın	38	Sol omuz	• Sol omuz ağrısı • Fonksiyon kısıtlılığı var • Nöropatik şikâyetleri yok • Travma öyküsü yok • Speed testi +	• İmpigment Sendromu

Kadın	56	Sağ omuz	• Sağ omuz ağrısı • Fonksiyon kısıtlılığı • Gece ağrısı var • Nöropatik ağrı şikâyetleri yok. • Tramva öyküsü yok. • Tüm yönlerdeki omuz hareketlerinde limitasyon var. • Hawkins testi + • Neer testi + • Speed testi -	• İmpigment Sendromu
Erkek	68	Sağ omuz	• Sağ omuzda ağrı ve fonksiyon kısıtlılığı var • Hawkins testi + • Neer testi – • Sağ omuz aktif abduksiyon ve iç rotaston hareketi kısıtlı	• İmpigment Sendromu
Erkek	56	Sol omuz	• Sol omuz ağrılı • Aktif abduksiyon hareketi kısıtlı • Fonksiyon kısıtlılığı var	• İmpigment Sendromu
Erkek	61	Sağ omuz	• Sağ omuz ağrısı • Sağ omuz fleksiyon, abduksiyon ve iç rotasyon hareketleri limitli	• Supraspinatus kasında 7mm çapında rüptür
Kadın	59	Sağ omuz	• Sağ omuz ağrılı • Fonksiyon kısıtlılığı yok. • Hawkins testi – • Neer testi + • Speed testi +	• Supraspinatus tendonun distilinde 5mm ölçülen parsiyel rüptür • Acromioclavicular eklemdede dejenerasyon • Subacromial ve subscapular reseste effüzyon artışı
Kadın	57	Sol omuz	• Sol omuzda ağrı ve fonksiyon kısıtlılığı var • Sol omuzun tüm yönlerdeki aktif hareketi limitli	• Kalsifik tendinit
Kadın	65	Sağ omuz	• Sağ omuz ağrılı • 10 sene önce sağ omuzda meydana gelen travma öyküsü • Sağ omuzun tüm yönlerde aktif hareket açıklığı limitli	• Kalsifik tendinit
Kadın	65	Sağ omuz	• Sağ omuz ağrılı • Fonksiyon kısıtlılığı var • Aktif hareket açıklığı tüm yönlerde kısıtlı • Jobe testi +	• Supraspinatus kasında parsiyel rüptür • Labrum glenoidale yırtığı var • Bicipital olukta effüzyon artışı
Erkek	80	Sağ omuz	• Sağ omuz ağrılı • Uyuşma – • Fonksiyon kısıtlılığı – • Sağ omuz tüm yönlerde aktif hareket açıklığı kısıtlı • Hawkins testi + • Neer testi +	• Rotator manşet Sendromu

Erkek	48	Sol omuz	• Sol omuz ağrılı • Gece ağrısı fazla • Fonksiyon kısıtlılığı var • Hawkins testi – • Lift off testi +	• Supraspinatus tendonunda tendinozis • İmpigment Sendromu
Erkek	71	Sol omuz	• Sol omuz ağrılı • Fonksiyon kısıtlılığı var • Gece ağrısı fazla • Sol omuz aktif abduksiyon ve dış rotasyon hareketi kısıtlı	• İmpigment Sendromu
Erkek	26	Sol omuz	• Sol omuz ağrılı • Uyuşma – • Fonksiyon kısıtlılığı var • Hawkins testi - • Neer testi -	• İmpigment Sendromu
Kadın	31	Sağ omuz	• Sağ omuz ağrısı • Gece ağrısı + • Uyuşma – • Travma öyküsü yok • Hawkins testi + • Neer testi + • Eklem hareket açıklığında limitasyon yok	• Rotator manşet Sendromu
Kadın	47	Sağ omuz	• Sağ omuz ağrılı ve fonksiyon kaybı var • Sağ omuz aktif hareket açıklığı kısıtlı • Hawkins testi + • Neer testi +	• Rotator manşet Sendromu
Kadın	43	Sağ omuz	• Kollarda güçsüzlük ve • Gece uyuşma şikâyeti var. • Hawkins testi + • Neer testi + • Omuz hareket açıklığında limitasyon yok ama ağrılı	• Subacromial ve subdeltoid bursada minimal sıvı artışı • Supraspinatus tendonunda 7-8 mm çapında parsiyel rüptür • Acromioclavicular eklemdede dejenerasyon
Kadın	44	Sağ omuz	• Sağ omuz ağrılı • Gece ağrısı var • Hawkins testi - • Neer testi + • Omuz fleksiyon, abduksiyon iç dış rotasyon ağrılı	• Omuz ağrısı
Erkek	42	Sağ omuz	• Sağ omuzda ağrı ve fonksiyon kısıtlılığı + • Gece ağrısı yok • Abduksiyon ve fleksiyon hareketinin son açılarında artan ağrı • Hawkins testi + • Neer testi – • Speed testi + • Kas gücü tam	• Omuz ağrısı
Kadın	66	Sağ omuz	• Sağ omuzda ağrı ve fonksiyon kısıtlılığı + • Uyuşma ve karıncalanma şikâyeti yok. • Abduksiyon hareketi son derecelerinde ağrı hissi var • Hawkins testi – • Neer testi +	• Sağ acromioclavicular eklemdede daralma • Sağ acromion lateralinde kemik yapıda düzensizlik ve kalsifikasyon

			• Speed testi +, • Jobe testi +	
Erkek	50	Sağ omuz	• 3 hafta önce sağ omuz üzerine düşme hikâyesi • Sağ omuzda ağrı ve fonksiyon kaybı • Gece ağrısı var • Hawkins testi -, Neer testi +, Speed testi +	• Kalsifik tendinit
Kadın	51	Sağ omuz	• Sağ omuzda ağrı • Gece ağrısı var • Nöropatik şikâyetleri yok • Omuz iç dış rotasyon hareketi ağrılı • Hawkins testi +, Neer testi -, Speed testi +	• Rotator manşet Sendromu
Erkek	52	Sağ omuz	• Sağ omuzda ağrı ve fonksiyon kaybı • Sağ omuz aktif EHA kısıtlı • Pasif EHA açık abduksiyon fleksiyon son derecesi ağrılı • Hawkins testi +, Neer testi +, Speed testi +	• Sağ acromioclavicular eklemdede daralma
Kadın	34	Sol omuz	• 1 ay önce sol omuz suprapinatus yırtığı nedeniyle opere edilmiş ağrı azalmış • Fonksiyon kaybı devam etmektedir • Sol omuz aktif EHA kısıtlı • Ağrılı ark + • Sol omuz tüm yönlerdeki hareketlerde ağrılı	• Supraspinatus rüptürü
Kadın	47	Sağ omuz	• Sağ omuzda ağrı ve fonksiyon kaybı • Gece ağrısı var • Hawkins testi – • Neer testi – • Omuz hareket açıklığı yerinde fakat ağrılı	• İmpigment Sendromu • Subscapularis tendonun distalinde tendinozis • Supraspinatus tendonunda tendinozis
Erkek	57	Sol omuz	• Sol omuz ağrısı • Sol omuz aktif EHA kısıtlı • Fonksiyon kaybı • Nöropatik şikâyetleri yok	• Omuz ağrısı
Erkek	60	Sol omuz	• Sol omuz ağrısı • Sol omuz aktif EHA kısıtlı • Hawkins testi +	• Omuz ağrısı

Çalışmamız için Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'dan etik onay alındı (onay no: 70904504/329). Çalışma prosedürleri hastalara detaylı bir biçimde anlatıldı ve “Asgari Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu” doldurtularak onayları alındı. Çalışmamız Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimi tarafından desteklendi (BAP proje no: TYL-2019-4995).

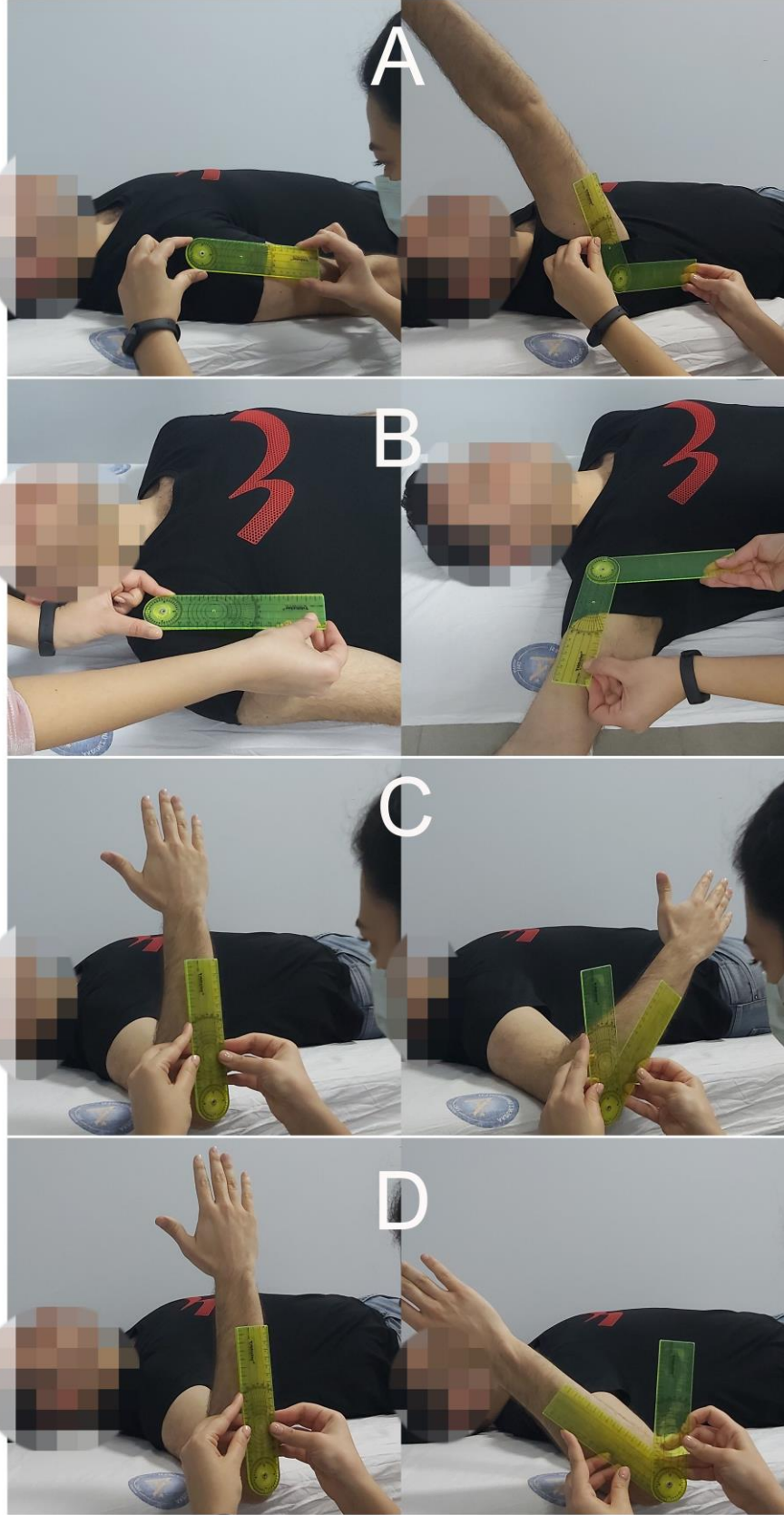
3.1 Gonyometre ile Ölçüm Yöntemi

Bireyler sırt üstü pozisyonda yatarken bilateral olarak omuzun aktif fleksiyon, abduksiyon, internal ve eksternal rotasyon açı değerleri geleneksel gonyometre kullanılarak derece cinsinden ölçülmüştür (Şekil 3.1.).

Omuz fleksiyon açısının değerinin belirlenmesi

Omuz 0° derece abduksiyon, adduksiyon ve rotasyon pozisyonundaydı. Dirsek eklemi ekstansiyonda iken el ayası kişinin vücuduna bakacak şekilde yerleştirildi.

Gonyometrenin sabit kolu gövdenin orta hattına, hareketli kolu ise humerusun shaftı ile paralel olacak şekilde yerleştirilip bireyden kolunu önden düz bir şekilde başına doğru kaldırması ve hareketi yapabildiği son noktaya kadar yapması istendi. Bu sırada ölçüm yapan kişi tarafından hareketin bittiği son noktadaki açı değeri cetvel üzerinden okundu (Şekil 3.1.A.).



Şekil 3.1. Gonyometre ile omuz EHA ölçümü

A: Omuz fleksiyon hareketi başlangıç pozisyonu ve hareket sırasında, B: Omuz abduksiyon hareketi başlangıç pozisyonu ve hareket sırasında, C: Omuz iç rotasyon hareketi başlangıç pozisyonu ve hareket sırasında, D: Omuz dış rotasyon hareketi başlangıç pozisyonu ve hareket sırasında

Yetişkinler için normal omuz kompleksi fleksiyon EHA değerleri yaklaşık 165 ila 180 derece arasında değişir. Fleksiyon hareketi sırasında art. glenohumerale'nin normal açısı değeri ise 110 ila 115 derece arasında değişir (C. C. Norkin, J. D. White, 2016a).

Omuz abduksiyon açısının değerinin belirlenmesi

Bireyler sırt üstü yatış pozisyonunda iken gerçekleştirildi. Omuz 0° fleksiyon ve eksternal rotasyon pozisyonundadır. Avuç içi kişinin vücuduna bakacak şekilde konumlandırıldı.

Gonyometrenin sabit kolu gövdeye paralel olacak şekilde, hareketli kolu humerusun şaftına paralel olacak şekilde yerleştirilip bireyden kolunu yandan düz bir şekilde başına doğru kaldırması istendi. Bu sırada ölçüm yapan kişi tarafından hareketin bittiği son noktadaki açı değeri cetvel üzerinden okundu (Şekil 3.1.B.). Yetişkinler için normal omuz abduksiyon değeri 170 ila 180 derece arasında değişmektedir. Art. glenohumerale'de meydana gelen abduksiyon ise yetişkin bireylerde normal omuz için 90 ila 125 derece arasında değişmektedir (C. C. Norkin, J. D. White, 2016a).

Omuz internal rotasyon açısının değerinin belirlenmesi

Bireyler sırt üstü yatış pozisyonunda iken gerçekleştirildi. Dirsek 90° fleksiyonda omuz 90° abduksiyonda avuç içi kişinin vücuduna bakacak şekilde pozisyonlandı (C. C. Norkin, White, J. D., 2016a).

Gonyometrenin merkezi ulna'da bulunan dirsek çıkıntısı olarak bilinen olecranon üzerine denk getirildi. Gonyometre'nin sabit kolu yere dik hizalanırken hareketli kolu ulna şaftı ile birlikte hareketi takip etti. Ölçüm yapan kişi tarafından bireyden kolunu ayaklarına doğru indirmesi istenmiştir. Hareketin bittiği son noktadaki açı değeri cetvel üzerinden okundu (Şekil 3.1.C.).

Yetişkinler için normal omuz internal rotasyon değeri yaklaşık olarak 70 ila 90 derece arasında değişmektedir. Art. glenohumerale için omuz internal rotasyon değeri yetişkin bireylerde 50 ila 60 derece arasında değişmektedir (C. C. Norkin, J. D. White, 2016a).

Omuz eksternal rotasyon açısının değerin belirlenmesi

Bireyler sırt üstü yatış pozisyonunda iken gerçekleştirildi. Dirsek 90° fleksiyonda omuz 90° abduksiyonda avuç içi kişinin vücuduna bakacak şekilde pozisyonlandı (C. C. Norkin, J. D. White, 2016a).

Gonyometrenin merkezi ulna'da bulunan dirsek çıkıntısı olarak bilinen olecranon üzerine denk getirildi. Gonyometre'nin sabit kolu yere dik hizalanırken hareketli kolu ulna shaftı ile birlikte hareketi takip etti. Ölçüm yapan kişi tarafından bireyden kolunu başına doğru indirmesi istendi. Hareketin bittiği son noktadaki açı değeri cetvel üzerinden okundu (Şekil 3.1.D.).

Normal omuz kompleksinde yetişkinlerdeki eksternal rotasyon değeri 90 ila 100 derece arasında değişmektedir. Art. glenohumerale'nin yapmış olduğu eksternal rotasyon değeri yetişkin bireylerde 80 ila 90 derece arasında değişmektedir (C. C. Norkin, J. D. White, 2016a).

3.2 3B Markır Tabanlı Hareket Analiz Sistemi

Üç boyutlu marker tabanlı optoelektronik hareket yakalama sistemi (BTS Smart DX100, BTS Bioengineering, Milan, Italy) kullanılarak bilateral omuz fleksiyon, abduksiyon, internal ve eksternal rotasyon hareketlerindeki açı değerleri analiz edildi. Bu sistemde 4 adet kızılötesi kamera bulunmaktadır. Bu kameralar 100Hz lik veri işleme özelliğine sahiptir. Sistemin omuz hareketlerinin gerçekleşeceği alanın tamamını kapsayacak şekilde 90 sn süreyle kalibrasyon çubuğu ile dinamik ve 5 sn süreyle kalibrasyon eksenini ile statik kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katılan bireylerin belirli anatomik noktaları üzerine 16 adet pasif yansıtıcı markır yapıştırılmıştır. Belirlenen anatomik noktalar; cervical 7. vertebra'nın processus spinosus'u, torakal 8.vertebra'nın processus spinosus'u, torakal 4. vertebranın processus spinosus'u incisura jugularis, processus xiphoideus, art. acromioclaviculare, art. sternoclaviculare, spina iliaca posterior superior'ların orta noktası, sağ crista iliaca'nın orta noktası, sol crista iliaca'nın orta noktası, art. glenohumerale'nin rotasyon merkezi, epicondylus lateralis, epicondylus medialis, angulus acromialis, trigonum spina scapula, angulus inferior scapula (Şekil 3.2.) .



Şekil 3.2. Belirli anatomik noktalar üzerine yapıştırılan 16 adet pasif yansıtıcı

Markır tabanlı hareket analiz sistemi ile kayıt alınması

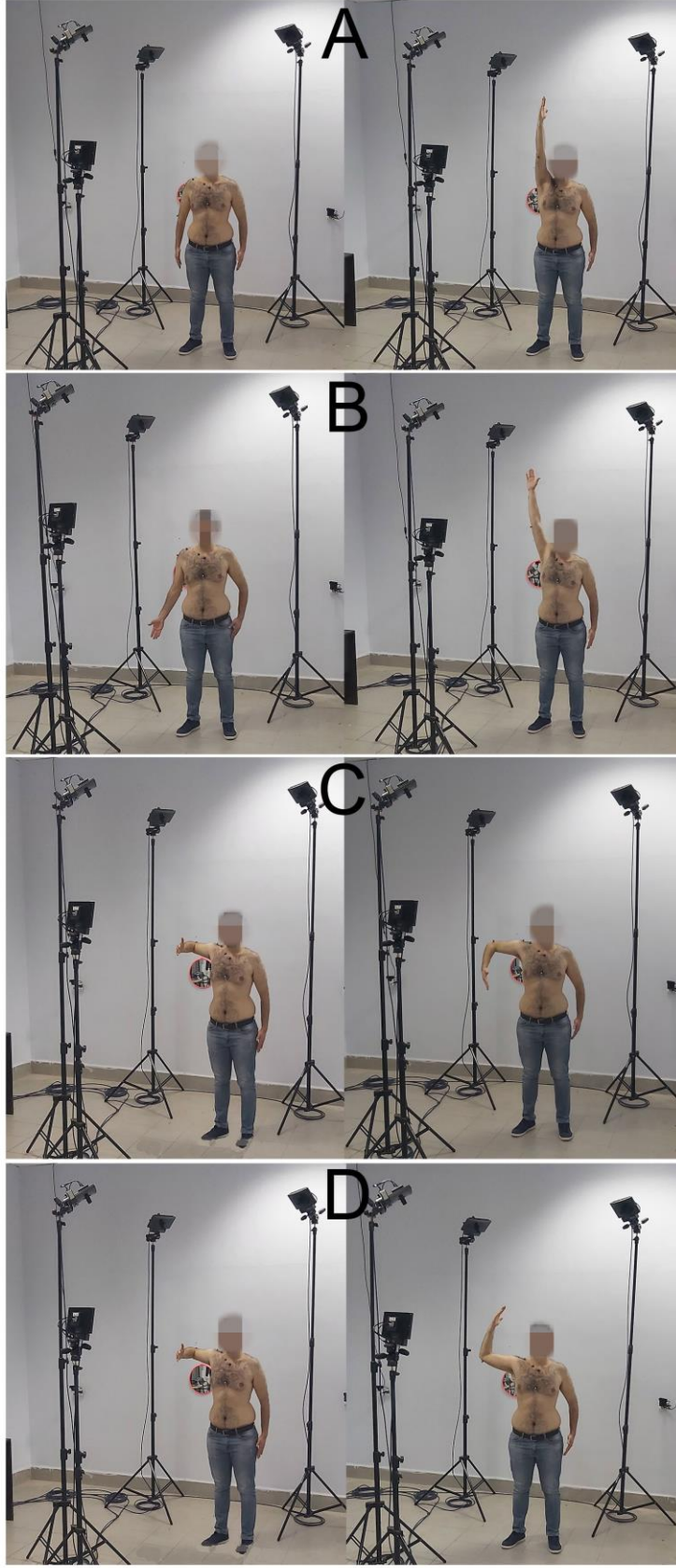
Bireylere her hareket öncesi gözlemci fizyoterapist tarafından hareketler tarif edilip gösterildi. Bireylerin bilateral olarak omuz hareketleri ayakta duruş pozisyonunda alındı. Tüm hareketler 5'er defa tekrarlanarak kayıt edildi.

Fleksiyon ; birey ayakta iken kol gövde yanında sarkık, dirsek ekstansiyonda ve avuç içi kişinin vücuduna dönük pozisyonda başlandı. Bireyden hareketi yapabildiği son noktaya kadar kolunu düz bir şekilde kaldırması istendi (Şekil 3.3.A.).

Abduksiyon; birey ayakta iken kol anatomik pozisyonda avuç içi öne doğru bakmaktadır. Bireyden hareketi yapabildiği son noktaya kadar kolunu yandan yukarı kaldırması istendi (Şekil 3.3.B.).

İç Rotasyon; birey ayakta iken kol 90° abduksiyonda dirsek 90° fleksiyonda ve avuç içi kişinin yüzüne dönük pozisyonundadır. Bireyden dirsek seviyesini bozmadan ön kolunu aşağı yönde döndürebildiği kadar döndürmesi istendi (Şekil 3.3.C.).

Dış Rotasyon; birey ayakta iken kol 90° abduksiyonda dirsek 90° fleksiyonda ve avuç içi kişinin yüzüne dönük pozisyonundadır. Bireyden dirsek seviyesini bozmadan ön kolunu yukarı yönde döndürebildiği kadar döndürmesi istendi (Şekil 3.3.D.).

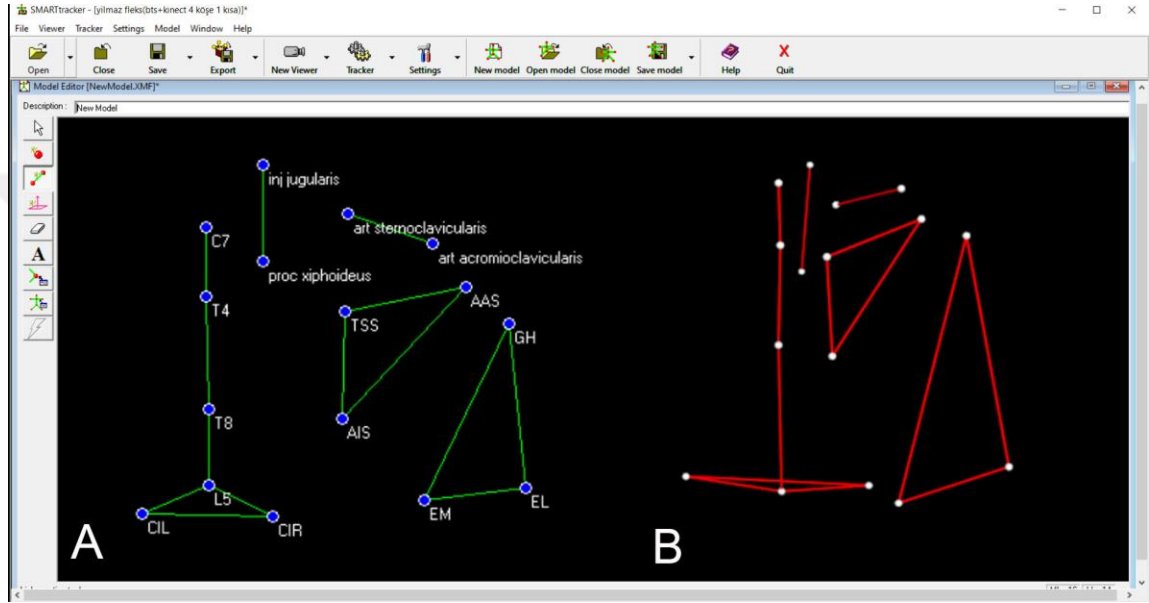


Şekil 3.3. 3B hareket analiz sistemi ile omuz EHA ölçümü
A: Omuz abduksiyon hareketi başlangıç pozisyonu ve hareket sırasında, B: Omuz fleksiyon hareketi başlangıç pozisyonu ve hareket sırasında, C: Omuz iç rotasyon hareketi başlangıç pozisyonu ve hareket sırasında ve D: Omuz dış rotasyon hareketi başlangıç pozisyonu ve hareket sırasında

Kayıt sonrası yapılan işlemler

Model oluşturma

BTS Smart Tracker (versiyon 1.10.469.0) kullanılarak anatomik noktalara yerleştirilen markırlardan bir model oluşturulmuştur (Şekil 3.4.). Sağ taraf ve sol taraf için 2 ayrı model hazırlanmıştır.



Şekil 3.4. Sağ tarafa ait görüntü modelleme işlemi

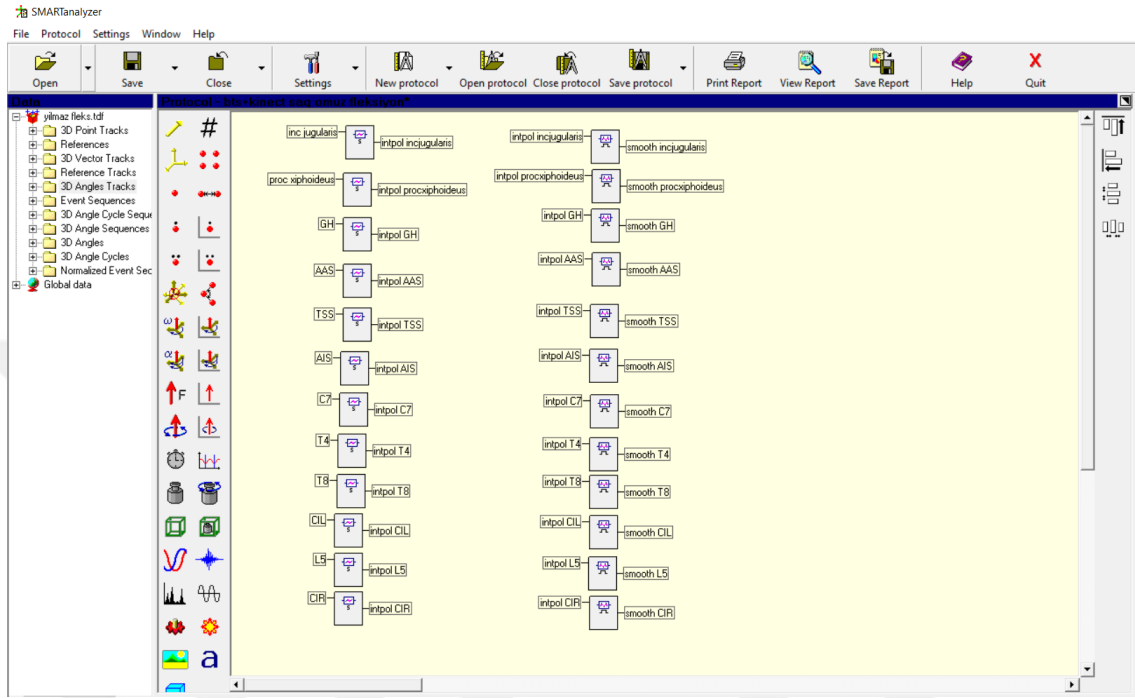
A: Sağ omuza ait on altı adet pasif yansıtıcıdan oluşan görüntü modellemesi B: Sağ omuza yapıştırılan 16 adet pasif yansıtıcının yapılan modelleme sonrası görüntüsü

Protokol yazımı

Üç boyutlu eklem hareketini değerlendirmek için Euler açı sistemi kullandık. Euler yöntemi ile bir eklem açısı hesaplamak için iki ayrı koordinat sistemine ihtiyaç vardır. Her bir koordinat sistemi bir vücut segmentini temsil eder (Sinclair, 2013).

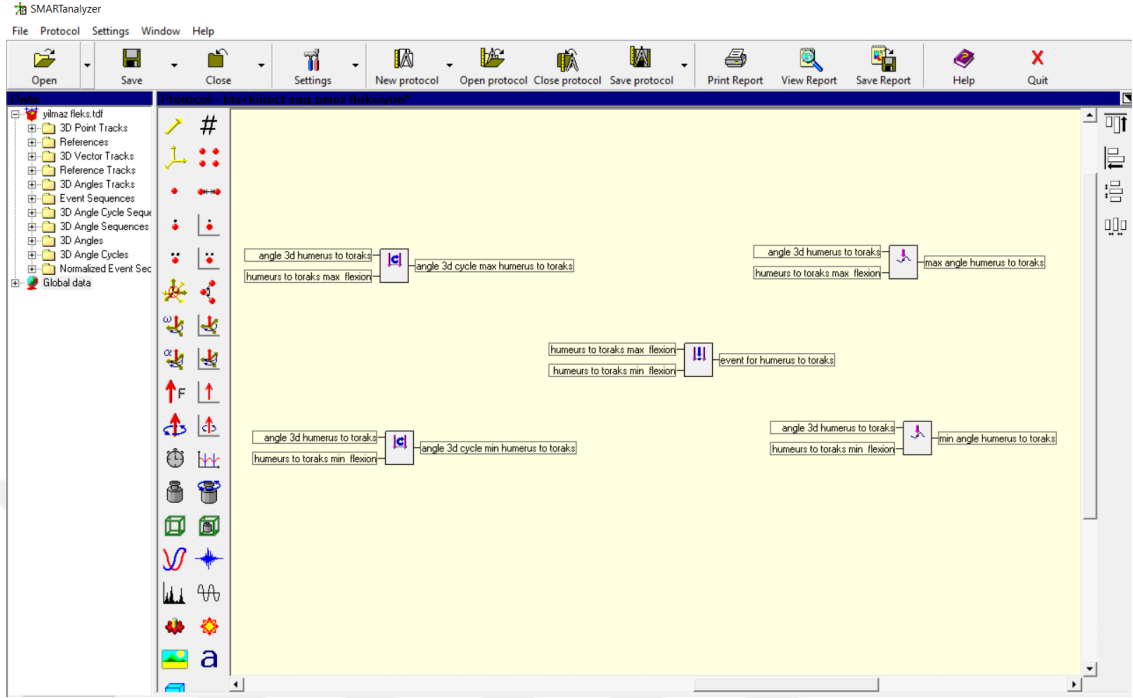
BTS Smart Analyzer yazılımı (versiyon 1.10.469.0) kullanılarak daha önceden hazırlanmış olan model üzerinden tüm hareketler için ayrı ayrı protokol yazılmıştır (Şekil 3.5. - Şekil 3.9.). Yazılan protokolde öncelikle vücuda yapıştırılan her bir yansıtıcı markır için interpolasyon (interpolation) ve filitreleme (smooth) işlemi yapılmıştır (Şekil 3.5.). Filitreleme işleminden geçen anatomik noktalardan humerus ve toraksa ait x, y ve z vektörleri oluşturuldu (Şekil 3.6.) (point to point unit vector). Elde edilen vektörlerden humerus ve toraks için 2 ayrı yerel koordinat sistemi ortaya çıkarıldı (point and three unit vectors). Humerus ve toraks için x, y ve z vektörleri şematize edilmiştir (Şekil

3.10.). Vektörler ve onlar üzerinden oluşturulan referans sistemi için kullanılan protokol Şekil 3.6.'da gösterilmiştir.



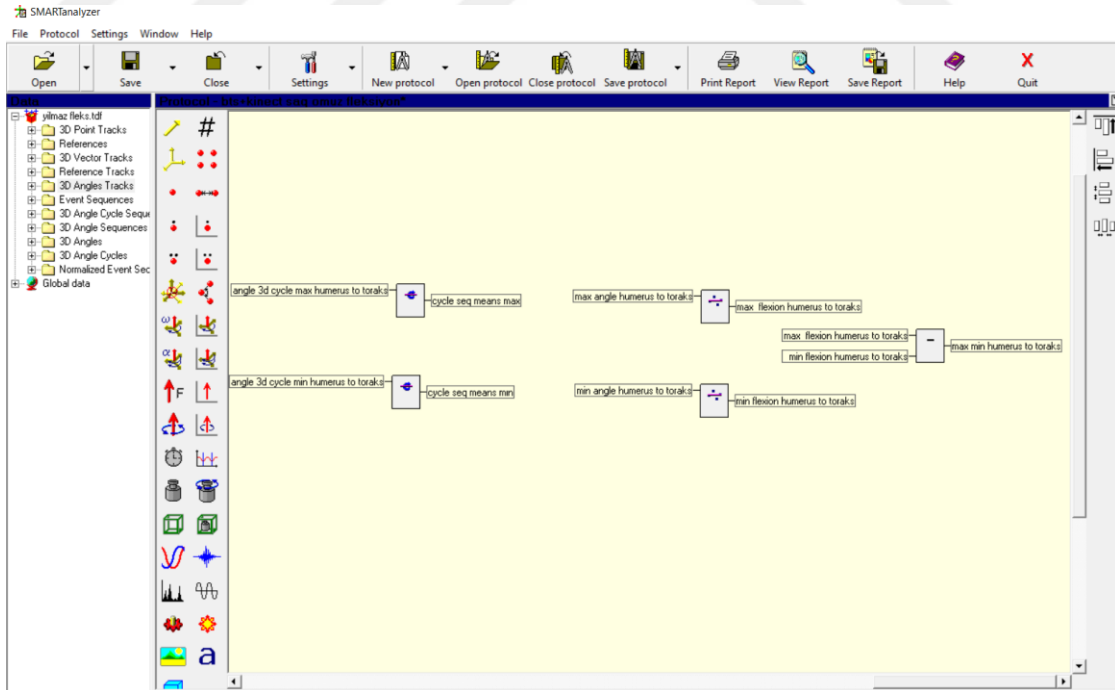
Şekil 3.5. Markır interpolasyon ve filtreleme protokolü

On altı pasif yansıtıcının yapılandırıldığı anatomik noktalar için interpolasyon (interpolation) ve filitreleme (smooth) işlemi



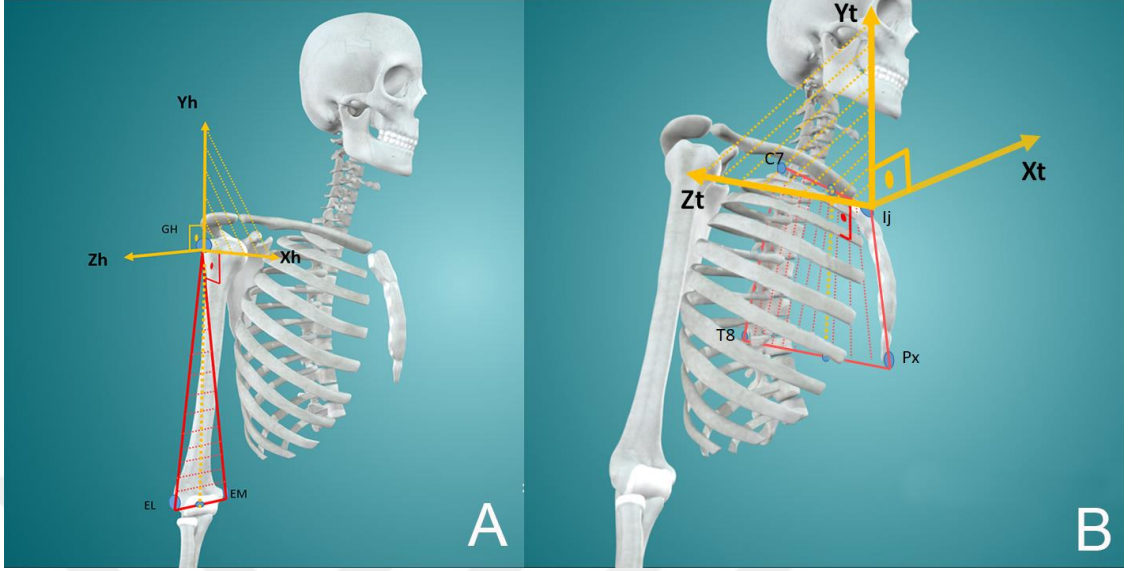
Şekil 3.8. Açısal değerlerin tespiti için kullanılan protokol

Beş tekrarlı yapılan hareketin maksimum ve minimum noktalarının grafik üzerinde gösterilmesi (cycle mean) ve hareketin maksimum ile minimum noktalarındaki açısal değerleri (event defined value)



Şekil 3.9. Hareketin grafiksel olarak gösterilmesi için kullanılan protokol

Beş tekrarlı yapılan hareketin maksimum ve minimum noktalarının ortalamasının grafik üzerinde gösterilmesi (cycle sequence mean) ve hareketin ortalama maksimum ile minimum arasındaki farkın açısal olarak hesaplanması (sequence mean)



Şekil 3.10. Üç boyutlu açısal analiz için kullanılan eksenler ve onları oluşturan vektörler.

A. Humerus için koordinat sistemi (xh, yh, zh). Orjin: Glenohumeral eklem (GH) merkezi. Yh: Epicondylus lateralis (EL) ile epicondylus medialis (EM) in orta noktası ile GH arasında uzanan doğru, yönü GH'ye doğru. Xh: EL, EM ve Yh tarafından oluşturulan düzleme dik olan ve öne doğru uzanan doğru. Zh: Yh ve Xh'nin oluşturduğu düzleme dik olan ortak doğru, yönü sağa doğrudur. B. Toraks için koordinat sistemi (xt, yt, zt). Orjin: İnj. jugularis noktası . Yt: Proccesus xiphoideus (PX) ve torakal sekizinci vertebranın (T8) spinöz çıkıntısının orta noktası ile incisura jugularis (IJ) ve cervical yedinci vertebranın (C7) spinöz çıkıntısının orta noktasını birleştiren doğru, yönü yukarı doğrudur. Zt: IJ, C7 ve PX, T8'in orta noktası tarafından oluşturulan düzleme dik olan doğru, yönü sağa doğrudur. Xt: Z ve Y eksenleri tarafından oluşturulan düzleme dik ve yönü ön tarafa olan doğrudur. (Wu, 2004)

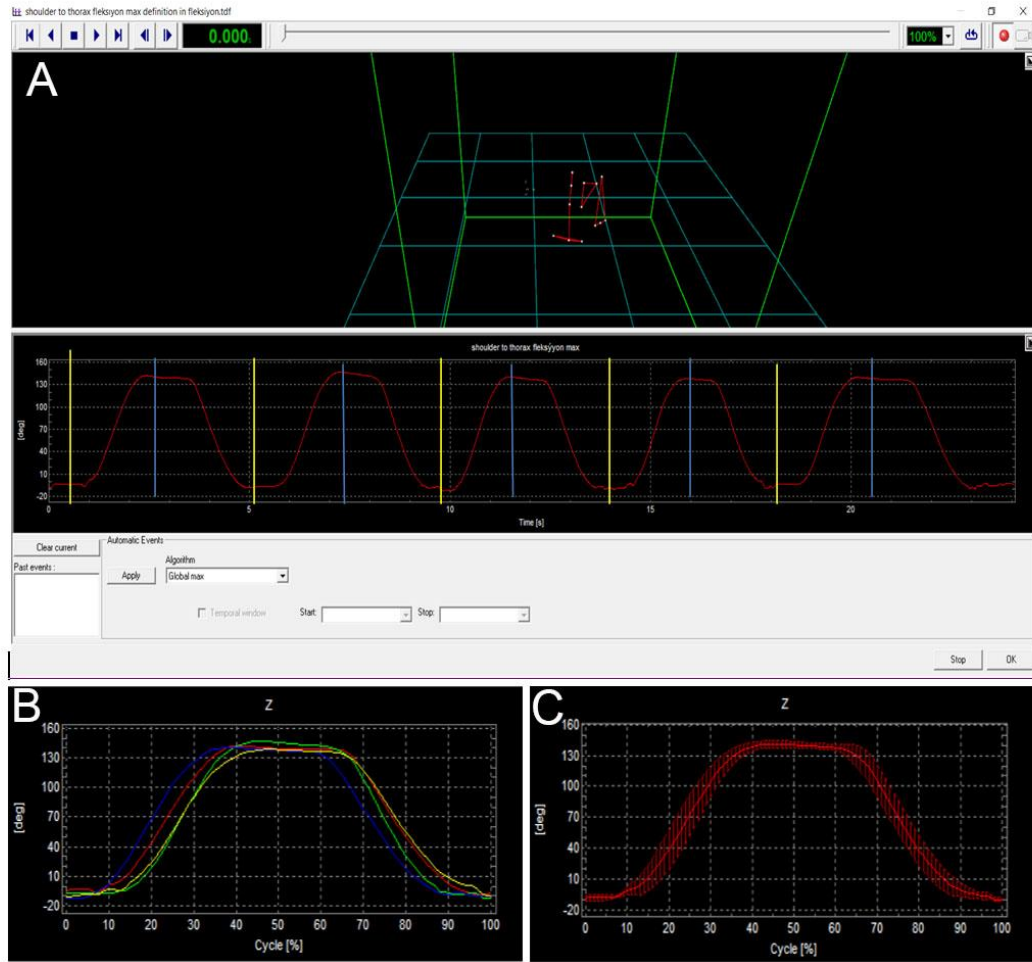
Yerel koordinat sistemi kemik çıkıntıları üzerine yapıştırılan markırların konumunu ve yönünü bir başka markıra yada laboratuara göre tanımlayabilmek için gereklidir. Uluslararası Omuz Birliği (ISG) yerel koordinat sistemi olarak kullanılmak üzere bir standart belirlemiştir. Koordinat sistemleri belirlenirken dikkat edilmesi gereken husus gimbal kilitlenmesinin önüne geçebilmektir (Veeger ve ark., 2003). Uluslararası Biyomekanik Derneği'nin (ISB) standardizasyon ve terminoloji komitesi ile birlikte Uluslararası Omuz Birliği (ISG) insan eklem hareketinin raporlanması için çeşitli eklemlerin ortak koordinat sisteminin (JCS) tanımlarına ilişkin önerilerde bulunmuştur. Bu önerilerin amacı, her çalışmacının aynı anatomik noktaları, aynı yerel koordinat sistemini ve aynı rotasyon dizisini kullanmasını sağlamaktır (Senk ve Cheze, 2006).

Euler; anatomik eksenler etrafındaki üç ardışık dönüşü ifade eder (Karduna ve ark., 2000). X, Y ve Z olarak tanımlanan dönme eksenlerinin yazılış sırasına göre Euler dizini oluşturulur. On iki adet euler dizini bulunmaktadır (xyz, yxy, yzx...vb.). Aynı eksen etrafında birbirini takip eden iki dönme meydana gelmez (x, x, y y, z, z...vb). Küçük

açılarda ortaya çıkan hareketler için seçilen Euler dizini önem arz etmez iken geniş açılı hareketlerde seçilen Euler dizini açı değerlerinde önemli değişikliğe neden olmaktadır. Örneğin; xyz Euler dizininden elde edilen sonuçlar zyx ten çok farklıdır. Bu yüzden kabul edilen standart bir Euler dizini yoktur **(Hughes, 2011)**.

Birden çok yönde geniş hareket aralığında hareket eden eklemler için euler dizini seçmek zordur. Uluslararası Biyomekanik Derneği'nin (ISB) glenohumeral eklem hareketleri için önerdiği euler dizini YXY'dir. Ancak Šenk ve Chèze ISB tavsiyesi ile seçilen rotasyon dizisinde (YXY) gimbal kilit sorununun ortaya çıkacağını ifade etmişlerdir. Bu yüzden gimbal kilit sorununa çözüm olabilecek farklı Euler dizinleri (YXY, YXZ, ZXY ve XZY) kullanarak omuz fleksiyon, abduksiyon ve rotasyon hareketlerini incelemişlerdir. Abduksiyon hareketinde XZY Euler dizinini kullanarak gimbal kilit sorununa çözüm bulmuşlardır. XZY Euler dizini abduksiyon hareketi için yeterli olsa da diğer hareketler için uygun bulunamamıştır **(Levasseur ve ark., 2007)**. Biz de yapmış olduğumuz çalışmada her harekete ait farklı bir Euler dizini kullanarak gimbal kilit sorunundan kaçmaya çalıştık. Seçtiğimiz eulerlerin en doğru grafiği sunmasına ve vektörler arasında çarpışmaya neden olmamasına dikkat ettik. Sonuç olarak çalışmamızda oluşturulan referans sistemleri arasındaki üç boyutlu açı değişiminin ölçülebilmesi için mevcut literatürden yararlanarak her harekete özgü bir Euler dizini kullanıldı. Omuz abduksiyon hareketinde XZY, omuz fleksiyon hareketinde ZXY, rotasyon hareketleri için de YXZ eulerini tercih ettik.

Euler dizini seçildikten sonra belirli bir ekseninde meydana gelen hareketin maximum ve minimum noktaları ayrı ayrı işaretlendi (Şekil 3.11.A.) (event sequence on one object). Hareket döngüsündeki 5 tekrarlı hareketin tümü tek bir grafikte toplandı (Şekil 3.11.B.) (cycle mean). Elde edilen 5 tekrarlı hareketin maksimum ve minimumlarının ortalaması hesaplandı (Şekil 3.11.C.) (cycle sequence mean). Elde edilen ortalama maksimum ve minimumlar arasındaki fark (sequence mean) hareketin açı değeri olarak kaydedildi.



Şekil 3.11. Şekilde sağlıklı bireye ait fleksiyon hareket analizine ait grafik gösterilmektedir.

A: Beş tekrarlı hareketin maksimum ve minimum noktaları yazılım aracılığı ile işaretlendi. Mavi çizgi, hareketin maksimum noktalarını sarı çizgi hareketin minimum noktalarını göstermektedir (event sequence on one object). B: Beş tekrarlı yapılan hareketin maksimum ve minimumlarının tek bir grafik üzerinde toplanması (cycle mean) C: Beş tekrarlı yapılan hareketin maksimum ve minimum değerlerinin ortalama standart sapmalarını gösteren grafik (cycle sequence mean)

3.3 Constant Skorlaması

Constant-Murley skorlaması 1986 yılında geliştirilmiştir. Ağrı, günlük yaşam aktiviteleri, aktif eklem hareket açıklığı ve kuvvet parametrelerini içeren toplam 100 puanlık bir skorlamadır (Tablo 3.2.). Toplam Constant skoru <70 zayıf, 70-79 orta, 80-89 iyi ve 90-100 mükemmel şeklinde sınıflandırılmaktadır. Ağrı ve günlük yaşam aktiviteleri hasta tarafından yanıtlanmıştır. Eklem hareket açıklığı ve kuvvet sorgulanması fiziksel bir değerlendirme gerektirdiğinden bir fizyoterapist tarafından yanıtlanmıştır (Vrotsou ve ark., 2018).

Tablo 3.2. Constant-Murley Skorlaması

Constant-Murley Skorlaması		Puan
Ağrı parametresi	Şiddetli	0
	Orta	5
	Hafif	10
	Yok	15
Günlük yaşam aktiviteleri	Çalışabilirlik	
	Çalışmama	0
	Zayıf çalışma	2
	Tam çalışabilme	4
	Eğlence / Spor	
	Yapamama	0
	Zayıf yapabilme	2
	Tam yapabilme	4
	Uyku	
	Çok etkilenmesi	0
	Az etkilenmesi	1
	Etkilenmemesi	2
	Elini kullanabildiği seviye	
	Bel	2
	Ksifoi	4
	Boyun	6
	Baş	8
	Başın en üstü	10
Aktif hareket açıklığı parametresi (fleksiyon+abduksiyon)	0°- 30°	0
	31°-60°	2
	61°-90°	4
	91°-120°	6
	121°-150°	8
	151°-180°	10
Internal rotasyon parametresi	Elin sırtı uyluğun veya kalçanın yan tarafında	0
	Elin sırtı kalçanın üzerinde	2
	Elin sırtı lumbosakral birleşim yerinde	4
	Elin sırtı belde (2. lomber vertebra)	6
	Elin sırtı 12. dorsal vertebralarda	8
	Elin sırtı interskapular bölgede (7.dorsal vertebra)	10
Eksternal rotasyon parametresi	El başın arkasına getirilemiyor	0
	El başın arkasında dirsek önde	2
	El başın arkasında dirsek geride	4
	El başın üzerinde dirsek önde	6
	El başın üzerinde dirsek geride	8
	El başın üzerinde tam elevasyon	10
Güç parametresi	Basit bir el kantarı yardımı ile 12.5 kg yük kaldıracak toplam 25 puan almaktadır.	(Her 1/2 kg 1 puan)

İSTATİKSEL ANALİZ

İstatistiksel analiz için IBM SPSS statistics Version 23 yazılımı kullanılmıştır. Elde edilen verilerin normal dağılıma uyup uymadıkları belirlemek için D'agutino Perason testi yapılmıştır. Sağlıklı ve hasta omuz, metot ve cinsiyet karşılaştırmaları nomal dağılıma uyanlar veriler için Student's t testi ile yapılmıştır. Normal dağılıma uymayan veriler için Mann Whitney U testi kullanılmıştır. $P < 0.05$ olan değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Değerler ortalama artı eksi standart sapma olarak sunulmuştur. Metotlar arasındaki uyumluluğa bakılması için interkorelasyon katsayısı (ICC) hesaplanmıştır. 0.20-0.40 arası değerler düşük uyum, 0.40-0.60 arası değerler orta uyum, 0.60-0.80 arası yüksek uyum ve 0.80 üstü değerler çok yüksek uyumlu olarak kabul edilmiştir.

4 BULGULAR

Çalışmaya dâhil ettiğimiz bireylerin karakteristik özellikleri Tablo 4.1.'de gösterildi. Çalışmaya dâhil edilen 65 bireyin 28'i erkek (%43.1), 37'si ise kadınlardan (%56.9) oluşuyordu.

Tablo 4.1. Çalışmaya dahil edilen bireylerin özellikleri

Karakteristik özellikler	Birey sayısı (n=65)		%
Cinsiyet	Erkek:	n=28	43.1
	Kadın:	n=37	56.9
Birey özellikleri	Sağlıklı:	n=30	46.2
	Hasta:	n=35	53.8
Omuz özellikleri	Sağlıklı:	n=30	46.2
	Hasta:	n= 35	53.8

Çalışmaya dâhil ettiğimiz bireyleri herhangi bir omuz problemi olmayan sağlıklı bireyler ile omuz problemi olan hasta bireyler olmak üzere 2 gruba ayırdık. Buna göre gonyometre ölçüm metoduna göre omuz hareketleri sağlıklı ve hasta bireylerde karşılaştırılarak Tablo 4.2.'de analiz edildi. Gonyometri ile değerlendirdiğimiz sağlıklı ve hasta bireylerin tüm omuz hareketleri arasında anlamlı olarak farklılık olduğu bulundu. Normal omuz eklemi ortalama 156.63 ± 11.80 derece fleksiyon yapabilirken, hasta bireylerde bu değer ortalama 112.11 ± 30.06 derece olarak saptandı. Yine normal omuz eklemi ortalama 148.1 ± 14.70 derece abduksiyon hareketine sahip iken, hasta gruplarında bu değer 81.94 ± 23.56 dereceye kadar düşmektedir.

Sağlıklı bireylerde dış rotasyon ve iç rotasyon değerleri sırasıyla 68.60 ± 9.12 ve 65.63 ± 8.50 derece, hasta bireylerde ise bu değerler sırasıyla 44.74 ± 15.22 ve 47.71 ± 15.78 derece olarak belirtildi. Her iki gruptaki gonyometrik ölçüm değerleri Tablo 4.2.'de gösterildi.

Tablo 4.2. Gonyometri ölçümü ile sağlıklı ve hasta bireylerin omuz hareketlerindeki EHA değerleri

Omuz Hareketleri	Sağlıklı birey (n=30, ortalama±SS)	Hasta birey (n=35, ortalama±SS)	p
Fleksiyon	156.63°±11.80°	112.11°±30.06°	<0.0001
Abduksiyon	148.1°±14.70°	81.94°±23.56°	<0.0001
Dış rotasyon	68.6°±9.12°	44.74°±15.22°	<0.0001
İç rotasyon	65.63°±8.50°	47.71°±15.78°	<0.0001
min: minimum, maks: maksimum. Student-t testi p<0.05 anlamlı kabul edildi.			

3B hareket analiz sistemine göre sağlıklı ve hasta bireylerin omuz eklem hareket açıklığını karşılaştırdık (Tablo 4.3.). Buna göre hasta bireyin omuz eklemindeki tüm omuz hareketlerinin, sağlıklı bireyin omuz hareketlerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğu saptandı. Hasta bireylerin omuz eklemi 3B hareket analiz sistemine göre ortalama 75.6±26.26 derece abduksiyon yapabilirken, sağlıklı omuzlarda abduksiyon derecesi ortalama 147.43±13.60 derece olarak bulundu. Analizin tamamı Tablo 4.3.'de görülmektedir.

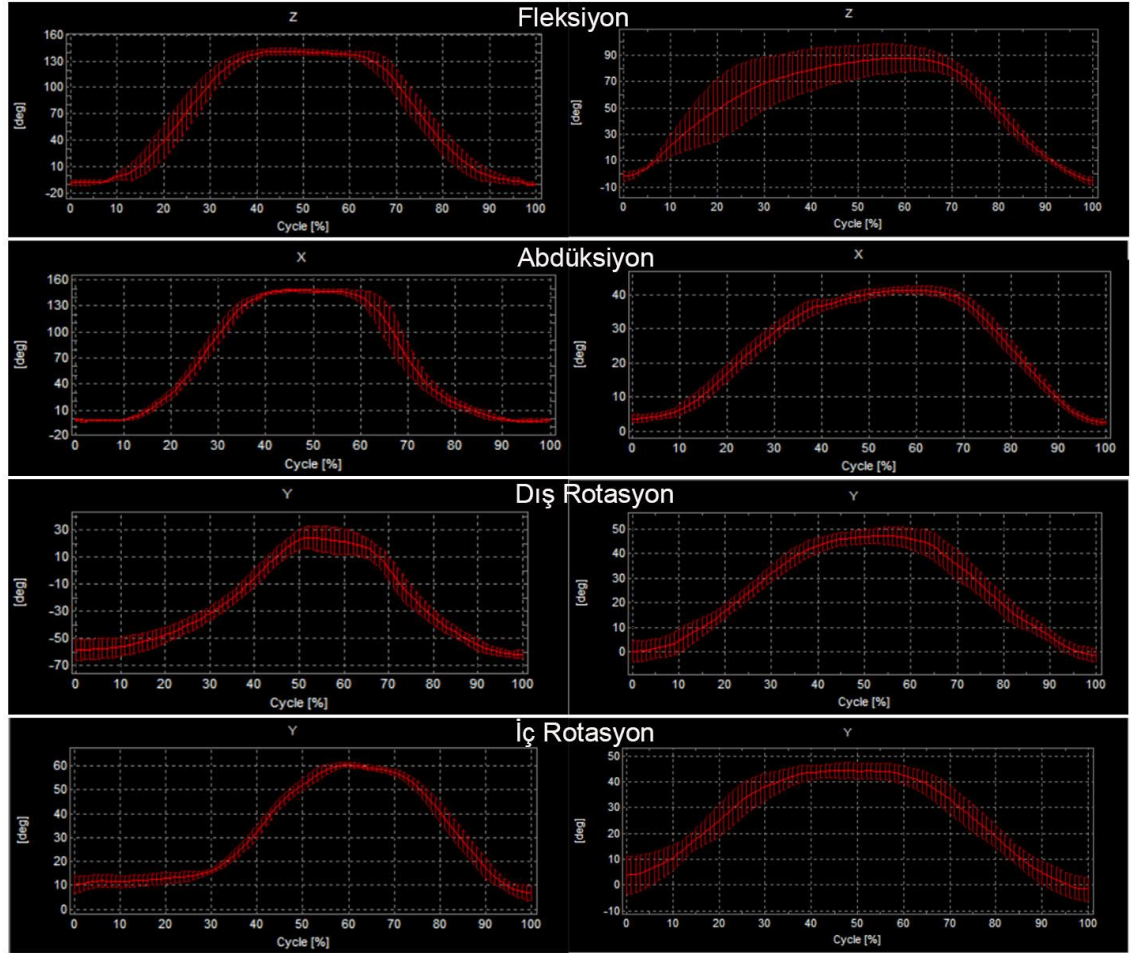
Tablo 4.3. 3B hareket analizi ile omuz hareketlerinin problemli ve normal omuz gruplarında karşılaştırılması

Omuz Hareketleri	Sağlıklı birey (n=30, ortalama±SS)	Hasta birey (n=35, ortalama±SS)	p
Fleksiyon	151.90°±13.11°	112.66°±28.26°	<0.0001
Abduksiyon	147.43°±13.60°	75.6°±26.26°	<0.0001
Dış rotasyon	66.50°±13.89°	36.29°±14.77°	<0.0001
İç rotasyon	58.60°±13.68°	33.29°±12.82°	<0.0001
min: minimum, maks: maksimum. Student-t testi p<0.05 anlamlı kabul edildi.			

Çalışmamızda yer alan hasta ve sağlıklı bireylere ait abduksiyon, fleksiyon, dış rotasyon ve iç rotasyon hareketlerine ait 5 tekrarlı yapılan hareketlerin maksimum ve minimumlarının ortalamasını gösteren grafikler Şekil 4.1.'de gösterildi.

Sağlıklı Omuz

Hasta Omuz



Şekil 4.1. Tüm hareketler için sağlıklı omuz ve hasta omuza ait yapılan hareketin maksimum ve minimumlarının ortalamasını gösteren grafikler

Her iki ölçüm yöntemi ile değerlendirilen sağlıklı bireylere ait tüm hareketlerin sonuçları Tablo 4.4.'de belirtilmiştir. Sağlıklı bireylerin gerçekleştirdiği fleksiyon, abduksiyon ve dış rotasyon hareketleri için her iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0.05$). İç rotasyon hareketi ise her iki yöntem arasında istatistiksel olarak farklıydı ($p<0.05$). Tüm hareketlere ait p değerleri Tablo 4.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Sağlıklı bireylere ait gonyometre ve BTS Smart DX ölçüm yöntemi ile ölçülen omuz eklem hareket açıklığı değerleri

Omuz Hareketleri	Gonyometre değeri (Ortalama±SS)	3B hareket analiz değeri (Ortalama±SS)	p
Fleksiyon	156.63°±11.80°	151.90°±13.12°	0.147
Abduksiyon	148.10°±14.70°	147.43°±13.61°	0.856
Dış rotasyon	68.60°±9.13°	66.50°±13.89°	0.492
İç rotasyon	66.50°±13.89°	58.60°±13.69°	0.02

Hasta bireyin omuz dış rotasyon açısı gonyometre ölçüm yöntemi ile ortalama 44.74°±15.22° olarak bulunurken BTS Smart DX ölçüm yöntemi ile bu değer 36.29°±14.77° olarak saptanmıştır. Her iki ölçüm yöntemiyle elde edilen iç rotasyon değeri ise sırasıyla 47.71°±15.78° ve 33.29°±12.82° olarak bulundu. Fleksiyon ve abduksiyon hareketlerinin her iki ölçüm yöntemiyle de ölçülmesi sonucunda elde edilen tüm değerler Tablo 4.5.'de sunuldu. Hasta bireye ait fleksiyon ve abduksiyon hareketleri için elde edilen değerlere bakıldığında her iki ölçüm yöntemi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Fakat hasta bireye ait iç ve dış rotasyon hareketleri açısından her iki ölçüm yöntemi anlamlı olarak farklıydı ($p<0.05$).

Tablo 4.5. Hasta bireylere ait gonyometre ve BTS Smart DX ölçüm yöntemi ile ölçülen omuz eklem hareket açıklığı değerleri

Omuz Hareketleri	Gonyometre değeri (Ortalama±SS)	3B hareket analiz değeri (Ortalama±SS)	p
Fleksiyon	112.11° ±30.06°	112.66°±28.26°	0.938
Abduksiyon	81.94°±23.57°	75.60 ° ±26.27°	0.291
Dış rotasyon	44.74°±15.22°	36.29°±14.78°	0.02
İç rotasyon	47.71°±15.79°	33.29°±12.83°	0.00

İki ölçüm yöntemi arasındaki güvenilirlik sağlıklı bireyin iç ve dış rotasyon hareketleri için orta derecede olduğu tespit edildi (ICC değeri iç rotasyon için 0.557, dış rotasyon

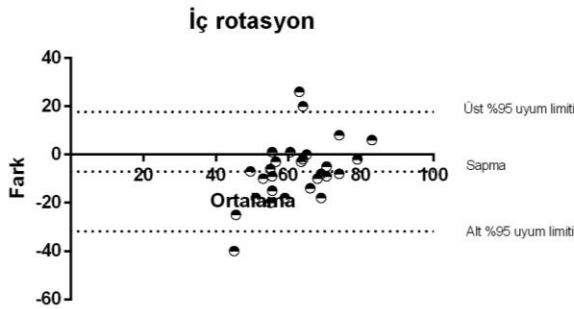
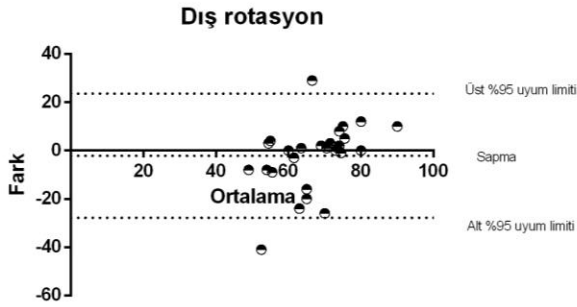
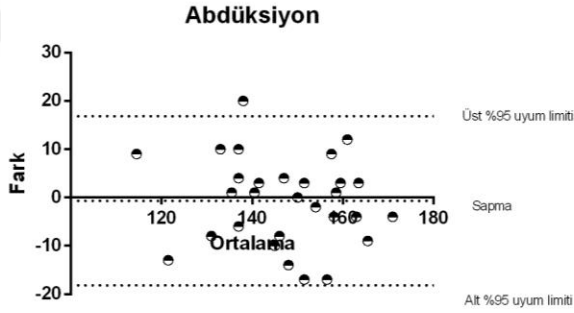
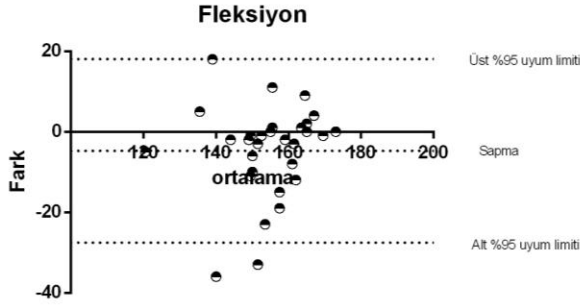
için 0.547). Tablo 4.6.'da gösterilen sonuçlara göre iki ölçüm yöntemi arasındaki güvenilirlik hasta bireyin tüm hareketleri için yüksek derecededir.

Tablo 4.6. ICC: interkorelasyon katsayısı, 3B hareket analiz sistemi ve gonyometrenin değerlendirmeye alınan hareketlerdeki güvenilirlik değerleri

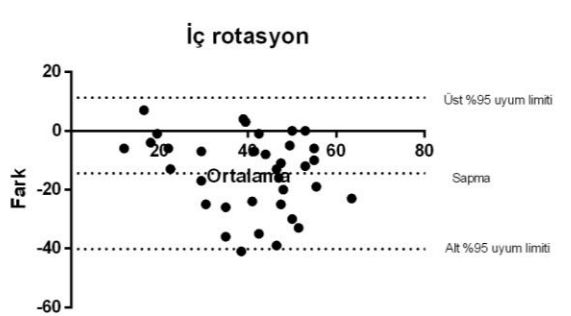
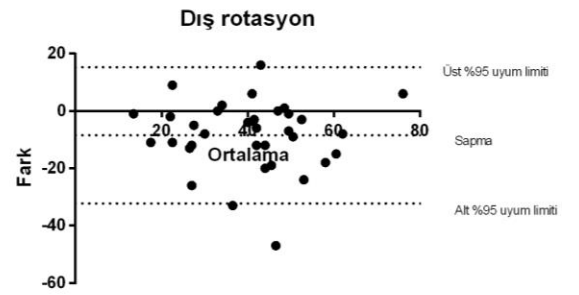
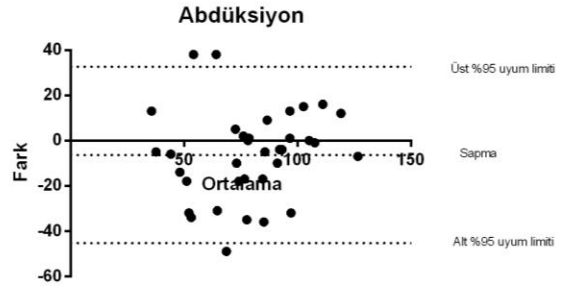
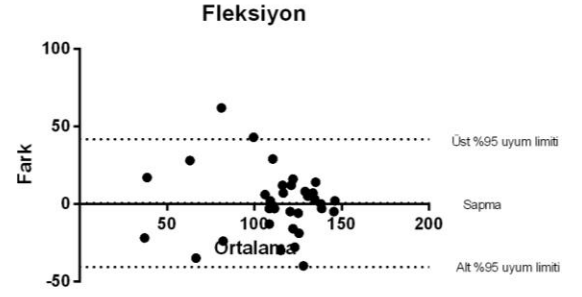
Omuz Hareketleri	Intraclass Correlation (ICC, 3B hareket analizi ve gonyometre)	
	Hasta birey	Sağlıklı birey
Fleksiyon	0.851	0.722
Abduksiyon	0.811	0.89
Dış rotasyon	0.804	0.547
İç rotasyon	0.737	0.557

Çalışmamızda kullanılan 2 ölçüm yöntemi arasındaki uyum Bland-Altman grafikleri ile yansıtılmıştır. Farklara karşın ortalama grafikleri ölçüm hataları ile gerçek değerler arasındaki ilişkiyi incelememizi sağlamaktadır. Şekil 4.2.'deki grafikler incelendiğinde her iki ölçüm yönteminden elde edilen açısal değerlerin farklarının sıfırın etrafında rastgele bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Ayrıca değerlerin % 95'i “d-1,96s ile d+1,96s” (uyum sınırları) arasında bulunmaktadır.

Sağlıklı



Hasta



Şekil 4.2. Gonyometre ve 3B hareket analiz sisteminin karşılaştırılmasında farklara karşın ortalama değerleri gösteren Bland-Altman grafikleri

Sağlıklı bireylerin cinsiyete göre gonyometre ölçüm methoduyla elde edilen EHA değerleri Tablo 4.7.'de gösterilmiştir. Gonyometre ölçüm yöntemiyle ölçülen tüm omuz hareketleri kadın ve erkek bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermedi ($p>0.05$).

Tablo 4.7. Gonyometre ölçüm methodu ile yapılan sağlıklı kadın- erkek bireylere ait omuz EHA değerleri

Omuz Eklem Hareketleri	Kadın EHA değerleri (ortalama$\pm$SS)	Erkek EHA değerleri (ortalama$\pm$SS)	p
Flexion	156.62 $^{\circ}\pm$ 11.28 $^{\circ}$	156.64 $^{\circ}\pm$ 12.8 $^{\circ}$	0.997
Abduksiyon	148.31 $^{\circ}\pm$ 13.69 $^{\circ}$	147.85 $^{\circ}\pm$ 16.3 $^{\circ}$	0.934
Dış rotasyon	67.12 $^{\circ}\pm$ 9.56 $^{\circ}$	70.28 $^{\circ}\pm$ 8.65 $^{\circ}$	0.353
İç rotasyon	65 $^{\circ}\pm$ 8.98 $^{\circ}$	66.36 $^{\circ}\pm$ 8.21 $^{\circ}$	0.671

Sağlıklı kadın - erkek bireylerin 3B hareket analiz sistemine göre elde edilen EHA değerleri Tablo 4.8.'de gösterildi. 3B hareket analiz sistemiyle ölçülen omuz fleksiyon, abduksiyon ve iç rotasyon hareketlerinde cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0.05$). Omuz dış rotasyon hareketinde ise her iki cinsiyet arasında istatistiksel olarak fark bulundu ($p=0.009$).

Tablo 4.8. 3B hareket analiz sistemi kullanılarak elde edilen sağlıklı kadın- erkek bireylere ait EHA değerleri

Omuz eklem hareketleri	Kadın EHA değerleri (ortalama$\pm$SS)	Erkek EHA değerleri (ortalama$\pm$SS)	p
Flexion	154.68 $^{\circ}\pm$ 13.12 $^{\circ}$	148.71 $^{\circ}\pm$ 12.83 $^{\circ}$	0.219
Abduksiyon	146.69 $^{\circ}\pm$ 14.88 $^{\circ}$	148.29 $^{\circ}\pm$ 12.49 $^{\circ}$	0.754
Dış rotasyon	60.50 $^{\circ}\pm$ 13.11 $^{\circ}$	73.36 $^{\circ}\pm$ 11.71 $^{\circ}$	0.009
İç rotasyon	56.31 $^{\circ}\pm$ 14.38 $^{\circ}$	61.21 $^{\circ}\pm$ 12.87 $^{\circ}$	0.337

Tablo 4.9. Gonyometre kullanılarak hasta kadın- erkek bireylere ait EHA değerleri

Omuz eklem hareketleri	Kadın EHA değerleri (ortalama±SS)	Erkek EHA değerleri (ortalama±SS)	p
Flexion	108.95°±32.8°	116.85°±25.77°	0.45
Abduksiyon	80.47°±23.94°	84.14°±23.69°	0.65
Dış rotasyon	43.61°±15.82°	46.42°±14.69°	0.60
İç rotasyon	47.19°±17.05°	48.50°±14.25°	0.81

Tablo 4.10. 3B hareket analiz sistemi kullanılarak elde edilen hasta kadın- erkek bireylere ait EHA değerleri

Omuz eklem hareketleri	Kadın EHA değerleri (ortalama±SS)	Erkek EHA değerleri (ortalama±SS)	p
Flexion	110.71°±28.04°	115.57°±29.38°	0.62
Abduksiyon	71.76°±24.53°	81.35°±28.60°	0.29
Dış rotasyon	33°±12.91°	41.21°±16.46°	0.10
İç rotasyon	30.9°±13.19°	36.85°±11.82°	0.18

Tablo 4.9. ve Tablo 4.10.'da gösterildiği gibi her iki yöntem ile de ölçülen hasta bireylere ait omuz EHA değerleri cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir ($p > 0.05$).

Sağlıklı ve hasta bireylerin omuz EHA değerlerini ölçmek için kullanılan gonyometre ve markır tabanlı hareket analiz sistemi ile Constant Skorlaması arasındaki uyum interkorelasyon katsayısı ile analiz edildi. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.11.'de. Bu sonuçlara göre sağlıklı bireylerde Constant skorlaması ile markır tabanlı hareket analiz sistemi arasında fleksiyon, abduksiyon ve dış rotasyon hareketi için orta derece iç rotasyon hareketi için düşük derece uyum bulunmuştur. Yine sağlıklı bireylerde gonyometre ve Constant skorlaması arasındaki uyum fleksiyon abduksiyon ve dış rotasyon için orta derece uyum gösterir iken iç rotasyon hareketinde düşük derecede uyum tespit edildi. Hasta bireylere ait Constant skorlaması ve markır tabanlı hareket

analiz sistemi arasındaki uyum tüm hareketler için orta derece olarak bulundu. Aynı şekilde gonyometre ve Constant skorlaması arasında tüm hareketler için orta derecede uyum olduğu görüldü.

Tablo 4.11. Markır tabanlı hareket analiz sistemi ve gonyometre ile Constant skorlaması arasındaki uyumu gösteren ICC (interkorelasyon katsayısı) değerleri

	3B hareket analizi Fleksiyon	3B hareket analizi Abduksiyon	3B hareket analizi Dış rotasyon	3B hareket analizi İç rotasyon	Gonyo. Fleksiyon	Gonyo. Abduksiyon	Gonyo. Dış rotasyon	Gonyo. İç rotasyon
ICC Constant (Sağlıklı)	0.48	0.47	0.57	0.18	0.53	0.51	0.40	0.36
ICC Constant (Hasta)	0.51	0.41	0.69	0.58	0.54	0.52	0.68	0.56

5 TARTIŞMA

Çalışmamız, farklı ölçüm prensiplerine sahip gonyometre cihazı ile 3B marker tabanlı hareket analiz sisteminden sağlıklı bireyler ve omuz hareket kısıtlılığı olan hastalardan elde edilen omuz eklem hareket açıklığı değerlerinin yüksek derece uyumlu olduğunu göstermiştir.

Omuz eklemine ait birçok problemin doğru teşhisi için eklemde meydana gelen hareket kısıtlılığının net bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir. Klinikte oldukça yaygın kullanılan gonyometre cihazının ucuz ve kolay erişilebilir olduğu ancak ölçüm hata oranının yüksek olduğu bildirilmiştir **(Zulkarnain ve ark., 2017)**. Gonyometre yöntemi ile eklem hareket açıklığı ölçmenin basit bir uygulama olduğunu ancak uygulayıcı kişiler arasında büyük farklılıklar meydana gelebileceği ve birden fazla eklem için eş zamanlı değerlendirme yapabilmenin mümkün olamayacağını vurgulamışlardır **(Henmi ve ark., 2006)**. Buna karşın 3B hareket analiz sisteminin diğer cihazlara oranla sonuçları en az değişkenliğe sahip olduğu diğer yöntemlere göre daha az hata payına sahip olduğu ifade edilmiştir **(Zulkarnain ve ark., 2017)**. Birden fazla eklem için eş zamanlı EHA ölçümü elektromanyetik hareket analizi ve 3B hareket analiz sistemleri ile gerçekleştirilmektedir **(Henmi ve ark., 2006)**. Cilde yapıştırılan markırlar sayesinde dinamik hareketler sırasında omuz kinematikini invaziv olmayan bir yöntemle değerlendirmek 3B hareket analiz sistemleri için bir avantajdır. Sistemin dezavantajı ise cilde yapıştırılan markırlardır. Bu markırlar scapulathorasik eklem gibi bazı eklemlerde cildin eklemle birlikte hareket etmemesinden dolayı altında bulunan eklem hareketlerini doğru bir şekilde takip edememesidir. Bu nedenle cilde yapıştırılan markırların kullanıldığı 3B hareket analiz sistemlerinde veri toplama işlemi sırasındaki bazı bölgelere ait limitasyonlar göz önünde bulundurulmalıdır **(Jackson ve ark., 2012)**.

Çalışmamız; omuz eklem hareket açıklığı ölçümünde kullanılan gonyometre ve 3B hareket analiz sistemini hem sağlıklı hem de hasta bireyler üzerinde değerlendirilerek konunun bir bütün olarak ele alınmasna katkı sağlamaktadır. Çalışmamız her iki yöntemin de hasta gruptaki eklem hareket açıklığındaki azalmayı başarılı bir şekilde ortaya koyabildiğini göstermektedir. Ayrıca yöntemler arasında yüksek bir uyum olduğu

da ortaya konulmuştur. Bunun yanı sıra iki yöntem arasındaki uyumun hasta bireylerde daha fazla olduğunu belirlenmiştir.

Çalışmamızda Tablo 4.2. ve Tablo 4.3.'de gösterildiği gibi her iki yöntem ile de ölçülen fleksiyon, abduksiyon, iç ve dış rotasyon hareketlerinin EHA değerleri beklendiği gibi asemptomatik bireylerde daha yüksektir. Buna benzer sonuçlar 10 asemptomatik birey ve 10 frozen shoulder tanısı almış birey üzerinde yapılan çalışmada gösterilmiştir (**J. Rundquist, P., Anderson, D.,D., Guanche, A.,C., Ludewing, M.,P., 2003**). Bu bireylerin 3B hareket analiz sistemi ile EHA değerleri ölçülmüş buna göre asemptomatik bireyler için abduksiyon değeri 151° , fleksiyon değeri 147.9° , iç rotasyon değeri 41.5° ve dış rotasyon değeri 62.1° olarak belirtilmiştir. Frozen shoulder tanısı almış 10 bireyin ise EHA değerlerini sırasıyla 98.4° , 116.9° , 17.8° ve 33.5° olarak bulmuşlardır.

Çalışmamıza dahil edilen semptomatik bireyler (3 donuk omuz, 12 impingement sendromu , 6 rotator manşon sendromu, 7 supraspinatus kasında rüptürü , 4 kalsifik tendinit, 3 omuz ağrı şikayeti) kısıtlılığın kaynağı olan patolojiler yönünden homojen bir dağılım göstermemekte dolayısıyla etkilenen kas ve hareket yapıları farklılık göstermektedir. Ancak semptomatik omuzun sebep olduğu hareket kısıtlılığı her iki yöntemle de gösterilebilmiştir. Gonyometre ile yapılan ölçümlerin sırt üstü yatış pozisyonunda 3B hareket analiz sistemi ile yapılan ölçümlerin ise ayakta dik duruşta gerçekleştirilmiş olmasına rağmen elden edilen değerler birbiri ile uyumlu gözükmektedir. Yöntemler arasındaki uyumluluk hasta bireylerde daha fazladır. Bunun sebebi hastalarda eklem hareket açıklığının kısıtlı olması olabilir. Tespit edilen en düşük uyum ise sağlıklı bireylere ait iç ve dış rotasyon hareketlerinde gözükmektedir.

5.1 Sağlıklı bireylerin omuz hareket açıklığının gonyometre kullanılarak belirlenmesi

Amerikan Ortopedi Cerrahları Akademisi (AOOS) tarafından bildirilen EHA değerleri genellikle altın standart olarak kabul edilen normatif değerlerdir (**Desrosier, 1995; Fiebert, 1995; MacDermid ve ark., 1999**). AOOS tarafından kabul edilen EHA değerleri fleksiyon ve abduksiyon için 180° , dış rotasyon için 90° ve iç rotasyon için 70° olarak bildirilmiştir. MacIntosh ve arkadaşları 2003 yılında yaptıkları bir çalışmada ise 50-69 yaş arası 41 bireyin EHA değerlerinin AOOS tarafından ön görülen EHA

değerlerine göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir (**McIntosh, 2003**). Gonyometre ölçüm yöntemi kullanılarak elde ettikleri EHA değerlerini fleksiyon için 137.5°, abduksiyon için 150.7°, dış rotasyon için 82.8° ve iç rotasyon için 63.2° olarak bulmuşlardır. Fiebert ve arkadaşları 60 yaş ve üstü 102 sağlıklı katılımcının omuz hareket açılarını gonyometre kullanarak ölçmüştür (**Fiebert, 1995**). Çalışmadan elde edilen değerlere göre aktif fleksiyon açısı 165.4°, aktif abduksiyon açısı 157.7°, aktif iç rotasyon açısı 63.5° ve aktif dış rotasyon açısı 80.7°'dir. Bu çalışmanın bulguları AOOS tarafından bildirilen EHA değerlerinden anlamlı olarak farklı bulunmuştur ($p<0.0001$). Gill ve arkadaşları, 2006 yılında 20 - 49 yaş arası sağlıklı bireylerin omuz eklem hareket açıklığını gonyometre ile ölçmüştür (**Gill, 2006**). Elde edilen sonuçlar AOOS tarafından ön görülen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Yetmişiki bireyin dâhil edildiği bu çalışmanın sonuçlarına göre omuzun aktif fleksiyon değeri 158.9°, abduksiyon 163.9° dış rotasyon 84.9° ve iç rotasyon 64.6°'dir. Bu sonuçlar MacIntosh ve arkadaşları tarafından bildirilen bulgular ile uyumludur. Çalışmamıza dahil edilen 29 ila 59 yaş aralığındaki 30 sağlıklı bireyden her iki yöntemle de elde edilen EHA değerlerinin de AOOS tarafından ön görülen EHA değerlerinden küçük olduğu görülmüştür. Eklem hareket açıklığını kişinin yaşına, cinsiyetine, günlük yaşantıda kullanım sıklığına göre değişkenlik gösterebildiğini belirten Desrosier ve arkadaşları günlük hayatta yapılan işlerin mevcut hareket açıklığından daha azının kullanılarak gerçekleştiğini öne sürmüştür ve yaklaşık olarak 120° ila 130° arasındaki omuz fleksiyon ve abduksiyon değerlerinin günlük yaşantıdaki aktiviteleri gerçekleştirmede yeterli olduğunu belirtmişlerdir (**Desrosier, 1995**).

5.2 Sağlıklı bireylerin omuz hareket açıklığının marker tabanlı 3B hareket analiz sistemi kullanılarak belirlenmesi

2019 yılında Temporoti ve arkadaşları sağ tarafı dominant olan 40 sağlıklı bireyin katıldığı bir çalışma yapmışlardır (**Temporoti ve ark., 2019**). Katılımcılar yaş ortalamaları 24.8 olan 20 genç birey ile yaş ortalaması 71.7 olan 20 yaşlı birey şeklinde iki gruba ayrılmıştır. Bu çalışmada omuz fleksiyon, abduksiyon ve iç rotasyon hareketleri 3B hareket analiz sistemi kullanılarak değerlendirilmiştir. 3B hareket analiz sistemi olarak markır tabanlı BTS Smart DX kullanılmıştır. Omuz EHA değerlerine bakıldığı zaman fleksiyon açısı yaşlı bireylerde ortalama 143.2° genç bireylerde 154° ($p<0.001$), abduksiyon açısı genç bireylerde 151.8° yaşlı bireylerde 136.7° ($p<0.001$) ve

iç rotasyon açısı genç bireylerde 81.5° yaşlı bireylerde 79.2° ($p<0.001$) olarak bulunduğu belirtilmiştir. Bireylerin baskın ve baskın olmayan tarafa ait EHA değerleri fleksiyon, abduksiyon ve iç rotasyon hareketi için istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir ($p<0.001$). Assi ve arkadaşları 25 sağlıklı bireyin dahil edildiği bir çalışmada üst ekstremiteye ait dominant ve dominant olmayan tarafların eklem hareket açılarını 3B hareket analiz sistemi kullanarak değerlendirmiştir (**Assi ve ark., 2016**). 3B hareket analiz sistemi olarak Vicon tercih edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen 28.7 ± 7 yaş ortalamasına sahip katılımcılar bilateral olarak omuz fleksiyon-ekstansiyon, abduksiyon-adduksiyon ve iç-dış rotasyon hareketlerini gerçekleştirmiştir. Omuz fleksiyon-ekstansiyon hareketi dominant tarafta 209° dominant olmayan tarafta 205° , abduksiyon-adduksiyon hareketi dominant tarafta 133° dominant olmayan tarafta 128° , iç-dış rotasyon hareketi 77° dominant olmayan tarafta 75° olarak ölçülmüştür. Çalışmamıza katılan 44 ± 9.02 yaş ortalamasına sahip sağlıklı bireylerde fleksiyon ($151.90^{\circ}\pm 13.11^{\circ}$), abduksiyon ($147.43^{\circ}\pm 13.60^{\circ}$), dış rotasyon ($66.50^{\circ}\pm 13.89^{\circ}$), iç rotasyon ($58.60^{\circ}\pm 13.68^{\circ}$) EHA değerleri yukarıdaki çalışmalarla karşılaştırıldığında yaşları ile uyumlu gözükmektedir (Tablo 4.4.).

5.3 Sağlıklı bireylerde gonyometre aracılığı ile ölçülen omuz hareket açıklığının cinsiyetler arasındaki farklılığının incelenmesi

Fiebert ve arkadaşları kadın katılımcıların EHA değerlerinin erkek bireylerin hareketine göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir (**Fiebert, 1995**). Bu çalışmaya göre kadın bireylerin gonyometre cihazı kullanılarak ortalama fleksiyon açısı 168.2° , abduksiyon açısı 160.8° iç rotasyon açısı 65.8° ve dış rotasyon açısı 82.2° olarak ölçülmüştür. Erkek bireylerin ise sırasıyla fleksiyon, abduksiyon, iç ve dış rotasyon değerleri 159.1° , 150.5° , 58.2° ve 77.2° 'dir. Her iki cinsiyetin fleksiyon, abduksiyon ve iç rotasyon değerleri istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiştir ($p<0.01$). Kadın bireylerin erkek bireylerden daha fazla hareket açıklığına sahip olduğunu gösteren bir başka çalışma Barnes ve arkadaşları tarafından yapılmıştır (**Barnes ve ark., 2001**). Bu çalışmada kullanılan gonyometre ölçüm methoduna göre kadın bireylerin ortalama flexion açısı 176.7° , abduksiyon açısı 187.6° , dış rotasyon değeri 104.9° ve iç rotasyon değeri 47.5° iken erkek bireylerde bu değerler sırasıyla 173.6° , 180.1° , 101.2° ve 41.2° olarak bulunmuştur. Bir başka çalışma ise Vario ve arkadaşları tarafından 18 yaş ve üzeri 548

erkek birey ile 74 kadın bireyin katılımı ile gerçekleştirilmiştir (Vairo ve ark., 2012). Kadın ve erkek bireylere ait omuz fleksiyon, iç ve dış rotasyon hareket açıklıkları gonyometre ölçüm yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Kadın bireylerin ortalama iç rotasyon değeri 56.03° ve dış rotasyon değeri 100.14° , erkek bireylerin ortalama iç rotasyon değeri 54.52° ve dış rotasyon değeri 98.61° olarak bulunmuştur. Fleksiyon değerleri ise sırasıyla kadın ve erkek bireyler için 168.12° ile 165.21° olarak ifade edilmiştir. Bu çalışmada cinsiyetler arasında aktif fleksiyon hareketi anlamlı bir fark ($p=0.002$) gösterirken iç rotasyon ($p=0.363$) ve dış rotasyon ($p=0.259$) hareketi için her iki cinsiyet arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Çalışmamızın sonuçları incelendiğinde çalışmamıza katılan sağlıklı kadın - erkek bireylerin gonyometre sonuçları için cinsiyetler arası bir farklılık tespit edilmemiştir (Tablo 4.7.).

5.4 Sağlıklı bireylerde 3B hareket analiz sistemi aracılığı ile ölçülen omuz hareket açıklığının cinsiyetler arasındaki farklılığının incelenmesi

2016 yılında Schwart ve arkadaşları tarafından bir çalışmada optoelektronik hareket analiz sistemi ile sağlıklı kadın-erkek bireylere ait omuz fleksiyon, abduksiyon, iç ve dış rotasyon değerlerine incelenmiştir (Schwartz ve ark., 2016). Kadın bireylerin incelenen tüm hareketler için daha büyük bir hareket açısına sahip olduğu bildirilmiştir. Kadın bireyler için fleksiyon 157° , abduksiyon 165° , iç rotasyon 81° ve dış rotasyon 89° olarak erkek bireylerde ise aynı değerler sırasıyla 150° , 152° , 69° ve 84° olarak belirlenmiştir. Abduksiyon ve iç rotasyon değerlerinde anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($p=0.017$). Çalışmamızda 3B hareket analiz sistemi sonuçlarına göre sadece dış rotasyon hareketinde kadın erkek arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p=0.009$) (Tablo 4.8.).

5.5 Sağlıklı bireylerde gonyometre ve 3B hareket analiz yöntemi kullanılarak elde edilen omuz hareket açıklığının karşılaştırılması

Henmi ve arkadaşları, yaşları ortalaması 23 olan 5 sağlıklı katılımcıya ait omuz fleksiyon açısını 3B hareket analiz sistemi (Vicon 512) ve gonyometre kullanarak ölçmüştür (Henmi ve ark., 2006). Flexion hareketi için 3B hareket analiz sistemi ile elde edilen değer 161° iken gonyometre ile elde edilen değer 160° olarak ifade edilmiştir. Omuz fleksiyon hareketi için iki yöntem arasındaki korelasyon katsayısı 0.94 olarak hesaplanmıştır. Bizim çalışmamızda ise markır tabanlı 3B hareket analiz sistemi ile

sağlıklı bireylerin ortalama omuz fleksiyon değeri 151.9°, gonyometre ile 156.63° olarak hesaplandı. Her iki yöntem arasındaki ICC değeri 0.722 olarak belirlendi.

Zulkarnian ve arkadaşları, 2017 yılında sağlıklı bireylerin omuz fleksiyon, abduksiyon, iç ve dış rotasyon değerlerini gonyometre ve markır tabanlı hareket analiz sistemi kullanarak ölçmüştür (**Zulkarnain ve ark., 2017**). İki yöntem arasındaki farkın analizi için Pearson korelasyon katsayısı ve Bland-Altman analizinden yararlanılmıştır. Bu çalışmaya göre gonyometre ve 3B hareket analizi sonuçları kıyaslandığında fleksiyon ($r=0.96$), abduksiyon ($r=0.99$) ve dış rotasyon için ($r=0.89$) çok yüksek bir korelasyon ilişkisi gösterilmiştir. Ancak iç rotasyon hareketi için kıyaslandıklarında düşük bir ilişkisi gözle çarpmıştır ($r<0.72$). Bland-Altman analizine göre gonyometre ve 3B hareket analiz sistemi arasındaki bias değeri sadece flexion hareketinde düşük değer göstermiştir (0.74). Abduksiyon, iç rotasyon ve dış rotasyondaki bias değeri sırasıyla 6.1, 5.3, 4.8 olarak belirtilmiştir. Çalışmamızda sağlıklı bireylerin gonyometre ve markır tabanlı hareket analiz sistemi ile ölçümleri arasında hesaplanan bias (sapma) değerleri fleksiyon, abduksiyon dış rotasyon ve iç rotasyon için sırasıyla 4.7, 0.6, 2.1 ve 7 olarak saptandı (Şekil 4.2.). ICC değerleri ise fleksiyon abduksiyon dış rotasyon ve iç rotasyon için sırasıyla 0.72, 0.89, 0.55 ve 0.56 olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda sağlıklı bireylerde, Zulkarnian ve arkadaşları sonuçlarının iç rotasyon hareketinde buldukları metotlar arasındaki düşük korelasyon katsayısı değerlerine ek olarak dış rotasyon hareketinde de düşük değer saptanmıştır. Metotlar arası EHA değerlerinde ise anlamlı farklılık sadece iç rotasyon hareketinde tespit edilmiştir (Tablo 4.4.).

2012 yılında Yoshida ve arkadaşları üst ekstremiteye ait eklem hareket açıklığını ölçmek için kullanılan gonyometre ve 3B hareket analiz sistemini karşılaştıran bir çalışma yapmıştır (**Yoshida, 2012**). Çalışmaya 10 sağlıklı birey dahil edilmiştir. 3B hareket analiz sistemi olarak Vicon 512 kullanılmıştır. Omuz eklemine ait fleksiyon, abduksiyon, iç ve dış rotasyon hareketlerine bakıldığı zaman iki ölçüm yöntemi arasındaki Pearson korelasyon katsayısı 0.99'dan büyük olarak belirtilmiştir. Dış rotasyon hareketi için yöntemler arasında 5°'den az hata payı tespit edilirken, fleksiyon ve iç rotasyon hareketlerinde 5° ile 10° arasında hata payı bulunmuştur. Sadece abduksiyon hareketi için 10°'den fazla hata payı olduğu söylenmiştir. Yoshida ve

arkadaşları yapmış oldukları çalışmada kullandıkları markırların cilt altında kalmalarının büyük bir sorun olduğunu belirtmişlerdir. Omuz ekleminin hareket açısı arttıkça yapıştırılan markırların kemik ve cilt arasında yer değiştirmesinin artacağı da ifade edilmiştir (**Yoshida, 2012**). Bu durum bizim çalışmamızda sağlıklı bireylere ait ölçüm yöntemleri arasındaki uyumun daha az olmasını açıklamaktadır. Hasta bireylerin daha düşük açıda hareketleri gerçekleştirmiş olmaları yumuşak doku üzerindeki markırların ciltte daha az yer değiştirmesine sebep olur.

5.6 Omuz hareket kısıtlılığı olan bireylerin omuz hareket açıklığının gonyometre kullanılarak belirlenmesi

2013 yılında Venouziou ve arkadaşları, rotator manşet yırtığı tanısı alan 14 hasta bireyin dahil edildiği bir çalışmada omuz fleksiyon, abduksiyon ve dış rotasyon hareket açıklığı gonyometre kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmaya dahil edilen bireylerin ortalama fleksiyon açısı 73.6° , abduksiyon açısı 67.5° ve dış rotasyon açısı 7.9° olarak ölçülmüştür (**Venouziou ve ark., 2013**). Ueda ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada rotator manşet yırtığı olan semptomatik ve asemptomatik hastaların omuz hareket açıklığını ölçmüştür. Omuz fleksiyon, abduksiyon ve dış rotasyon hareket açılarını ölçmek için gonyometre kullanmışlardır. Semptomatik bireylerin ortalama omuz fleksiyon açısı $137^{\circ} \pm 16^{\circ}$, abduksiyon açısı $102^{\circ} \pm 19^{\circ}$ ve dış rotasyon açısı $46^{\circ} \pm 17^{\circ}$ iken asemptomatik bireylerin ortalama fleksiyon açısı $152^{\circ} \pm 8^{\circ}$, abduksiyon açısı $130^{\circ} \pm 16^{\circ}$ ve dış rotasyon açısı $56^{\circ} \pm 13^{\circ}$ olarak ölçülmüştür. Semptomatik hasta bireyler ve asemptomatik hasta bireylerin oluşturduğu iki grup arasında fleksiyon ve abduksiyon hareketi için $p < 0.01$, dış rotasyon hareketi için $p = 0.03$ olarak belirtilmiştir. Çalışmacılar sonuç olarak, rotator manşet yırtığı tanısı almış bireylerde omuz EHA değerlerinin semptomatik ve asemptomatik hastalar arasında farklılık gösterdiğini ifade etmişlerdir. Çalışmaya çeşitli tipte ve derecede rotator manşet yırtığı olan bireylerin dahil edilmesinin çalışmanın sonuçlarını etkileyebileceği belirtilmiştir (**Ueda ve ark., 2020**). Bir başka çalışmada ise Baets ve arkadaşları donuk omuz teşhisi almış 20 hasta bireyin dahil olduğu bir çalışmada omuz hareket açıklığı ölçümünde gonyometre kullanmıştır. Çalışmaya dahil edilen bireylerin omuz abduksiyon ve dış rotasyon hareket açıklıkları donuk omuz tanısı aldıkları gün ve 4 aylık takip süresinden sonra ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre tanı konulan gün, omuz abduksiyon açısı 54.3° ve dış rotasyon

açısı 17.7° olarak belirtilir iken 4 aylık takip süresinden sonra omuz abduksiyon açısı 75.9° ve dış rotasyon açısı 31.3° olarak ölçülmüştür **(De Baets ve ark., 2020)**. Çalışmamıza dahil edilen hastaların omuz eklem kısıtlılık sebepleri farklılıklar göstermektedir. Çalışmamızda gonyometre ölçümü ile sağlıklı omuza sahip ve omuz hareket kısıtlılığı olan bireyler arasında bütün hareketler için anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Tablo 4.2.).

5.7 Omuz hareket kısıtlılığı olan bireylerin omuz hareket açıklığının marker tabanlı 3B hareket analiz sistemi kullanılarak belirlenmesi

Rettig ve arkadaşları, 8 sağlıklı ve 1 glenohumeral osteoartriti olan bireyin bilateral omuz abduksiyon değerlerini 3B hareket analiz sistemi kullanarak ölçmüşlerdir **(Rettig ve ark., 2015)**. 3B hareket analiz sistemiyle elde edilen değerlere göre sağlıklı bireylerin ortalama omuz abduksiyon değeri 150° olarak bulunmuştur. Glenohumeral osteoartrit tanısı almış birey ise abduksiyon hareketinin 80° olduğu ölçülmüştür. Çalışmamızda 3B hareket analiz sistemi ile bu değerler hasta birey için ortalama 75.6° sağlıklı birey için 147.73° olarak hesaplandı (Tablo 4.3.).

2006 yılında McClure ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada 45 sağlıklı birey ve 45 impingement tanısı almış bireylerin omuz eklem hareket açıklığını değerlendirmek amacıyla 3B hareket analiz sistemi kullanılmıştır **(McClure, 2006)**. Omuz impingement sendromu olan bireyler ile sağlıklı bireylerin ortalama omuz fleksiyon değerleri sırasıyla 144.6° ve 163.5° olarak ölçülmüştür. Omuz abduksiyon pozisyonunda iken yapılan iç ve dış rotasyon değerleri sağlıklı bireyler için sırasıyla 70.0° ile 111.9° olarak hesaplanır iken impingement tanısı alan bireylerin iç rotasyon değeri 50.1° ve dış rotasyon değeri 90.9° olarak ifade edilmiştir. Omuz impingement sendromu tanısı almış bireylerin sağlıklı bireylere kıyasla daha az hareket açıklığına sahip olduğu söylenmiştir ($p < 0.05$). Lachaine ve arkadaşları yapmış oldukları bir çalışmada markır tabanlı 3B hareket analiz sistemi kullanarak omuz abduksiyon açısını ölçmüşlerdir. Çalışmaya 14 rotator manşet yırtığı olan hasta ile 14 sağlıklı birey dahil edilmiştir. Hasta bireylere ait fleksiyon hareketi sırasında ortalama EHA değeri 73° ve sağlıklı bireylere ait ortalama EHA değeri 172° olarak belirlenmiştir ($p < 0.001$) **(Robert-Lachaine ve ark., 2016)**. 2014 yılında Maier ve arkadaşları glenohumeral osteoartrit tanısı almış 8 bireyin dahil edildiği

bir çalışma yapmışlardır. Omuz hemiartroplastisi yapılacak olan 8 bireyin preoperatif ve operasyondan 3 yıl sonrasına ait omuz fleksiyon, abduksiyon, iç ve dış rotasyon değerleri 3B hareket analiz sistemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar 10 sağlıklı bireyin omuz EHA değerleri ile kıyaslanmıştır. Preoperatif ve 3 yıllık postoperative omuz EHA değerleri abduksiyon için sırasıyla 50.5° ve 72.4° ($p=0.031$), dış rotasyon değeri 15.1° ve 50.9° ($p=0.031$), iç rotasyon değeri 0.6° ve 35.8° ($p=0.031$), fleksiyon değeri 105.8° ve 161.9° ($p=0.094$) olarak belirtilmiştir. Üç yıllık postoperatif grubun ortalama abduksiyon değeri 72.4° iken sağlıklı bireylerin ortalama abduksiyon değeri 113.5° ve $p=0.029$ olarak hesaplanmıştır. İki gruba ait fleksiyon, iç ve dış rotasyon değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Çalışmayı yapan araştırmacılar omuz problemlerine ait çözümlerin etkinliği görebilmek ve EHA'daki değişiklikleri takip edebilmek için 3B hareket analiz yönteminin uygun bir sistem olduğunu ifade etmişlerdir (**W. Maier, M. Kasten, P., 2014**). Bizim de çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar 3B hareket analiz sisteminin sağlıklı ve hasta bireylerin EHA değerleri arasındaki anlamlı farklılığı tüm hareketler için başarılı bir şekilde gösterebildiği için klinikte uygulanabilir olduğu kanısındayız (Tablo 4.3.).

Alsina ve arkadaşları 3B hareket analiz sistemi kullanarak omuz abduksiyon hareket açıklığını değerlendiren bir çalışma yapmıştır (**Garcia-Alsina ve ark., 2005**). Çalışmada 25 hasta omuz ve 17 sağlıklı omuz incelenmiştir. Omuz abduksiyon hareketi 2 farklı pozisyonda gerçekleşmiştir. İlk pozisyon nötral pozisyon olarak tanımlanmıştır. Nötral pozisyonda (kol gövde yanında avuç içi uyluğa bakacak şekilde konumlandırılmış) bireylerden kolunu maksimum kaldırması istenmiştir. Diğeri ise omuz eksternal rotasyon pozisyonuna getirilip (kol gövde yanında sarkık avuç içi öne bakacak) maksimum kaldırılması istenmiştir. Nötral için omuz EHA değeri sağlıklı bireylerde ortalama 148° hasta bireylerde ortalama 143° olarak ölçülmüştür. Omuz eksternal rotasyonda iken yapılan abduksiyon hareketi ile nötral pozisyonda yapılan abduksiyon hareketi arasında ortalama 15.71° fark bulunmuştur ($p<0.0001$). Omuz eksternal rotasyonda iken yapılan abduksiyon hareketinin nötral pozisyona göre daha büyük olduğu belirtilmiştir. Amerikan Ortopedi Cerrahları Akademisi tarafından omuz abduksiyon hareketinin 0° başlangıç pozisyonunda başladığı kabul edilir. Fakat Alsina ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada başlangıç pozisyonunun gonyometre

ölçümünde 0° olmadığını belirtmiştir. Bu yüzden omuz abduksiyon hareket açısı ölçümlerinde 165° 'den daha yüksek bir değer elde edememişlerdir. Bizim de çalışmamızda omuz ölçüm metodunun gereksiminden dolayı abduksiyon ve fleksiyonun 0° başlangıç pozisyonundan harekete başlamamaktadır.

5.8 Omuz hareket kısıtlılığı olan bireylerde gonyometre ve 3B hareket analiz yöntemi kullanılarak elde edilen omuz hareket açıklığının karşılaştırılması

Jariwala ve arkadaşları glenohumeral osteoartrit tanısı almış 15 hastanın tedavi öncesi ve tedavi sonrası EHA'daki değişikliklerini 3B hareket analizi sistemi kullanarak objektif olarak ölçmek ve elde edilen sonuçları klinikte kullanılan gonyometre ile karşılaştırmak amacıyla bir çalışma yapmıştır (**Jariwala ve ark., 2021**). Çalışmaya katılan bireylerin yaş ortalaması 72 olarak belirtilmiştir. Bireyler omuz fleksiyon, abduksiyon, iç ve dış rotasyon hareketini gerçekleştirmiştir. Hareket analiz sistemi olarak Vicon kullanılmıştır. Tedavi öncesi gonyometre ile elde edilen omuz fleksiyon değeri 60° , abduksiyon değeri 40° iken Vicon hareket analizi ile elde EHA değerleri sırasıyla 70° ve 40° olarak bulunmuştur. İç ve dış rotasyon değerleri ise gonyometre ölçüm yöntemiyle 28.4° ve 26.3° , 3B hareket analiz sistemiyle 34.4° ve 29.4° olarak ifade edilmiştir. Gonyometre ölçüm yöntemiyle tedavi öncesi ve tedaviden 4 ay sonra tüm hareketlerden elde edilen EHA değerleri kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görüldü ($p < 0.05$). Benzer şekilde 3B hareket analizi yöntemi kullanılarak elde edilen tedavi öncesi ve sonrası EHA değerleri arasında istatistiksel olarak farklı bulundu ($p < 0.05$). Jaiwara ve arkadaşları çalışmanın karmaşık ve birçok düzlemde meydana gelen omuz hareketlerini tam olarak incelemek için 3B hareket analiz sisteminin kullanılabilir olmasını çalışmanın en önemli bulgusu olarak belirtmişlerdir. Çalışmamızda omuz hareket kısıtlılığı olan bireylere ait EHA değerleri gonyometre ve 3B hareket analiz yöntemi arasında dış rotasyon ve iç rotasyon hareketlerinde anlamlı farklılıklara rastladık (Tablo 4.5.). Ancak iki metot arasındaki iç ve dış rotasyon arasındaki güvenilirlik (ICC) hasta bireylerde daha yüksek bulundu (Tablo 4.6.). Bunun sebebi hastalarda EHA değerlerinin sağlıklı bireyelere göre daha düşük olması olabilir.

5.9 Eklem hareket açıklığı değerlerinin Constant-Murley skoru ile ilişkisinin incelenmesi

Klinisyenler ve araştırmacılar terapötik tedavilerin etkinliğini belirlemek için skorlama yöntemlerini kullanmışlardır. Avrupa Omuz ve Dirsek Cerrahisi Derneği (ESSE) omuz fonksiyonunun değerlendirilmesi için Constant-Murley skorunu (CMS) güvenilir ve tekrarlanabilir bir yöntem olarak kabul etmiştir (**Rocourt ve ark., 2008**). Conboy ve arkadaşları 25 hasta üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada CMS'nin güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla gözlemci içi hata oranına bakmıştır. Üç farklı gözlemci ile gerçekleştirilen bu çalışmada gözlemciler arası güvenilirlik düşük oranda bulunmuştur. Gözlemcilerin elde ettiği skorların sonuçları birbirinden oldukça farklı çıkmıştır. Üç gözlemci arasında %3'lük bir hata oranı tespit edilmiştir. Bu hata oranını, orijinal metinde yetersiz bir şekilde açıklanan kuvvet testi yöntemindeki varyasyonlardan kaynaklanabileceği söylenmiştir. Böylelikle CMS skorunun hastanın klinik takibinde kullanımı için yeterince güvenilir olmadığı sonucuna ulaşmışlardır (**Conboy ve ark., 1996**). Çalışmada CMS 'nin güvenilirliğini 3 nedenden dolayı sorgulamıştır. 1) Tek bir ağrı skalasının olması hastanın ağrısını ifade edebilmesi için yeterli olmamıştır. 2) Fonksiyonel aktivitelerin sorgulanması belirli bir aktivite üzerinden gerçekleşmemiştir. Hasta tarafından yorumlanması açık bırakılmıştır. 3) Kuvvet ölçme yöntemi standize edilememiştir. Constant ve arkadaşları ise bu sorunları giderebilmek için 2008 yılında CMS'nin kullanımına yönelik bir değiştirilmiş bir klavuz hazırlamıştır.

Constant - Murley skorlaması ağrı, günlük yaşam aktivitelerini gerçekleştirme becerisi, omuz kuvveti ve omuz hareket açıklığı gibi parametreleri sorgulamaktadır. 0 ila 100 puan arasında değişen puanlandırmada alınan puan ne kadar yüksekse omuzun işlevinin o kadar iyi olduğu ifade edilmiştir. Hareket açıklığına ait parametre toplamda 40 puan olarak belirtilmiştir. Bu parametrenin 10 puanı elin sırtınının sırta hangi seviyeye götürülebildiğini değerlendirilen iç rotasyon hareketidir. Maier ve arkadaşları 2017 yılında omuz şikayeti olmayan 16 sağlıklı bireyin dâhil edildiği bir çalışma yapmışlardır (**M. W. Maier ve ark., 2017**). Bireylerin iç rotasyon hareketi Constant-Murley skorlamasına ait iç rotasyon parametresi ile 3B hareket analiz sistemi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Buna göre elin sırtının sırta ulaşma derecesi sadece glenohumeral eklem kısıtlılığından değil aynı zamanda dirsek eklemi kısıtlılığından da

etkilenebileceğinden CMS skorunun her zaman doğru sonuç vermeyebileceği bildirilmiştir. Çalışmamızda CMS skoru ve hareket analiz yöntemleri arasında tespit ettiğimiz düşük-orta uyum Maier ve arkadaşlarının belirttiği gibi elin sırta dokunma testinden kaynaklanabileceğini düşünüyoruz (Tablo 4.11.). Çünkü gonyometre ve markır tabanlı hareket analiz sisteminde rotasyon analizi dirsek ekleminin fleksiyonundan etkilenmez iken CMS de sırta dokunma için dirsek eklemi hareketi gereklidir. Dolayısıyla örneğin biceps tendinitli hastalarda hem omuz hem de dirsek ekleminde meydana gelen kısıtlamalar ölçümler arasındaki uyumu azaltabilir. Ayrıca sağlıklı bireylerde de omuz ekleminde herhangi bir kısıtlılık olmamasına rağmen kas esnekliğinden kaynaklanan bireysel farklılıklar yöntemler arasında benzer sorunlara yol açabilir. Çalışmamızda CMS ve hareket analiz verileri arasında bulduğumuz düşük uyumun bir diğer sebebi CMS ile sadece eklem hareket açıklığını değil aynı zamanda kas gücü ve günlük yaşam aktivitelerinin de değerlendirilmesi olabilir.

6 SONUÇ ve ÖNERİLER

Klinikte oldukça sık kullanılan ucuz ve kullanımı kolay bir ölçüm aleti olan gonyometre ile oldukça hassas ölçümler yapabilen ve birden fazla eklem hareketini aynı anda değerlendirebilen markır tabanlı 3B hareket analiz sistemini karşılaştırdığımız çalışmamızda her iki yöntemin birbiriyle orta ve yüksek uyumluluk gösterdiğini belirledik. Her iki yöntemin ölçtüğü eklem hareket açıklık değerleri arasında rotasyon hareketleri arasında anlamlı farklılıklar olsa da her iki yöntem de sağlıklı ve hareket kısıtlılığı olan eklemler arasındaki anlamlı farkı başarıyla ortaya koyabildi.

3B markır tabanlı hareket sistemi hassas, objektif bir yöntemdir. Yöntem çok eksenli ve birden fazla eklem katıldığı kompleks hareketlerin incelenmesi için oldukça elverişlidir. Böylelikle bu yöntem klinisyenlere çok eksenli eklemlerde yapılan karmaşık hareketleri doğru bir şekilde ölçme imkânı tanıyarak teşhis ve tedavi de yardımcı olabilir. Ancak sistemin yüksek maliyeti, deneyimli operatör ihtiyacı ölçüm için uzun zaman gerektirmesi dezavantajları arasında sayılabilir. Ayrıca cilt üstüne yapıştırılan markırların scapulothorasic eklem gibi eklemlerde hareketi tam olarak yansıtamaması da göz önünde bulunurulmalıdır. Her iki yöntem de ölçüm için farklı hasta vücut pozisyonlarına ihtiyaç duyarlar. Ayrıca markır tabanlı yöntemde harekete başlangıç pozisyonunda (sıfır pozisyonu) markırların vücutla ekstremite arasında kameraların görüş açısından gizlenmemeleri için ekstremite vücuttan bir miktar ayrı tutulmalıdır. Bu gibi pozisyonel farklılıklar ölçümler sırasında çelişkilere sebep olabilir.

Yapılan çalışmalarda yeni geliştirilen yöntemleri test etmekte her iki yöntem de altın standart olarak sunulmasına rağmen yöntemlerin kendine özgü avantajları ve dezavantajları olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Literatürde her iki yöntemle sağlıklı veya hasta kişiler üzerinde yapılan ayrı ayrı çalışmalar bulunmasına karşın çalışmamızın yöntemleri hasta ve sağlıklı kişilerde birlikte ele alması bakımından konunun bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesine olanak sağladığı kanısındayız. Sunulan verilerle birlikte yapılan geniş literatür özetinin araştırmacıların konuyu bir bütün olarak görmelerini kolaylaştıracağını ve böylece amaçlarına yönelik doğru ölçme yöntemini seçmelerine yardımcı olacağını düşünüyoruz.

KAYNAKLAR

- Arıncı, K., Elhan, A. (2006a). Anatomi. In K. Arıncı, Elhan, A. (Ed.), *Anatomi* (4 ed., Vol. 402). Ankara: Güneş Kitabevi.
- Arıncı, K., Elhan, A. (2006b). Anatomî. In K. Arıncı, Elhan, A. (Ed.), *Anatomî* (4 ed., pp. 8). Ankara: Güneş Kitabevi.
- Assi, A., Bakouny, Z., Karam, M., Massaad, A., Skalli, W., & Ghanem, I. Three-dimensional kinematics of upper limb anatomical movements in asymptomatic adults: Dominant vs. Non-dominant. *Hum Mov Sci.* 2016; 50: 10-18.
- Barnes, C. J., Van Steyn, S. J., & Fischer, R. A. The effects of age, sex, and shoulder dominance on range of motion of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg.* 2001; 10 (3): 242-246.
- Baykal, B., Kocadal, O. Donuk/donmuş omuz. *Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği* 2013; 12 (4): 379-384.
- Bergstrom, G., Aniansson, A., Bjelle, A., Grimby, G., Lundgren-Lindquist, B., & Svanborg, A. Functional consequences of joint impairment at age 79. *Scand J Rehabil Med.* 1985; 17 (4): 183-190.
- Beshara, P., Chen, J. F., Read, A. C., Lagadec, P., Wang, T., & Walsh, W. R. The reliability and validity of wearable inertial sensors coupled with the microsoft kinect to measure shoulder range-of-motion. *Sensors (Basel).* 2020; 20 (24).
- Bontempo, N. A., & Mazzocca, A. D. Biomechanics and treatment of acromioclavicular and sternoclavicular joint injuries. *Br J Sports Med.* 2010; 44 (5): 361-369.
- Burkhart, S. S. Arthroscopic treatment of massive rotator manşet tears. Clinical results and biomechanical rationale. *Clin Orthop Relat Res.* 1991; (267): 45-56.
- Cai, L., Ma, Y., Xiong, S., & Zhang, Y. Validity and reliability of upper limb functional assessment using the microsoft kinect v2 sensor. *Appl Bionics Biomech.* 2019; 2019: 7175240.
- Conboy, V. B., Morris, R. W., Kiss, J., & Carr, A. J. An evaluation of the constant-murley shoulder assessment. *J Bone Joint Surg Br.* 1996; 78 (2): 229-232.
- Culham, E., & Peat, M. Functional anatomy of the shoulder complex. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993; 18 (1): 342-350.
- De Baets, L., Matheve, T., Dierickx, C., Bijmens, E., Jans, D., & Timmermans, A. Are clinical outcomes of frozen shoulder linked to pain, structural factors or pain-related cognitions? An explorative cohort study. *Musculoskelet Sci Pract.* 2020; 50: 102270.
- Demirhan, M., Akman, Ş. Omuz eklemi hastalıklarında preoperatif ve postoperatif skorlama. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica.* 1993; 27: 129-131.
- Desrosier, J., Hébert, R., Bravo, G. Shoulder range of motion of healthy elderly people: A normative study. *Physical and Occupational Therapy in Geriatrics.* 1995: 101-114.
- Di Giacomo, G., Pouliart, N., Costantini, A., De Vita, A. (2008). Atlas of functional shoulder anatomy. In G. Di Giacomo, Pouliart, N., Costantini, A., de Vita, A. (Ed.), *Muscles for scapulothoracic control* (pp. 17). Milan, Italy: Springer.

- Fiebert, M., I. Downey, A., P., Brown, S., J. Active shoulder range of motion in persons aged 60 years and older *Physical & Occupational Therapy in Geriatrics*. 1995; 13 (1/2): 115-128.
- Garcia-Alsina, J., Garcia Almazan, C., Moranta Mesquida, J., & Pleguezuelos Cobo, E. Angular position, range of motion and velocity of arm elevation: A study of consistency of performance. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2005; 20 (9): 932-938.
- Garving, C., Jakob, S., Bauer, I., Nadjar, R., & Brunner, U. H. Impingement syndrome of the shoulder. *Dtsch Arztebl Int*. 2017; 114 (45): 765-776.
- Gill, H., Gustafsson, L. Shoulder joint range of motion in healthy adults aged 20 to 49 years. *British Journal of Occupational Therapy*. 2006; 69 (12): 556-561.
- Goldstein, B. Shoulder anatomy and biomechanics. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2004; 15 (2): 313-349.
- Gökmen, G. F., Ertürk, M. (2003). Sistematik anatomi. In G. F. Gökmen (Ed.), *Hareket sistemi* (pp. 62). İzmir: Nobel Tıp Kitabevi.
- Gross, J. M., Fetto, J., Rosen, E., (2015). The shoulder. In J. M. Gross, Fetto, J., Rosen, E., (Ed.), *Musculoskeletal examination* (4 ed., pp. 138). John Wiley & Sons.
- Gumina, S. (2017). Rotator manşet tear pathogenesis, evaluation and treatment. In S. Gumina (Ed.), (pp. 35). Springer Nature
- Gutierrez Delgado, G., De Beule, M., Ortega Cardentey, D. R., Segers, P., Iznaga Benitez, A. M., Rodriguez Moliner, T., . . . Van Tongel, A. Procedure to describe clavicular motion. *J Shoulder Elbow Surg*. 2017; 26 (3): 490-496.
- Halder, A. M., Itoi, E., An, K. A. Anatomy and biomechanics of the shoulder. *Orthopedic Clinics of North America*. 2000; 31: 159-176.
- Hall, J. S. (2012). The biomechanics of the human upper extremity. In *Basic biomechanics* (6 ed., pp. 186). McGraw-Hill Companies: William Glass.
- Harwood, M. I., & Smith, C. T. Superior labrum, anterior-posterior lesions and biceps injuries: Diagnostic and treatment considerations. *Prim Care*. 2004; 31 (4): 831-855.
- Hawi, N., Liodakis, E., Musolli, D., Suero, E. M., Stuebig, T., Claassen, L., . . . Citak, M. Range of motion assessment of the shoulder and elbow joints using a motion sensing input device: A pilot study. *Technol Health Care*. 2014; 22 (2): 289-295.
- Hayes, K., Walton, J. R., Szomor, Z. R., & Murrell, G. A. Reliability of five methods for assessing shoulder range of motion. *Aust J Physiother*. 2001; 47 (4): 289-294.
- Henmi, S., Yonenobu, K., Masatomi, T., & Oda, K. A biomechanical study of activities of daily living using neck and upper limbs with an optical three-dimensional motion analysis system. *Mod Rheumatol*. 2006; 16 (5): 289-293.
- Hess, S. A. Functional stability of the glenohumeral joint. *Man Ther*. 2000; 5 (2): 63-71.
- Hughes, H., N. Quaternion to euler angle conversion for arbitrary rotation sequence using geometric methods. 2011.
- Jackson, M., Michaud, B., Tetreault, P., & Begon, M. Improvements in measuring shoulder joint kinematics. *J Biomech*. 2012; 45 (12): 2180-2183.
- Jariwala, A. C., Kiran, M., Hyndman, I., Johnston, L. R., Wang, W., Abboud, R. J., & Wigderowitz, C. A. Kinematic 3-d motion analysis of shoulder resurfacing hemiarthroplasty - an objective assessment method. *J Biomech*. 2021; 122: 110454.

- Jaspers, E., Desloovere, K., Bruyninckx, H., Molenaers, G., Klingels, K., & Feys, H. Review of quantitative measurements of upper limb movements in hemiplegic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2009; 30 (4): 395-404.
- Kadi, R., Milants, A., & Shahabpour, M. Shoulder anatomy and normal variants. *J Belg Soc Radiol*. 2017; 101 (Suppl 2): 3.
- Karduna, A. R., McClure, P. W., & Michener, L. A. Scapular kinematics: Effects of altering the euler angle sequence of rotations. *J Biomech*. 2000; 33 (9): 1063-1068.
- Kiel, J., Ponnarasu, S., & Kaiser, K. (2020). Sternoclavicular joint injury. In *Statpearls*. Treasure Island (FL).
- Kolber, M. J., & Hanney, W. J. The reliability and concurrent validity of shoulder mobility measurements using a digital inclinometer and goniometer: A technical report. *Int J Sports Phys Ther*. 2012; 7 (3): 306-313.
- Kolk, A., de Witte, P. B., Henseler, J. F., van Zwet, E. W., van Arkel, E. R., van der Zwaal, P., . . . de Groot, J. H. Three-dimensional shoulder kinematics normalize after rotator manşet repair. *J Shoulder Elbow Surg*. 2016; 25 (6): 881-889.
- Kuster, R. P., Heinlein, B., Bauer, C. M., & Graf, E. S. Accuracy of kinectone to quantify kinematics of the upper body. *Gait Posture*. 2016; 47: 80-85.
- Lee, K. H., Park, H. J., Lee, S. Y., Youn, I. Y., Kim, E., Park, J. H., & Park, S. J. Adhesive capsulitis of the shoulder joint: Value of glenohumeral distance on magnetic resonance arthrography. *J Comput Assist Tomogr*. 2017; 41 (1): 116-120.
- Lee, K. W., Kim, Y. I., Kim, H. Y., Yang, D. S., Lee, G. S., & Choy, W. S. Three-dimensional scapular kinematics in patients with reverse total shoulder arthroplasty during arm motion. *Clin Orthop Surg*. 2016; 8 (3): 316-324.
- Lee, S. H., Yoon, C., Chung, S. G., Kim, H. C., Kwak, Y., Park, H. W., & Kim, K. Measurement of shoulder range of motion in patients with adhesive capsulitis using a kinect. *PLoS One*. 2015; 10 (6): e0129398.
- Levangie, K. P., Norkin, C.C., (2011). The shoulder complex. In M. Duffield, Carter, K. (Ed.), *Joint structure and function* (5 ed., pp. 251). Philadelphia: F. A. Davis Company.
- Levasseur, A., Tetreault, P., de Guise, J., Nuno, N., & Hagemester, N. The effect of axis alignment on shoulder joint kinematics analysis during arm abduction. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2007; 22 (7): 758-766.
- Lin, C., Haciz, W.M., Wang, W.W. (2014). *Ntuh-ii robot arm with dynamic torque gain adjustment method for frozen shoulder rehabilitation*. Paper presented at the International Conference on Intelligent Robots and Systems, Chicago, IL, USA.
- Lin, J. J., Hanten, W. P., Olson, S. L., Roddey, T. S., Soto-Quijano, D. A., Lim, H. K., & Sherwood, A. M. Functional activities characteristics of shoulder complex movements: Exploration with a 3-d electromagnetic measurement system. *J Rehabil Res Dev*. 2005; 42 (2): 199-210.
- Lippert, L. S. (2011a). Clinical kinesiology and anatomy In K. E. Williams (Ed.), *Clinical kinesiology and anatomy of the upper extremities* (5 ed., pp. 378). Philadelphia: F. A. Davis Company.
- Lippert, L. S. (2011b). Clinical kinesiology and anatomy of the upper extremities. In M. A. Duffield, Williams, E.K. (Ed.), *Clinical kinesiology and anatomy* (5 ed., pp. 120). Philadelphia: F. A. Davis Company.

- Lovern, B., Stroud, L. A., Evans, R. O., Evans, S. L., & Holt, C. A. Dynamic tracking of the scapula using skin-mounted markers. *Proc Inst Mech Eng H*. 2009; 223 (7): 823-831.
- Lugo, R., Kung, P., & Ma, C. B. Shoulder biomechanics. *Eur J Radiol*. 2008; 68 (1): 16-24.
- MacDermid, J. C., Chesworth, B. M., Patterson, S., & Roth, J. H. Intratester and intertester reliability of goniometric measurement of passive lateral shoulder rotation. *J Hand Ther*. 1999; 12 (3): 187-192.
- Maier, M. W., Erhard, S., Niklasch, M., Bruckner, T., Wolf, S. I., Zeifang, F., & Raiss, P. Three-dimensional motion analysis for validation of shoulder internal rotation. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017; 137 (6): 735-741.
- Maier, M. W., Niklasch, M., Dreher, T., Zeifang, F., Rettig, O., Klotz, M. C., . . . Kasten, P. Motion patterns in activities of daily living: 3- year longitudinal follow-up after total shoulder arthroplasty using an optical 3d motion analysis system. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014; 15: 244.
- Maier, W., M. Kasten, P. 3d motion capture using the hux model for monitoring functional changes with arthroplasty in patients with degenerative osteoarthritis. *Gait & Posture*. 2014; 39: 7-11.
- Mall, N. A., Foley, E., Chalmers, P. N., Cole, B. J., Romeo, A. A., & Bach, B. R., Jr. Degenerative joint disease of the acromioclavicular joint: A review. *Am J Sports Med*. 2013; 41 (11): 2684-2692.
- Matsen, F. A., 3rd, Ziegler, D. W., & DeBartolo, S. E. Patient self-assessment of health status and function in glenohumeral degenerative joint disease. *J Shoulder Elbow Surg*. 1995; 4 (5): 345-351.
- McClure, P. W., Michener, L. A., Karduna, A. R. Shoulder function and 3-dimensional scapular kinematics in people with and without shoulder impingement syndrome. *Physical Therapy*. 2006; 86: 1075-1090.
- McIntosh, L., McKenna, K. Active and passive shoulder range of motion in healthy older people. *British Journal of Occupational Therapy*. 2003: 318-324.
- Mullaney, M. J., McHugh, M. P., Johnson, C. P., & Tyler, T. F. Reliability of shoulder range of motion comparing a goniometer to a digital level. *Physiother Theory Pract*. 2010; 26 (5): 327-333.
- Neviaser, R. J. Lesions of the biceps and tendinitis of the shoulder. *Orthop Clin North Am*. 1980; 11 (2): 343-348.
- Norkin, C. C., White, J. D., (2016a). Range of motion testing procedures/shoulder. In L. S. Horowitz (Ed.), *Measurement of joint motion : A guide to goniometry* (5 ed., pp. 72,74). Philadelphia: F. A. Davis Company.
- Norkin, C. C., White, J. D., (2016b). Upper-extremity. In L. S. Horowitz (Ed.), *Measurement of joint motion : A guide to goniometry* (5 ed., pp. 66). Philadelphia,: F. A. Davis Company.
- Pamela K. Levangie, C. C. N. (2011). Joint structure and function. In K. Carter (Ed.), *Upper extremity joint complexes* (5 ed., pp. 588). Philadelphia.
- Peat, M. Functional anatomy of the shoulder complex. *Phys Ther*. 1986; 66 (12): 1855-1865.
- Quental, C. F., J. Ambrosio, J. Monteiro, J. A multibody biomechanical model of the upper limb including the shoulder girdle. *Multibody Syst Dyn*. 2012.

- Rettig, O., Krautwurst, B., Maier, M. W., & Wolf, S. I. Definition of anatomical zero positions for assessing shoulder pose with 3d motion capture during bilateral abduction of the arms. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015; 16: 383.
- Robert-Lachaine, X., Allard, P., Godbout, V., Tetreault, P., & Begon, M. Scapulohumeral rhythm relative to active range of motion in patients with symptomatic rotator manşet tears. *J Shoulder Elbow Surg.* 2016; 25 (10): 1616-1622.
- Robert-Lachaine, X., Marion, P., Godbout, V., Bleau, J., & Begon, M. Elucidating the scapulo-humeral rhythm calculation: 3d joint contribution method. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* 2015; 18 (3): 249-258.
- Rocourt, M. H., Radlinger, L., Kalberer, F., Sanavi, S., Schmid, N. S., Leunig, M., & Hertel, R. Evaluation of intratester and intertester reliability of the constant-murley shoulder assessment. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008; 17 (2): 364-369.
- Rundquist, J., P., Anderson, D.,D., Guanche, A.,C., Ludewing, M.,P. Shoulder kinematics in subjects with frozen shoulder. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* 2003; 84 (10): 1473-1479.
- Rundquist, P. J., Obrecht, C., & Woodruff, L. Three-dimensional shoulder kinematics to complete activities of daily living. *Am J Phys Med Rehabil.* 2009; 88 (8): 623-629.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U. (2007a). Üst ekstremité. In M. Yıldırım, Marur, T. (Ed.), *Prometheus anatomi atlası* (pp. 227): Nobel Tıp Kitabevi.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U. (2007b). Üst ekstremité (kemikler bağlar ve eklemler). In M. Yıldırım, Marur, T. (Ed.), *Prometheus anatomi atlası* (pp. 231): Nobel Tıp Kitabevi.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U. (2007c). Üst ekstremité (omuz eklemleri: Subacromial eklem). In M. Yıldırım, Marur, T. (Ed.), *Prometheus anatomi atlası* (pp. 232): Nobel Tıp Kitabevi.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U. (2007d). Üst ekstremité kasların sistematığı. In M. Yıldırım, Marur, T. (Ed.), *Prometheus anatomi atlası* (pp. 259,261): Nobel Tıp Kitabevi.
- Schwartz, C., Croisier, J. L., Rigaux, E., Bruls, O., Denoel, V., & Forthomme, B. Gender effect on the scapular 3d posture and kinematic in healthy subjects. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016; 36 (3): 188-196.
- Senk, M., & Cheze, L. Rotation sequence as an important factor in shoulder kinematics. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2006; 21 Suppl 1: S3-8.
- Sinclair, J., Hebron, J. The influence of different cardan sequences on threedimensional cycling kinematics. *HUMAN MOVEMENT.* 2013; 14 (4): 334-339.
- Snell, R. S. (2012). Clinical anatomy. In C. Taylor (Ed.), *Clinical anatomy* (9th ed., pp. 340).
- Taner, D. (2011). Fonksiyonel anatomi. In D. Taner (Ed.), *Fonksiyonel anatomi* (5 ed., pp. 255). Ankara: HYB Basım Yayın.
- Temporiti, F., Furone, R., Cescon, C., Barbero, M., & Gatti, R. Dispersion of helical axes during shoulder movements in young and elderly subjects. *J Biomech.* 2019; 88: 72-77.
- Tuscano, D., Banerjee, S., & Terk, M. R. Variations in normal sternoclavicular joints; a retrospective study to quantify scj asymmetry. *Skeletal Radiol.* 2009; 38 (10): 997-1001.

- Ueda, Y., Tanaka, H., Tomita, K., Tachibana, T., Inui, H., Nobuhara, K., . . . Ichihashi, N. Comparison of shoulder muscle strength, cross-sectional area, acromiohumeral distance, and thickness of the supraspinatus tendon between symptomatic and asymptomatic patients with rotator manşet tears. *J Shoulder Elbow Surg.* 2020; 29 (10): 2043-2050.
- Uluçam, E., Ciğali, B. S. Measurement of normal lumbar spine range of motion in the college-aged turkish population using a 3d ultrasound-based motion analysis system. *Balkan Medical Journal.* 2009; 26: 29-35.
- Vairo, G. L., Duffey, M. L., Owens, B. D., & Cameron, K. L. Clinical descriptive measures of shoulder range of motion for a healthy, young and physically active cohort. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol.* 2012; 4 (1): 33.
- van Andel, C. J., Wolterbeek, N., Doorenbosch, C. A., Veeger, D. H., & Harlaar, J. Complete 3d kinematics of upper extremity functional tasks. *Gait Posture.* 2008; 27 (1): 120-127.
- Vastola, R., Medved, V., Daniele A., Coppola, S., Sibilio, M. Use of optoelectronic systems for the analysis of technique in trials. *Journal of Sports Science.* 2016; 4: 293-299.
- Veeger, H. E., van der Helm, F. C., Chadwick, E. K., & Magermans, D. Toward standardized procedures for recording and describing 3-d shoulder movements. *Behav Res Methods Instrum Comput.* 2003; 35 (3): 440-446.
- Venouziou, A. I., Kokkalis, Z. T., & Sotereanos, D. G. Human dermal allograft interposition for the reconstruction of massive irreparable rotator manşet tears. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2013; 42 (2): 63-70.
- Vrotsou, K., Avila, M., Machon, M., Mateo-Abad, M., Pardo, Y., Garin, O., . . . Cuellar, R. Constant-murley score: Systematic review and standardized evaluation in different shoulder pathologies. *Qual Life Res.* 2018; 27 (9): 2217-2226.
- Wilson, J. D., Khan-Perez, J., Marley, D., Buttress, S., Walton, M., Li, B., & Roy, B. Can shoulder range of movement be measured accurately using the microsoft kinect sensor plus medical interactive recovery assistant (mira) software? *J Shoulder Elbow Surg.* 2017; 26 (12): e382-e389.
- Wu, G., Van der Helm, C.T.F., Isb recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion—part ii: Shoulder, elbow, wrist and hand. *Journal of Biomechanics.* 2004: 981–992.
- Yoshida, A., Fukushima, T., Sunagawa, T. Development of a clinical model for upper extremity motion analysis—comparison with manual measurement. *Journal of Physical Therapy Science.* 2012; 24: 1149-1152.
- Zulkarnain, R. F., Kim, G. Y., Adikrishna, A., Hong, H. P., Kim, Y. J., & Jeon, I. H. Digital data acquisition of shoulder range of motion and arm motion smoothness using kinect v2. *J Shoulder Elbow Surg.* 2017; 26 (5): 895-901.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Sezen	Uyruğu	T.C
Soyadı	KARAŞIN	Tel no	
Doğum tarihi		e-posta	

Eğitim Bilgileri

Mezun olduğu kurum		Mezuniyet yılı
Lise	Aldemir Atilla Konuk Anadolu Lisesi	2011
Lisans	İzmir Şifa Üniversitesi	2016
Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi	2021
Doktora		

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (yıl-yıl)
Fizyoterapist	Fizyosport Center	2016 Eylül-

Yabancı Dilleri	Sınav türü	Puanı
İngilizce	YÖKDİL	48.75

Proje Deneyimi

Proje Adı	Destekleyen kurum	Süre (Yıl-Yıl)
Omuz hareketlerinin analizinde derinlik sensor tabanlı ölçüm metodunun geçerliliğinin değerlendirilmesi	Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP)	2018-2020

Burslar-Ödüller:

Yayınlar ve Bildiriler:

1. Yıldırım, Y. Özsoy, U. Karasin, S. Gülümseme esnasında ağız bölgesinin üç boyutlu morfolojik analizi Poster 20 Ulusal Anatomi Kongresi, Medipol Üniversitesi, İstanbul
2. Özsoy, U. Karasin, S.Yıldırım, Y.Sekerci, R. Gülümseme sırasındaki yüz hareketinin ağız ve yanak bölgelerinde değerlendirilmesi Poster 20 Ulusal Anatomi Kongresi, Medipol Üniversitesi, İstanbul
3. Özsoy, U. Yıldırım, Y. Tombak, K. Karasin, S. Nur, A. Yüksel, İ. Assessment of the reliability of hand-held surface scanner in the evaluation of adolescent idiopathic scoliosis European Spine Journal (2021) <https://doi.org/10.1007/s00586-021-06769-5>