

**T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI DÜZLEMLERDE YAPILAN DİRENÇLİ OMUZ  
EGZERSİZİNİN SKAPULAR KİNEMATİĞE ETKİSİ**

**Fzt. Elif ÇAMCI**

**Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANKARA**

**2011**



**T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI DÜZLEMLERDE YAPILAN DİRENÇLİ OMUZ  
EGZERSİZİNİN SKAPULAR KİNEMATİĞE ETKİSİ**

**Fzt. Elif ÇAMCI**

**Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI  
Prof. Dr. A. Ayşe KARADUMAN**

**TEZ YARDIMCI DANIŞMANI  
Prof. Dr. Gül BALTACI**

**ANKARA**

**2011**

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma jürimiz tarafından Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı'nda  
Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:

Prof. Dr. Yavuz Yakut  
(Hacettepe Üniversitesi)



Danışman:

Prof. Dr. Ayşe Karaduman  
(Hacettepe Üniversitesi)



Üye:

Doç.Dr.Mutlu Hayran  
(Hacettepe Üniversitesi)



Üye:

Doç.Dr.Nevin Atalay Güzel  
(Gazi Üniversitesi)



Üye:

Yrd.Doç.Dr.İrem Düzgün  
(Gazi Üniversitesi)



ONAY:

Bu tez, Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav  
Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından  
uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Hakan S. Orer  
Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca sunduğu bilimsel, verimli ve destekleyici ortam için başta Sayın Prof. Dr. Ayşe Karaduman'a,

Mesleki eğitimimin ve yüksek lisans tezimin tüm aşamalarında yardım ve desteğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Gül Baltacı'ya,

Tezimin fikir aşamasından sonuçlanmasına kadar ki süreçte değerli vaktini ve bilimsel desteğini sunan, tez çalışmamda gösterdiği ilgi ve sabrından dolayı hakkını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim Sayın Yrd. Doç. Dr. İrem Düzgün'e,

Çalışmalarında bana yol gösteren ve cesaretlendiren Sayın Doç. Dr. Nevin Atalay Güzel'e ve Sayın Dr. İlke Keser'e,

Tezimin analizlerini gerçekleştirmekte bana yardımcı olan Sayın Doç. Dr. Mutlu Hayran'a,

Desteklerinden dolayı TÜBİTAK-BİDEB'e,

Eğitimim süresince birlikte olduğum ve desteklerini esirgemeyen tüm Hacettepe Üniversitesi ve Gazi Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölüm hocaları ve asistan arkadaşlarıma,

Desteğini her zaman hissettiğim ve herşeyden çok sevdiğim aileme teşekkür ederim.

## ÖZET

**Çamcı, E. Farklı düzlemlerde yapılan dirençli omuz egzersizinin skapular kinematiğe etkisi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2011.** Bu çalışma, üç farklı hareket düzleminde elastik bant ile yapılan egzersiz esnasında meydana gelen skapular hareketleri analiz etmek amacıyla planlandı. Çalışmaya omuzda yaralanma ya da ağrı hikayesi olmayan, tam eklem hareket açıklığına sahip 32 sağlıklı birey ( $X \pm SD$ ;  $23.1 \pm 1.17$  yıl) dahil edildi. 3 boyutlu skapular kinematik elektromagnetik sistem kullanılarak değerlendirildi. Tüm olgular kinematik kayıt sırasında abduksiyon, fleksiyon ve *scaption* egzersizi dirençsiz ve dirençli olarak gerçekleştirildi. Dirençli egzersizde kişiye özel belirlenmiş şiddetteki elastik bant kullanıldı. Humerotorasik elevasyonun kaldırma ve indirme fazında  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  ve  $120^\circ$ 'de meydana gelen skapular yukarı-aşağı doğru rotasyon, internal-eksternal rotasyon ve anterior-posterior tilt açıları analiz edildi. İstatistiksel olarak dirençli ve dirençsiz grubun kinematik analiz karşılaştırmasında Student-t test ve düzlemler arası farklılığı gösterilmesinde Kruskal-Wallis test kullanıldı. Elevasyonun farklı seviyelerinde dirençli grupta skapular internal rotasyon, skapular aşağı doğru rotasyon ve skapular anterior tiltte, fleksiyonun kaldırma fazının üst seviyelerinde skapular yukarı doğru rotasyonda artış belirlendi ( $p < 0.05$ ). Abduksiyonun kaldırma fazında dirençli ve dirençsiz veri grupları arasında skapular hareketlerin tümünde istatistiksel olarak fark yoktu ( $p > 0.05$ ). Harekete direnç eklenmesiyle meydana gelen değişim miktarı egzersizin yapıldığı düzlemler arasında karşılaştırıldığında skapular tiltteki değişimin sagittal düzlemde yapılan fleksiyon egzersizinde en fazla olduğu bulundu ( $p < 0.05$ ). Bu çalışmanın sonucunda, farklı düzlemlerde elastik bant ile yapılan elevasyon egzersizi sırasında gözlenen skapular kinematik, dirençsiz yapılan elevasyonda gözlenen skapular kinematik ile farklılık gösterdi. Bu değişikliğin kişiye özel şiddetteki dirence karşı yeniden organize olan nöromüsküler sistemin normal kinematik cevabı olabileceği düşünülmektedir. Etkili egzersiz tedavisi uygulanmasında elevasyon egzersizi için skapular ya da frontal düzlem tercih edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Omuz; Skapula; Kinematik; Biyomekanik; Egzersiz.

## ABSTRACT

**Çamcı, E. The effect of resisted shoulder exercise on scapular kinematics in different planes. Hacettepe University Institute of Health Sciences, Master of Science Thesis in Physical Therapy and Rehabilitation, Ankara, 2011.** This study was conducted with the aim of analyzing the scapular motions during exercise with elastic tape in three planes of motion. Thirty-two healthy subjects ( $X \pm SD$ ;  $23.1 \pm 1.17$  years) with no history of shoulder injury or pain and having full range of motion were included. Three-dimensional scapular kinematics was evaluated by using electromagnetic tracking system. All subjects performed both resisted and unresisted abduction, flexion and scaption exercise during kinematic recording. Personal level of elastic tape was used for resisted exercise. Scapular internal-external rotation, scapular upward-downward rotation and scapular anterior-posterior tilt angles were analyzed at  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  and  $120^\circ$  of humerothoracic elevation and lowering. Student-t test were used to compare resisted and unresisted kinematics and Kruskal-Wallis test used to show difference in movement planes. There was increasing in scapular internal rotation, scapular downward rotation and scapular anterior tilt in resisted data set at various stages of elevation, however there was increasing in scapular upward rotation at high stages of elevation during resisted flexion ( $p < 0.05$ ). All scapular motions were similar on abduction between resisted and unresisted data set ( $p > 0.05$ ). Comparing the planes of motion in terms of alternation with adding resistance to the exercise, greater alternation of scapular tilt was found on sagittal plane ( $p < 0.05$ ). As a result of this study, scapular kinematics altered during resisted elevation exercise with elastic tape on all planes. It may be considered that these alternations are the normal response of the reorganized neuromuscular system against the personal level of resistance. As to apply effective exercise treatment, scapular or frontal planes would be preferred for shoulder elevation exercise.

**Key Words:** Shoulder; Scapula; Kinematics; Biomechanics; Exercise.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                      | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------|-------|
| ONAY SAYFASI                                                         | iii   |
| TEŞEKKÜR                                                             | iv    |
| ÖZET                                                                 | v     |
| ABSTRACT                                                             | vi    |
| İÇİNDEKİLER                                                          | vii   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ                                       | ix    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ                                                      | x     |
| TABLolar DİZİNİ                                                      | xi    |
| 1. GİRİŞ                                                             | 1     |
| 2. GENEL BİLGİLER                                                    | 3     |
| 2.1. Omuz Kompleksi Fonksiyonel Anatomisi                            | 3     |
| 2.1.1. Omuz Kompleksi Kemikleri                                      | 3     |
| 2.1.2. Omuz Kompleksi Eklemleri                                      | 3     |
| 2.1.3. Omuz Kompleksi Kasları                                        | 5     |
| 2.2. Omuz Eklemi Biyomekaniği                                        | 7     |
| 2.2.1. Skapular Kinezis                                              | 8     |
| 2.2.2. Skapular Diskinezis                                           | 10    |
| 2.3. Kinematik Değerlendirme Yöntemleri ve 3 Boyutlu Hareket Analizi | 13    |
| 2.4. Omuz Rehabilitasyonu ve Elastik Bantlar                         | 16    |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEM                                                   | 19    |
| 3.1. Bireyler                                                        | 19    |
| 3.2. Yöntem                                                          | 20    |
| 3.3. Veri Toplama Yöntemleri                                         | 21    |
| 3.3.1. Demografik Bilgiler ve Fiziksel Özellikler                    | 21    |
| 3.3.2. Omuz Eklemine Özel Fiziksel Değerlendirme Yöntemleri          | 21    |
| 3.3.3. Kişiyeye Özel Elastik Direnç Dozajının Belirlenmesi           | 28    |
| 3.3.4. Üç Boyutlu Skapular Hareketlerin Değerlendirilmesi            | 28    |

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4. İstatistiksel Değerlendirme                                  | 34 |
| 4.BULGULAR                                                        | 35 |
| 4.1. Tanımlayıcı Veriler                                          | 35 |
| 4.2. Kinematik Değerlendirme ile Elde Edilen Veriler              | 38 |
| 4.2.1. Elevasyonun Kaldırma Fazında Elde Edilen Kinematik Veriler | 41 |
| 4.2.2. Elevasyonun İndirme Fazında Elde Edilen Kinematik Veriler  | 45 |
| 4.2.3. Hareket Düzlemleri Arasındaki Değişim Miktarı Farkı        | 49 |
| 5. TARTIŞMA                                                       | 50 |
| 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER                                           | 58 |
| 7. KAYNAKLAR                                                      | 59 |
| EKLER                                                             |    |
| EK 1: Değerlendirme Formu                                         |    |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

|      |                                                              |
|------|--------------------------------------------------------------|
| UBC  | Uluslar arası Biyomekanik Cemiyeti                           |
| C7   | 7. servikal vertebral prosesus spinosus                      |
| T8   | 8. torakal vertebral prosesus spinosus                       |
| IJ   | İnsisura jugularis                                           |
| PX   | Prosesus xiphoideus                                          |
| TS   | Trigonum spina skapula                                       |
| AI   | Angulus inferior                                             |
| AA   | Angulus akromialis                                           |
| PC   | Prosesus korakoideus                                         |
| GH   | Glenohumeral rotasyon merkezi (regresyon ile tahmin edilir.) |
| EL   | Lateral epikondil                                            |
| EM   | Medial epikondil                                             |
| Hz   | Hertz                                                        |
| X    | Ortalama                                                     |
| SD   | Standart sapma                                               |
| M    | Ortanca                                                      |
| IQR  | Çeyrekler arası aralık                                       |
| p    | İstatistiksel anlamlılık değeri                              |
| D    | Dominant taraf                                               |
| ND   | Nondominant taraf                                            |
| EMG  | Elektromiyografi                                             |
| Diğ. | Diğerleri                                                    |
| kg   | Kilogram                                                     |
| m    | Metre                                                        |
| cm   | Santimetre                                                   |
| n    | Birey sayısı                                                 |
| °    | Derece                                                       |

## ŞEKİLLER

|                                                                                                                                                         | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 2.1. Skapular hareketler; skapular internal-eksternal rotasyon (solda), skapular yukarı-aşağı doğru rotasyon (ortada), skapular anterior-posterior tilt | 9     |
| 3.1. Bireyler diagramı                                                                                                                                  | 20    |
| 3.2. Hawkins-Kennedy subakromiyal sıkışma testi                                                                                                         | 22    |
| 3.3. Neer subakromiyal sıkışma testi                                                                                                                    | 23    |
| 3.4. Endişe instabilite testi                                                                                                                           | 23    |
| 3.5. Oluk işareti instabilite testi                                                                                                                     | 24    |
| 3.6. Trapezius kasının orta parçası için kas kuvveti değerlendirilmesi                                                                                  | 25    |
| 3.7. Trapezius kasının alt parçası için kas kuvveti değerlendirilmesi                                                                                   | 25    |
| 3.8. Serratus anterior kası için kas kuvveti değerlendirilmesi                                                                                          | 26    |
| 3.9. Pektoralis minör kası kısalık değerlendirmesi                                                                                                      | 26    |
| 3.10. Posterior kapsül kısalık değerlendirmesi                                                                                                          | 27    |
| 3.11. Yuvarlak omuz postürü değerlendirmesi                                                                                                             | 27    |
| 3.12. Motion Monitor® İskelet Analiz Sistemi temel birimi ve alıcısı                                                                                    | 29    |
| 3.13. Sensörler ve sensörlerin yerleşimi                                                                                                                | 29    |
| 3.14. İşaretleme aleti ve dijitalasyon işlemi                                                                                                           | 30    |
| 3.15. Kinematik analizde dirençsiz yapılan kol elevasyonu ve dirençli yapılan kol elevasyonu                                                            | 31    |
| 3.16. Toraksın ve skapulanın lokal koordinat sistemi                                                                                                    | 33    |
| 3.17. Skapular rotasyonlar                                                                                                                              | 33    |
| 4.1. Bireylerin omuz eklemine özel fiziksel özellikleri                                                                                                 | 36    |
| 4.2. Frontal, sagittal ve skapular düzlemlerde dominant ve nondominant tarafta meydana gelen skapular internal-eksternal rotasyon                       | 38    |
| 4.3. Frontal, sagittal ve skapular düzlemlerde dominant ve nondominant tarafta meydana gelen skapular yukarı-aşağı doğru rotasyon                       | 39    |
| 4.4. Frontal, sagittal ve skapular düzlemlerde dominant ve nondominant tarafta meydana gelen skapular anterior-posterior tilt                           | 40    |

## TABLOLAR

|                                                                                            | Sayfa |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 2.1. Elastik bantların farklı renklerine göre uzama yüzdesi ile ilişkili direnç miktarları | 17    |
| 3.1. Kemik çıkıntılarının listesi                                                          | 30    |
| 3.2. Lokal koordinat sistemleri                                                            | 32    |
| 4.1. Bireylerin fiziksel özellikleri                                                       | 35    |
| 4.2. Bireylerin omuz eklemine özel fiziksel özellikleri                                    | 35    |
| 4.3. Gözlemsel skapular diskinezis değerlendirmesi sonuçları                               | 36    |
| 4.4. Kullanılan elastik bant renkleri                                                      | 37    |
| 4.5. Elastik bandın uzama miktarının yüzdesi                                               | 37    |
| 4.6. Elevasyonun kaldırma fazı kinematik analiz sonuçları (30°)                            | 41    |
| 4.7. Elevasyonun kaldırma fazı kinematik analiz sonuçları (60°)                            | 42    |
| 4.8. Elevasyonun kaldırma fazı kinematik analiz sonuçları (90°)                            | 43    |
| 4.9. Elevasyonun kaldırma fazı kinematik analiz sonuçları (120°)                           | 44    |
| 4.10. Elevasyonun indirme fazı kinematik analiz sonuçları (120°)                           | 45    |
| 4.11. Elevasyonun indirme fazı kinematik analiz sonuçları (90°)                            | 46    |
| 4.12. Elevasyonun indirme fazı kinematik analiz sonuçları (60°)                            | 47    |
| 4.13. Elevasyonun indirme fazı kinematik analiz sonuçları (30°)                            | 48    |
| 4.14. Hareket düzlemleri arasındaki değişim miktarı farkı                                  | 49    |

## 1.GİRİŞ

Omuz eklem kompleksi glenohumeral, skapulotorasik, akromioklavikular ve sternoklavikular eklem olmak üzere dört eklemden oluşur (1). Omuz kompleksi 180°'lik hareket açıklığını glenohumeral eklemin tipi ve skapulanın hareketliliği sayesinde sağlar (2). Skapula, gövde ile üst ekstremité arasında anatomik ve kinematik bağlantılar sağlar (3). Normal bir kol elevasyonunda, glenohumeral ve skapulotorasik eklemler arasındaki üç boyutlu hareket paterni skapulohumeral ritim olarak bilinir ve skapula yukarı doğru rotasyon, posterior tilt ve internal rotasyon yapar (3-5). Bu hareket paterni sayesinde skapular stabilite sağlanır ve glenohumeral eklem tüm eklem hareket genişliği içerisinde düzgünce hareket edebilir (4,6,7). Herhangi bir nedenle skapulanın pozisyonu değiştiğinde, skapular hareket paterninin etkilenmesi beklenir (8). Hareket mekanizmasındaki bozukluk sonucunda intrinsik eklem yüklenmeleri artar (9). Ayrıca terminal segmente aktarılan kuvvet azalır (9) ve subakromiyal boşluk daralır (10). Bunun sonucunda sekonder sıkışma sendromu oluşabilir (11,12). Bu sebeple klinik olarak, skapulohumeral ritim ve skapular kinezi, omuz hareketlerinin kalite göstergesi olarak kabul edilir (13). Skapulanın pozisyonu laboratuvar ortamında üç boyutlu hareket analiz sistemleri ile değerlendirilebilmektedir.

Yüksek yoğunluktaki dirençli eğitim, omuz rehabilitasyon protokollerinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır (14). Rehabilitasyonda kullanılan eğitim prensiplerine göre dirençli eğitimde yüklenme progresif olarak artırılmalıdır ve fizyolojik adaptasyonlar elde edebilmek için gerekli kassal aktivasyonu oluşturacak düzeyde olmalıdır (15). Öte yandan, dirençli omuz elevasyonunun skapular diskinezisin daha belirgin olarak açığa çıkmasına neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, klinikte kullanılan skapular kinezi değerlendirmelerinde elevasyonun elde tutulan bir ağırlık ile yapılması önerilmektedir (16,17). Öte yandan, skapular kontrol bozukluğu ile birlikte yapılan dirençli egzersizler anormal kinematiği pekiştirebilir, tedavinin etkisini azaltabilir (18). Ancak omuz kuşağı kaslarının kuvvetine göre önerilen dirençli omuz elevasyon egzersizinde meydana gelen skapular kinematik değişiklikleri henüz bilinmemektedir.

Literatüre bakıldığında kol elevasyonu esnasında, eksternal yüklenmenin skapular kinematik ve skapulohumeral ritim üzerine etkisini araştıran yeterli çalışmaya rastlanmamıştır. Farklı eksternal yüklenme seviyelerinin skapulohumeral ritim üzerine etkisi birkaç çalışmada değerlendirilmiş, fakat bu çalışmalarda hem serbest ağırlıklar kullanılmış, hem de kişiye özel yüklenme uygulanmamıştır (8,13,19-22).

Elastik bantlarla yapılan kuvvetlendirme egzersizleri serbest ağırlıklara alternatif olarak uygulanabilen bir yöntemdir (23). Elastik dirençlerin materyal özellikleri, etkili bir şekilde dirençli eğitime izin vermektedir (24).

Omuz rehabilitasyonunda sıklıkla elastik bant ile yapılan omuz egzersizlerine başvurulur. Literatürde elastik bant ile yapılan omuz elevasyon egzersizinin skapular kinematik üzerine etkisini araştıran herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bununla beraber farklı düzlemlerde omuz elevasyon egzersizlerinin skapular kinematiğe katkısı hakkında literatür bilgisi bulunmamaktadır. Bu doğrultuda, skapular kinezinin geliştirilmesi terapötik bir hedef iken, elevasyon egzersizi esnasında üç boyutlu skapula hareketlerinin hangi düzlemlerde etkileneceğinin araştırılması, etkili egzersiz tedavisi uygulanmasında hareket düzleminin seçilmesine olanak sağlayabilir.

Bu görüşten yola çıkarak planladığımız çalışmanın amacı üç farklı hareket düzleminde elastik bant ile yapılan egzersiz esnasında meydana gelen skapular hareketleri analiz etmek ve oluşan dinamik farklılıklara dikkat çekmektir. Bu çalışmanın hipotezleri şu şekildedir:

Farklı düzlemlerde elastik bant ile yapılan elevasyon sırasında gözlenen skapular kinematik, dirençsiz yapılan elevasyonda gözlenen skapular kinematik ile farklılık göstermez.

## 2.GENEL BİLGİLER

### 2.1. Omuz Kompleksi Fonksiyonel Anatomisi

Omuz; vücudun en geniş hareket açıklığına sahip ve anatomik olarak en karmaşık eklemdir. Omuz kompleksi humerus, skapula, klavikula ve sternum kemikleri, bu kemikler arası eklemler, kapsül, ligament, tendon ve kaslar tarafından oluşturulur (25).

#### 2.1.1. Omuz Kompleksi Kemikleri

**Klavikula:** İç tarafta sternum ve dış tarafta skapulanın akromion çıkıntısıyla komşudur. Aksiyel ve apendiküler iskeleti birbirine bağlar.

**Humerus:** Humerusun proksimal kısmı omuz kompleksine katılır. Proksimal humerus; humerus başı, anatomik boyun, büyük ve küçük tüberküllerden oluşur.

**Skapula:** İnferior, superior ve lateral açılara sahip olan üçgen şeklinde bir kemiktir. Posteriorde spina skapula, fossa supraspinatus ve fossa infraspinatusu birbirinden ayırır. Spina skapula lateralde angulus akromialis ve akromion ile genişleyerek devam eder. Medialde ise trigonum spina skapula ile sonlanır. Skapulanın lateralinde sığ bir çukur olan glenoid fossa bulunur. Anterior yüzde, glenoid fossanın yanında proses korakoideus bulunur. Proses korakoideus birçok ligamentin ve kasın yapışma yeridir. Kişisel farklılıklar göstermekle beraber, skapula anatomik pozisyonda 2. ve 7. kostalar arasında bulunur (26). Medial kenarı ise vertebral spinadan yaklaşık 6 cm kadar uzaktadır (27).

#### 2.1.2. Omuz Kompleksi Eklemleri

Omuz kompleksi senkronize olarak çalışan, 3'ü anatomik biri fizyolojik olmak üzere 4 eklemden oluşmaktadır (1,3):

1. Glenohumeral eklem
2. Sternoklavikular eklem
3. Akromioklavikular eklem
4. Skapulotorasik eklem

Omuz kompleksini oluşturan bu dört eklem ek olarak subakromiyal eklem bulunmaktadır. Subakromiyal eklem gerçek bir eklem olmayan ancak akromion ile

humerus arasındaki subakromiyal bursa aracılığıyla gerçek bir eklem gibi fonksiyon gören bir eklemdir (27).

**Glenohumeral Eklem:** Skapuladaki glenoid fossa ile humeral baş arasında oluşan, çok yönlü hareket edebilen, top-soket şeklindeki sinoviyal bir eklemdir. Üç eksenli olan bu eklem fleksiyon-ekstansiyon, abduksiyon-adduksiyon, internal-eksternal rotasyon ve sirkümdikasyon hareketlerine izin verir. Elevasyon üç düzlemde yapılabilir. Sagittal düzlemdeki elevasyon fleksiyon, frontal düzlemdeki elevasyon abduksiyon, skapular düzlemdeki elevasyon *scaption* olarak tanımlanır. *Scaption* diğer hareketlere göre daha nötral ve fonksiyonel bir harekettir (27).

Glenohumeral eklem stabilitesi ve bütünlüğü kemik yapılardan çok kaslara ve ligamentlere bağlıdır (28). Korakohumeral ligament, superior glenohumeral ligament, orta glenohumeral ligament, inferior glenohumeral ligament, eklem kapsülü ve labrum sayesinde omuz eklemine statik stabilizasyonu sağlanır. Anatomik pozisyonda, glenoid fossadaki eklem yüzü skapular düzlemde ve hafifçe yukarıya doğru bakmaktadır. Bu durum direk olarak skapulanın dinlenme pozisyonundan etkilenmektedir (27).

**Sternoklavikular Eklem:** Manibrium sterni ve klavikulanın proksimali arasında oluşan sternoklavikular eklem, omuz kompleksini ve üst ekstremitayı toraksa bağlar. Eklem yüzleri arasında disk mevcuttur (27).

**Akromioklavikular Eklem:** Akromionun medial yüzü ile klavikula arasında oluşan eklem ise akromioklavikular eklemdir (27). Klavikular ve skapular hareketliliği sağlamak amacıyla sternoklavikular ve akromioklavikular eklemlerde meydana gelen kayma hareketleri ile omuzdaki 180°'lik elevasyona izin verir (25).

**Skapulotorasik Eklem:** Kemik yüzleri arasında direk bir ilişki olmadığından anatomik bir eklem değildir. Toraks ile skapulanın anterior yüzü arasındaki kas yapılarının meydana getirdiği bir eklemdir (27). Sternoklavikular ve akromioklavikular eklemlerin birleşik hareketleri ile skapulanın rotasyon ve yer değiştirme hareketleri sağlanır (25). Skapulotorasik eklem hareketleri omuz kinezyolojisi açısından büyük bir öneme sahiptir. Örneğin omuzdaki geniş eklem hareket açıklığı skapulotorasik eklemdaki hareket ile gerçekleştirilebilir (20,27).

**Subakromiyal Eklem:** Anatomik olarak gerçek bir eklem olmamasına karşın gerçek bir eklem gibi fonksiyon görür. Subakromiyal boşluk akromioklavikular

eklem ile humerus başı arasında yer alır ve bu boşlukta subakromiyal bursa bulunur. Rotator kılıf kaslarının tendonları bursanın hemen altında uzanır. Akromioklavikular eklem, deltoid ve trapez kasları için yapışma yeridir.

### **2.1.3. Omuz Kompleksi Kasları**

**Skapulotorasik Eklemın Elevatör Kasları:** Trapez kasının üst parçası, levator skapula ve rhomboid kaslar skapula ve klavikulanın elevasyonundan sorumlu kaslardır (27,29).

Trapez kasının üst parçası skapula ve klavikulanın ideal postürde bulunmasına destek olur (27). Skapula ve klavikulanın ideal postürü glenoid fossanın hafifçe yukarıya doğru baktığı, skapulanın hafifçe eleve ve retrakte olduğu haldir (27).

**Skapulotorasik Eklemın Depresör Kasları:** Trapez kasının alt parçası, latissimus dorsi, pektoralis minör ve subklavius kasları skapula ve klavikulanın depresyonundan sorumlu kaslardır (27,30).

**Skapulotorasik Eklemın Protraktör Kasları:** Serratus anterior kası primer protraktör kastır (27).

**Skapulotorasik Eklemın Retraktör Kasları:** Trapez kasının orta parçası skapular retraksiyon için optimal kuvvet hattına sahiptir. Rhomboid kaslar ve trapez kasının alt parçası sekonder retraktörlerdir (27).

**Skapulotorasik Eklemın Yukarı Doğru Rotasyonunu Sağlayan Kaslar:** Serratus anterior ile trapez kasının tüm parçaları farklı derecelerde skapulanın yukarı doğru rotasyonuna katılır (27).

**Skapulotorasik Eklemın Aşağıya Doğru Rotasyonunu Sağlayan Kaslar:** Rhomboid majör ve minör, teres majör, latissimus dorsi ve pektoralis minör kasları skapulaya aşağıya doğru rotasyon yaptırır (27).

**Kol Elevasyonunu Sağlayan Kaslar:** Kolun elevasyonundan sorumlu kaslar üç grupta toplanabilir; birinci grupta glenohumeral eklemi hareket ettiren kaslar (deltoid, supraspinatus, korakobrakialis kasları ile biceps kasının uzun başı), ikinci grupta skapulotorasik eklemi stabilize eden kaslar (serratus anterior, trapez kasları), üçüncü grupta ise glenohumeral eklemi stabilize eden kaslar (supraspinatus, infraspinatus, subskapularis ve teres minör kasları) bulunur (27).

Primer olarak glenohumeral eklemi hareket ettiren kaslar deltoid kasının ön ve orta parçaları ile supraspinatus kasıdır. Fleksiyon hareketi esnasında ön deltoid, korakobrakialis ve biceps uzun başı kasılır. Abdüksiyon hareketinde ise aynı çekiş açısına sahip olan supraspinatus ve deltoid kasının orta parçası kasılır (27).

Skapular stabilizasyon ve mobilizasyon özellikle trapezin üst ve alt parçalarının serratus anterior ve rhomboid kaslarla olan işbirliğiyle sağlanır. Kolun elevasyonu ile birlikte meydana gelen skapular elevasyon serratus anterior ve alt trapez kasları ile üst trapez ve rhomboid kasların birlikte çalışmasını gerektirir (31). Pectoralis minör gibi diğer kaslar da stabilizasyonda rol alır (32).

Omuz elevasyonu boyunca alt trapez skapulanın medial kenarı boyunca yaptığı insersiyon nedeniyle skapulanın rotasyon merkezini sabitler. Omuz elevasyonu arttıkça, spina skapulaya yaptığı insersiyon nedeniyle skapulaya yukarı doğru rotasyon yaptırır, hareketi devam ettirebilmek için mekanik avantaj sağlar. Bununla beraber, elevasyonun indirme fazında skapular stabilizatör olarak rol alır; yukarı doğru rotasyon azalırken skapulanın toraks üzerinde kalmasını sağlar (32).

Serratus anterior bir diğer skapular stabilizatördür. Şınav esnasında yüksek oranda elektromiyografik aktivite gösterdiğinden dolayı skapular protraktör olarak kabul edilmiştir (33). Bu kas çok yönlü liflere sahip olduğu için skapulada tüm 3 boyutlu hareketlere katkıda bulunur (32). Serratus anterior, skapulanın medial kenarı ve inferior açısını stabilize ederek skapular yukarı doğru rotasyon, posterior tilt ve eksternal rotasyon hareketlerine yardım eder, sonuç olarak skapular kanatlaşmayı önler (34).

Subskapularis, supraspinatus, infraspinatus ve teres minör kasları rotator kılıfı oluşturur. Proksimal humerusa yapışmadan önce glenohumeral eklemin kapsülüne karışırlar (27). Rotator kılıf kaslarının tümü kol elevasyonu esnasında kassal aktivite gösterir (35). Supraspinatus omuzun abdüksiyonunda görev alır. Infraspinatus ve teres minör omuzun eksternal rotasyonunu sağlar. Aynı zamanda infraspinatus abdüksiyona, teres minör ise addüksiyona katkıda bulunur. Subskapularis kuvvetli addüktör ve internal rotatordur (36). Rotator kılıf kasları stabilite açısından glenohumeral eklemi desteklerler.

**Omuza Addüksiyon ve Ekstansiyon Yaptıran Kaslar:** Latissimus dorsi, pektoralis majörün sternal parçası, teres majör, triseps kasının uzun başı, deltoid

kasının posterior parçası, infraspinatus ve teres minör omuza addüksiyon ve ekstansiyon yaptıran kaslardır. Bu kaslar proksimalde stabil olmayan bir yapıya, skapulaya tutunur. Aktif addüksiyon ve ekstansiyon esnasında primer olarak rhomboid kasları skapulayı stabilize eder. Bu sebeple, omuz addüksiyonu ve ekstansiyonu esnasında skapular aşağıya doğru rotasyon meydana gelir (27).

**Omuza İnternal ve Eksternal Rotasyon Yaptıran Kaslar:** İnternal rotatör kaslar subskapularis, ön deltoid, pektoralis majör, latissimus dorsi ve teres majördür. Eksternal rotatör kaslar ise infraspinatus, teres minör ve deltoid kasının posterior parçasıdır (27).

Omuz kompleksi bir dizi bağlantılar şeklinde olduğundan humerusun elevasyonu esnasında tüm eklemler kapalı bir kinetik zincir oluşturarak harekete katılırlar ve normal eklem hareketini maksimum açıklıkta tutar. Zayıf, ağırlı olan veya stabil olmayan herhangi bir bağlantı tüm kompleksin etkinliğini azaltır (27).

## 2.2 Omuz Eklemi Biyomekaniği

Sağlıklı bir omuzda elevasyon iki faza ayrılabilir (3,27):

- Erken faz (90°'ye kadar olan elevasyon)
- Geç faz (90°'den başlayarak 180°'ye kadar olan elevasyon)

Erken fazda, 90°'lik eklem hareket açıklığının 60°'si glenohumeral eklemden meydana gelen elevasyondan, 30°'si ise skapular yukarı doğru rotasyondan oluşur. 30°'lik skapular yukarı doğru rotasyon sternoklavikular eklemden 20-25°'lik klavikular elevasyon ve akromioklavikular eklemden 5-10°'lik yukarı doğru rotasyon ile oluşur. Trapez kasının üst parçası ve serratus anterior kasının alt parçası skapulanın yukarı doğru rotasyonunu sağlar. Elevasyonun başlangıç safhasından itibaren deltoid kası aktivite gösterir. Bu aktivasyon humeral başa yukarıya doğru çekme kuvveti uygular ve bu etki 60° elevasyonda maksimumdur (37). Supraspinatus kontraksiyonu ile elevasyonun ilk 30°'sinde glenohumeral eklem üzerinde kompresif bir kuvvet oluşturulur (38). Subskapularis, infraspinatus ve teres minör kasları bu fazda stabilizatör olarak görev alırlar.

Geç fazda 60°'lik glenohumeral elevasyon ve 30°'lik skapulotorasik yukarı doğru rotasyon meydana gelir. Skapula yukarı doğru rotasyona giderken, korakoklavikular ligament gerilir, böylece klavikulada 40° kadar posteriora doğru

rotasyon görülür. Sternoklavikular eklemden 5°'lik klavikular elevasyon, akromioklavikular eklemden 20-25°'lik yukarı doğru rotasyon meydana gelir. Bu fazda, deltoid kası en fazla kassal aktiviteye 110°'lik abduksiyonda ulaşır ve bu noktadan itibaren bir plato yapar, 90°'nin üzerinde ise deltoidin çekme kuvveti minimaldir (37). Üst ve alt trapez ve serratus anteriorun alt parçası skapular yukarı doğru rotasyonu sağlar (39,40). Dinamik stabilizasyon bu fazda çok önemlidir. Subskapularis kasının alt lifleri en fazla 90°'lik elevasyonda aktiftir ve 130°'den sonra kassal aktivasyonu azalır (37).

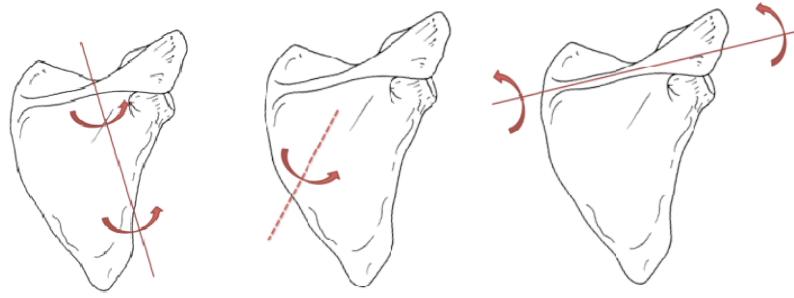
180°'lik elevasyonda toplamda 120° glenohumeral abduksiyon ve 60° skapular yukarı doğru rotasyon görülür. Görüldüğü gibi glenohumeral ve skapulotorasik eklemler “skapulohumeral ritim” olarak bilinen hareket açıklığı oranını koruyarak birlikte çalışırlar. Klasik 2:1 oranı Inman ve diğ. tarafından yayınlanmıştır (3). Bu oran her 2°'lik glenohumeral harekete 1°'lik skapulotorasik hareketin eklenmesi anlamına gelir. Popülasyonda bu değerler çeşitlilik gösterebilir; 3:2 (40,41), 1.7:1 (41,42) ve 5:4 (42) oranlar raporlanmıştır.

Literatürde daha çok elevasyonun kaldırma fazı biyomekaniği tartışılmasına rağmen az sayıda çalışma da omuz elevasyonunun indirme fazını araştırmıştır (41,43,44). Elevasyonun indirme fazında genel olarak kaldırma fazı ile benzer hareket paterni gösterirken, hareket açıklığında 5°'den küçük istatistiksel farklılıklar bulunmaktadır (41,45). Ayrıca, omuz ağrısı olan kişilerde elevasyonun indirme fazının daha ağırlı ve skapular diskinezisin daha belirgin gözlemlendiği faz olduğu belirtilmiştir (46).

### **2.2.1.Skapular Kinezis**

Skapula ve humerusun koordineli hareketi etkili omuz fonksiyonu için bir anahtar niteliğindedir (32). Skapular hareketler 3 hareket bileşeninin kompozisyonu şeklindedir; yukarı-aşağı doğru rotasyon (lateral-medial rotasyon), internal-eksternal rotasyon, anterior-posterior tilt (şekil 2.1) (41). Omuz kompleksi içerisinde klavikula, gövde ile skapulayı bağlayan bir köprü gibi davranır. Klavikula sayesinde, skapula toraks üzerinde 2 farklı yer değiştirme hareketini gerçekleştirir; yukarı-aşağı doğru yer değiştirme (elevasyon-depresyon) ve protraksiyon-retraksiyon (41). Humeral elevasyon esnasında sternoklavikular eklem primer olarak posteriora doğru

aksiyal rotasyona, sekonder olarak retraksiyona ve minimal olarak da elevasyona gider (47,48). Eş zamanlı olarak akromioklavikular eklem ise primer olarak posterior tilte, sekonder olarak skapular yukarı doğru rotasyona ve internal rotasyona gider (48,49).



Şekil 2.1. Skapular hareketler; skapular internal-eksternal rotasyon (solda), skapular yukarı-aşağı doğru rotasyon (ortada), skapular anterior-posterior tilt (sağda).

Sternoklavikular ve akromioklavikular eklemlerdeki hareketler sayesinde skapular rotasyon oluşur (31). Sternoklavikular eklemde meydana gelen retraksiyon ile akromioklavikular eklemde meydana gelen internal rotasyon skapulotorasik eklemde yukarı doğru rotasyon oluşturur (48,50). Skapulotorasik posterior tilt daha çok akromioklavikular eklemde sorumluluğundadır fakat sternoklavikular eklemde oluşan posteriora doğru rotasyon da katkıda bulunur (48,50). Sternoklavikular eklemdeki retraksiyon ve akromioklavikular eklemdeki internal rotasyon ise skapular-eksternal rotasyona izin veren hareketlerdir (48).

Humeral elevasyon esnasında meydana gelen normal skapular hareketler primer olarak yukarı doğru rotasyon (ortalama  $50^\circ$ ), sekonder olarak posterior tilt (ortalama  $30^\circ$ ), minimal olarak da internal/eksternal rotasyon (ortalama  $24^\circ$ ) hareketleridir (34,41,51). Skapular internal-eksternal rotasyon bireyler, araştırmalar, elevasyon düzlemleri, elevasyonun açısına göre çeşitlilik göstermektedir (18). Elevasyon düzlemleri arasında da minimal düzeyde skapular kinematik farklılıkları bulunmaktadır. Bu farklılıklar özellikle klavikular retraksiyon ve skapular internal rotasyonda gözlenen farklılıklardır (51).

Skapula, gövde ile üst ekstremité arasında anatomik ve kinematik bağlantılar sağlar (3). Skapulotorasik hareketler üst ekstremitenin normal fonksiyonu için oldukça önemlidir (43). Skapulanın normal bir omuzda birçok fonksiyonu vardır. Statik pozisyon ve dinamik kontrol bu fonksiyonel rollerin yerine getirilmesine olanak verir (32).

1. Skapular yukarı doğru rotasyon, eksternal rotasyon ve posterior tilti akromionu fleksiyon veya abdüksiyon halindeki humerustan net bir şekilde uzak tutar, subakromiyal boşluğun genişliğini korur (10).

2. Skapula senkronize bir şekilde internal-eksternal rotasyon ve posterior tilt yaparak hareket eden kolla uygun bir şekilde glenoid fossayı pozisyonlar, konkavite kompresyonunu ve top-soket uyumunu korur, böylelikle glenohumeral ekleme mekanik stabilizasyon sağlar.

3. Skapulaya yapışan tüm kasların optimal uzunluk-gerilim ilişkisi sürdürür (52,53) ve kaslar maksimum aktivasyon gösterebilir (4,54,55).

4. Skapula, rotator kılıf kasları için stabil bir merkez gibi davranır (32).

5. Skapula, yerden başlayıp elde sonlanan iç içe geçmiş segmentlerin oluşturduğu kinetik zincirin bir bağlantısıdır.

6. Skapulanın dinamik kontrolü ve stabilizasyonu gövdeden gelen gücün üst ekstremitéye aktarılmasını etkiler (10,46,56).

Skapular stabilizasyon, klavikula tarafından sağlanan minimal fakat önemli kemiksel stabilizasyonla ve dinamik kas fonksiyonuyla sağlanır (32).

Bahsedilen bu roller normal omuz fonksiyonu için birer anahtar olduğundan, bu rollerdeki bozukluk omuz problemlerinde önemli bir neden olabilir (32).

### 2.2.2. Skapular Diskinezis

Anormal skapular hareket ve/veya pozisyon genel olarak “skapular kanatlaşma”, “skapular diskinesia” veya “skapular diskinezis” olarak adlandırılır. En yaygın bilinen anormal skapular pozisyonlardan biri skapular kanatlaşmadır. Skapular kanatlaşma torasikus longus sinir felçlerinde ya da skapular kas zayıflıklarında gözlenen medial kenar belirginliğidir. Kanatlaşma terimi görsel olarak bir anomaliyi ifade eder fakat anormalliğin kaynağının statik mi dinamik mi olduğunu göstermez. Skapular diskinesia istemli hareketlerdeki kaybı tanımlar.

Skapulanın istemli yapılabilen hareketleri sadece skapular yer değiştirme hareketleridir (protraksiyon-retraksiyon, elevasyon-depresyon). Skapular rotasyonlar ise yardımcı hareketlerdir. Bu sebeple diskinesia terimi anormal skapular hareketleri tanımlamak için uygun değildir (32).

Skapular diskinezis (“dis”- bozukluk, “kinezis”- hareket) skapulanın hareketlerinin fonksiyonel olmadığını tanımlayan bir terimdir. Birçok uzman tarafından farklı şekillerde yorumlanmıştır; [1] anormal skapular statik pozisyon ve/veya medial kenar belirginliği ile karakterize skapular hareket, [2] alt aç belirginliği ve/veya erken skapular elevasyon, [3] ani aşağı doğru rotasyon gibi (32). Ancak statik pozisyon ve dinamik hareket farklı iki konu başlığı olduğu için, asimetric dinlenme pozisyonunu tanımlarken skapular diskinezis yerine bozulmuş skapular dinlenme pozisyonu varlığı belirtilmelidir (32).

Kibler ve diğ. (46), görsel olarak skapular diskinezisi 4 grupta sınıflandırmıştır:

- İnférieur skapular aç belirginliği
- Medial skapular kenar belirginliği
- Superior kenar belirginliği
- Diskinezis belirtisi yok

Burkhart ve diğ. (57), baş üstü sporlarla uğraşan sporcularda skapular asimetriyi tanımlamak amacıyla “SICK” skapula terimini kullanmıştır. Burada S- skapular malpozisyon, I- inferior medial kenar belirginliği, C- proses korakoideus malpozisyonu ve ağrısı, K- dis-kinezis durumu için birer kısaltmadır.

Herhangi bir nedenle skapulanın pozisyonu değiştiğinde, skapular hareket paterninin etkilenmesi beklenir (8) ve bu durum skapulanın rollerinin bozulmasına neden olur (7). Hareket mekanizmasındaki bozukluk sonucunda intrinsik eklem yüklenmeleri artar (9), terminal segmente aktarılan kuvvet azalır (9) ve subakromiyal boşluk daralır (10). Bunun sonucunda sekonder sıkışma sendromu oluşabilir (11).

Literatürde birçok omuz yaralanmasında skapular hareket ve pozisyon ile ilgili bozukluklar gösterilmiştir; akromioklavikular ayrılma (32), sıkışma (11,12,58), çok yönlü instabilite (59). Ancak skapular diskinezis kesin bir glenohumeral patolojiye veya ağrıya özel olmayan bir durumdur. Glenohumeral instabilitede insidansı % 64, sıkışma sendromunda % 100’dür (60).

Skapular diskinezinin kas zayıflığı, sinir yaralanması, aşırı torasik kifoz gibi proksimal, akromioklavikular eklem yaralanması, superior labral yırtık, omuz kuşağı yaralanmaları gibi distal birçok nedeni vardır (7). Kemik yapının, kassal aktivasyon paternlerinin veya kuvvetinin bozulması ile diskinezis oluşabilir (32). Omuz internal - eksternal rotasyon hareket açıklığı imbalansı omuz kinematiklerini etkilemektedir. Özellikle aşırı eksternal rotasyon humerusun anterior ve inferiora yer değiştirmesini arttırarak anterior instabiliteye neden olur (61). Anterior kapsül kısalığı ise skapulohumeral ritmi bozar, posterior kapsül kısalığı skapular tilti azaltır, laterale doğru yer değiştirmeyi arttırır (62). Posterior kapsül kısalığı omuz internal rotasyonunda azalma ve humeral başta daha çok superior ve anterior yer değiştirmeye neden olur (62-64). Postüral bozukluklar da skapular diskinezise neden olabilmektedir. Yuvarlak sırt postürü ve pektoralis minör kısalığı olan kişilerde skapular hareketlilik azalmaktadır (4,65).

Literatürde subakromiyal sıkışma sendromlu hastalarda görülen bozulmuş skapular kinezis paternleri çelişkilidir. Bazı araştırmacılar (11,45,66,67) skapular posterior tilt açısının azalmış olduğunu savunurken bazı araştırmacılar (12,68) ise arttığını savunmuşlardır. Benzer şekilde skapular eksternal rotasyon açısının (69) ya da skapular internal rotasyon açısının azaldığını (59) gösteren çalışmalar mevcuttur. Bir çalışma dışında (12) araştırmacılar (45,59,69) sıkışma sendromlu hastaların azalmış yukarı doğru rotasyon açısına sahip olduklarını kabul etmiş görünmektedir. Subakromiyal boşluk skapulanın protraksiyon postürü ile daraldığı bilinmektedir (10). Elevasyon esnasında 90°'de subakromiyal boşluk minimal açıklıktadır. Fakat bu rotator kılıf tendonlarının akromiona ne kadar yaklaştığını açıklamak için yeterli değildir (51). Rotator kılıf tendonları 40-60°'lik elevasyonda akromionun alt yüzüne en yakın konumdadır (51). 120° ve üzerindeki elevasyonda ise rotator kılıf tendonları glenoide daha yakın pozisyonudadır ve bu durum internal sıkışma sendromu için bir risk doğurur (51).

Rotator kılıf tendinopatisi bulunan kişilerde skapular posterior tilt yaklaşık 10° kadar azalmıştır ve skapulanın yukarıya doğru yer değiştirmesi yaklaşık 2 cm kadar artmıştır (67).

Fırlatma sporu ile uğraşan sporcularda dominant taraf skapulada daha fazla skapular protraksiyon görölmektedir ve skapular kinematik değışiklikleri profesyonel lig süresince değışiklik göstermektedir (70,71).

Omuz kaslarının yorgunluğu da skapular kinematik değışikliklerine neden olmaktadır. Gözlenen değışiklikler yüklenmeye özeldir ve yorucu aktiviteden sonra da devam etmektedir (72-74).

### **2.3. Kinematik Değerlendirme Yöntemleri ve 3 Boyutlu Hareket Analizi**

Omuz kompleksini ilgilendiren birçok bozuklukta skapular malpozisyon görüldüğü için kinematik değışiklikleri anlayabilmek, açıklayabilmek ve problem ile ilişkilendirmek amacıyla yapılan kinematik değerlendirmeler oldukça önem kazanmaktadır.

Hareket analizleri biyomekanik bir model oluşturmak, ortez-protez destekleri ve sporcu sağlığını araştırmak ve geliştirmek gibi amaçlarla yapılmaktadır (75). Omuz ekleminde yapılan hareket analizi, normal eklem hareketleri esnasında gözlenen kinematik özellikler, hareket açıklığı ve sinerjistik hareketler hakkında bilgi vermektedir. Omuz kompleksinin hareketlerini ölçmek ve tanımlamak oldukça zordur (75). Alt ekstremité için yürüyüş standart bir aktivite sayılabilirken, üst ekstremité için buna benzer standart bir aktivite bulunmamaktadır (75). Bu sebeple seçilmiş fonksiyonel aktiviteler üzerinden hareket analizi yapılır. Omuz kompleksi kinematiğini araştıran çalışmalarda yemek yeme, tenis servisi, top fırlatma, tekerlekli sandalye sürme, sınav çekme ya da omuz eklemi normal eklem hareketleri (fleksiyon, ekstansiyon, abduksiyon, iç ve dış rotasyon) ve diagonal paternler gibi aktiviteler hareket analizlerinde görev olarak seçilmiştir (75). Hareket analizinde genellikle anatomik pozisyon referans olarak kabul edilir ve kemiklerin durumları bu pozisyona göre belirlenerek hareketler tanımlanır. Omuz kompleksi içerisinde humerus için anatomik bir pozisyon tanımlanabilirken toraks, klavikula ve skapula için henüz anatomik bir pozisyon tanımlanmamıştır (76). Diğer bir deyişle, humerus anatomik pozisyonda iken skapula ve klavikulanın oryantasyonu kişiler arası farklılık göstermektedir (77).

Günümüzde üst ekstremité segmentlerinin pozisyon ve oryantasyonlarını belirlemek için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler elektromagnetik

sensörler, pasif ya da aktif optik işaretleyiciler, elektrogonyometre, potansiyometreli palpatörler, röntgen, magnetik rezonans görüntüleme gibi yöntemlerdir (77).

Elektrogonyometre diğer yöntemlere göre daha basit ve ucuz olan yöntemdir. Fakat hareketle birlikte etkileşim meydana gelmektedir (75). Optik işaretleyiciler kullanılarak yapılan değerlendirmelerde bir segment için en az 3 işaretleyici gerekir ve herhangi biri işaretleyicinin görüş alanından çıkması ile problem meydana gelir (75).

Elektrogonyometre ve radyografi gibi yöntemler 2 boyutlu bir inceleme yapar ancak gerçekte 3 boyutlu olan bir hareket paternini 2 boyutlu bir yöntemle değerlendirildiği için sadece bir düzlemdeki hareket hakkında bilgi vermektedir (40,75-78). Bu sebeple kamaşık hareketlerin incelendiği araştırmalarda 3 boyutlu hareket analizleri tercih edilmektedir.

Skapular ve klavikular rotasyonlar cilt altında meydana geldiği için eksternal işaretleyiciler ile bu hareketleri gözlemlemek oldukça zordur. Benzer şekilde palpasyon yaparak ya da röntgen ve magnetik rezonans görüntüleme gibi yöntemlerle de izlenemezler (75). Bu amaçla akromion üzerine elektromagnetik bir sensör yerleştirilerek veya skapula üzerine özel hareketli bir aparat ile elektromagnetik bir sensör eklenerek skapular ve klavikular rotasyonlar değerlendirilmiştir. Elektromagnetik sistem değerlendirmesi 3 boyutlu hareket paterni değerlendirmede geçerli bir yöntemdir (77). Milne ve diğ. (79) ile Meskers ve diğ. (80) elektromagnetik sistemlerin duyarlılığını değerlendirmişler ve %2'den az bir hata ile omuz kinematiğinin analizinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Ancak palpasyon, sensör yerleşimi ve cilt hareketi nedeniyle oluşan hataların sistemin duyarlılığını etkileyebileceğini belirtilmiştir. Bu sistem magnetik geçirgenliği olan materyallere karşı hassastır (75).

Temelde elektromagnetik sistemlerde, belirli bir alan içerisindeki bir alıcı sensörün durumunu belirler. Her segment için bir sensöre ihtiyaç vardır.

Elektromagnetik sistem kullanılarak yapılan hareket analizi birtakım işlemsel basamaklar ile gerçekleştirilir. İlk olarak sensörler bağlanır. Sonra kemik çıkıntılar sisteme kaydedilerek bu noktaların sensörlere olan uzaklığı hesaplanır. Üçüncü basamakta hareket boyunca sensörlerin oryantasyonu yeniden belirlenir. Dördüncü basamakta hareket boyunca kemik çıkıntılarının oryantasyonu 3 boyutlu model

üzerinde düzenlenir ve yeniden hesaplanır. Beşinci basamakta ise lokal koordinat sistemleri tanımlanır. Son olarak rotasyon açıları hesaplanır.

Omuz kompleksi hareketlerini analiz edebilmek amacıyla üst gövdedeki kemikleri ifade eden segmentler tanımlanmıştır. Her segmentin hareket eksen ve lokal koordinat sistemi bulunmaktadır. Her eksen belirli iki nokta arasında doğrusal olarak uzanmaktadır. Örneğin klavikular eksen sternoklavikular eklemin merkezi ile akromioklavikular eklemin merkezini birleştiren hattır. Segmente ait bir düzlemi belirlemek için ek olarak bir nokta daha tanımlanması gerekir. Örneğin skapular düzlem akromioklavikular eklem, trigonum spina skapula ve angulus inferior skapula tarafından oluşturulan düzlemdir. Özellikle 3 boyutlu hareket analizinde her bir kemik yapı için aynı doğrultuda olmayan en az 3 nokta tanımlanması gerekmektedir (76). Hareket merkezi ise eklem merkezleri olarak kabul edilir. Glenohumeral eklemin merkezi humeral başın geometrik merkezi olarak kabul edilebilir fakat gerçek rotasyon merkezi bireyler arası değişiklik göstermektedir. Meskers ve diğ.'nin geliştirdiği bir regresyon denklemi sayesinde skapula üzerindeki 5 farklı noktaya göre glenohumeral eklemin hareket merkezi hesaplanabilmektedir (81).

Her bir segmentin hareket merkezi, eksenleri ve düzlemleri belirlenerek koordinat sistemleri tanımlanabilir. Laboratuvar ortamı için tanımlanan koordinat sistemine global koordinat sistem, her bir segment için tanımlanan koordinat sistemine ise lokal koordinat sistem denir (77).

Teknik olarak bir segmentin yer değiştirmesi rotasyon matrisi ve yer değiştirme vektörü ile açıklanabilir. Hareket analizi ile elde edilen veriler işlenirken segmentlerin oryantasyonu global koordinat sistemine göre veya proksimal segmentin lokal koordinat sistemine göre 2 farklı şekilde tanımlanabilir (77). Bir segmentin oryantasyonunun, proksimalinde bulunan segmentin lokal koordinat sistemine göre tanımlanması eklem rotasyonunu gösterir (77). Örneğin skapulanın klavikulaya göre oryantasyonu akromioklavikular eklemdaki hareketleri analiz etmek için kullanılır. Bir diğeri ise, segmentin oryantasyonunun global koordinat sistemlerine göre tanımlanır ve bu da segmental rotasyonunu gösterir (82). Örnek olarak skapulanın, klavikulanın veya humerusun toraksa göre oryantasyonun tanımlanması verilebilir.

Eular açı dizilimi klinikte kullanılan açısal tanımlara yakın olduğu ve matematiksel uyumsuzlukları azalttığından dolayı tercih edilen bir yöntemdir (82). Daha önce tanımlanmış koordinat sisteminin eksenleri etrafında meydana gelen  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  olmak üzere 3 temel rotasyon hesaplanabilir. X eksen etrafında meydana gelen rotasyon  $\alpha$ , Y eksen etrafında meydana gelen rotasyon  $\beta$ , Z eksen etrafında meydana gelen rotasyon  $\delta$  ise rotasyon matrisi (R);  $R=R_x(\alpha).R_y(\beta).R_z(\delta)$  şeklindedir. Bu dizilim sırası değiştirildiğinde farklı sonuçlar elde edilebilmektedir (77). İletişim ve karşılaştırma kolaylığı sağlamak amacıyla Uluslar arası Biyomekanik Cemiyeti (UBC) standart bir protokol oluşturmuştur. Bu protokole global koordinat sistemi sağ el kuralına göre X eksen pozitif yönde anteriora, Y eksen pozitif yönde superiora, Z eksen ise pozitif yönde sağ tarafa doğru uzanacak şekildedir ve her bir segment için kullanılması önerilen Eular açı dizilimleri belirtilmiştir.

#### **2.4. Omuz Rehabilitasyonu ve Elastik Bantlar**

Dirençli eğitim, omuz rehabilitasyon protokollerinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır (14,83). Genel olarak omuz rehabilitasyonu omuz kompleksini ilgilendiren kasların kuvvetlendirilmesini içerir. Temel olarak bir kasa kuvvetli kontraksiyonu oluşturacak yüklenme düzenli bir şekilde uygulanırsa kasta adaptif fizyolojik değişiklikler elde edilebilmektedir (84). İlerleyici dirençli egzersizler kas kuvvetini arttırmak amacıyla rehabilitasyonda sıklıkla kullanılmaktadır.

Dirençli eğitim ile izotonik, izokinetik veya izometrik bir direnç yüklenmesi kassal güç, kuvvet ve enduranda artış elde edilir. Dirençli eğitimde oluşan kassal kontraksiyon tipi konsantrik, eksantrik ve izometrik şeklinde sınıflandırılabilir. İzotonik egzersizler gibi elastik bantla yapılan egzersizlerde ekstremitenin kısılma fazında konsantrik, uzama fazında eksantrik kontraksiyon elde edilir (85).

Dirençli eğitimde belirlenmiş bir direnç karşısında kassal kontraksiyon elde etmek amacıyla çok sayıda ve çeşitli ekipmandan yararlanılabilir (86). Direnç aletleri, dambıllar, serbest ağırlıklar ve elastik bantlar rehabilitasyonda başvuru metodlarıdır.

Elastik bantlar doğru kullanıldığında kas kuvvetini arttırabilmektedir (85). Dirençli aletler ile elastik bantlar uygulamada benzer fizyolojik cevaplar, benzer

kassal kuvvet kazanımı ve elektromiyografik olarak benzer kassal aktivasyon paterni göstermektedir (87,88). Ancak, diğer yöntemlere kıyasla elastik bantlar kullanım kolaylığı, tüm popülasyonda güvenle uygulanabilirliği, düşük maliyeti ve taşınabilirliği nedeniyle avantajlıdır (86,89).

Ticari olarak 6 farklı renkte farklı seviyelerde dirençleri mevcuttur. Renkler az dirençten başlayarak sırasıyla; sarı, kırmızı, yeşil, mavi, siyah, gümüş ve altındır.

Elastik bantlarda başlangıç uzunluğuna göre uzama miktarı arttıkça ortaya koyulan direnç de artmaktadır. Uzama miktarının yüzdesi (son uzunluk-başlangıç uzunluğu) / başlangıç uzunluğu x 100 formülü ile hesaplanabilir. Çalışmalar farklı renklere ve uzama miktarlarına göre uygulanan direnç miktarını göstermişlerdir (tablo 2.1.) (90). Bu bilgiler ışığında yapılan egzersizin şiddeti konusunda diğer rehabilitasyon aletleri ile karşılaştırma yapılabilir (91).

Tablo 2.1. Elastik bantların farklı renklerine göre uzama yüzdesi ile ilişkili direnç miktarları

| Uzama (%) | Sarı (kg) | Kırmızı (kg) | Yeşil (kg) | Mavi (kg) | Siyah (kg) | Gümüş (kg) | Altın (kg) |
|-----------|-----------|--------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| 25        | 0.5       | 0.7          | 0.9        | 1.3       | 1.6        | 2.3        | 3.6        |
| 50        | 0.8       | 1.2          | 1.5        | 2.1       | 2.9        | 3.9        | 6.3        |
| 75        | 1.1       | 1.5          | 1.9        | 2.7       | 3.7        | 5.0        | 8.2        |
| 100       | 1.3       | 1.8          | 2.3        | 3.2       | 4.4        | 6.0        | 9.8        |
| 125       | 1.5       | 2.0          | 2.6        | 3.7       | 5.0        | 6.9        | 11.2       |
| 150       | 1.8       | 2.2          | 3.0        | 4.1       | 5.6        | 7.8        | 12.5       |
| 175       | 2.0       | 2.5          | 3.3        | 4.6       | 6.1        | 8.6        | 13.8       |
| 200       | 2.2       | 2.7          | 3.6        | 5.0       | 6.7        | 9.5        | 15.2       |
| 225       | 2.4       | 2.9          | 4.0        | 5.5       | 7.4        | 10.5       | 16.6       |
| 250       | 2.6       | 3.2          | 4.4        | 6.0       | 8.0        | 11.5       | 18.2       |

Dirençli eğitimde bir başka göz önünde bulundurulacak nokta ise hareket eden segment ile direncin hareket eksenini arasındaki açıdır. Eklem açısına göre oluşan tork miktarı kuvvet eğrisi olarak da bilinmektedir. Bu eğride değişkenler kuvvet, kuvvet kolu ve hareket eden segment ile direncin hareket eksenini arasındaki açıdır ( $= \alpha$ ) (92). Tork  $\sin(\alpha) \times \text{direnç kuvveti} \times \text{kuvvet kolu uzunluğu}$  formülü ile hesaplanabilir. Elastik materyal ile yapılan egzersizde torku etkileyen etmenler elastik bandın uzama oranı, uygulama yapılan bölge (direnç ile eklem eksenini arasındaki uzaklık) ve bant ile hareket eden segment arasındaki oryantasyondur. Hughes ve diğ. (86), elastik

bant ile yapılan omuz abdüksiyon egzersizi esnasında materyalin uzaması ile doğru orantılı bir şekilde direncin de arttığını fakat direncin eklemde oluşturduğu torkun artan ve azalan bir patern izlediğini belirtmişlerdir. En yüksek tork hareket açıklığının ortalarında elde edilmektedir (85). İzotonik direnç sağlayan ağırlıklı makara sistemlerinin aksine elastik dirençler konsantrik ve eksantrik fazda simetrik olan tork eğrisi sergilerler (86).

Elastik materyaller yüklenme döngüsüne bağlı olarak deformasyona uğrayabilirler (90). İlk kullanımdan önce 20 uzama döngüsü materyalin direncinin 5700. döngüye kadar bir platoya ulaşması açısından gereklidir (90).

Omuz kuşağı kaslarının kuvvetine göre önerilen dirençli omuz elevasyon egzersizinde meydana gelen skapular kinematik değişiklikleri henüz bilinmemektedir. Literatür incelendiğinde elastik bant ile yapılan omuz egzersizi esnasında skapular kinematik değişiklikleri araştıran herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Farklı düzlemlerde omuz elevasyon egzersizlerinin skapular kinematiğe katkısı hakkında da literatür bilgisi bulunmamaktadır. Bu doğrultuda, elevasyon esnasında skapular kinezinin geliştirilmesi terapötik bir hedef iken, elevasyon egzersizi esnasında üç boyutlu skapula hareketlerinin hangi düzlemlerde etkileneceğinin araştırılması, etkili egzersiz tedavisi uygulanmasında hareket düzleminin seçilmesine olanak sağlayacaktır. Ayrıca omuz kuvvetine bağlı olarak verilen dirençli egzersizin skapular harekette bir diskinezi oluşturup oluşturmadığı araştırılacaktır. Bu çalışma, sağlıklı omuz hareketlerini detaylı bir şekilde araştırarak, seçilecek olan egzersizin skapular kinematiğe etkisini açıklayacaktır.

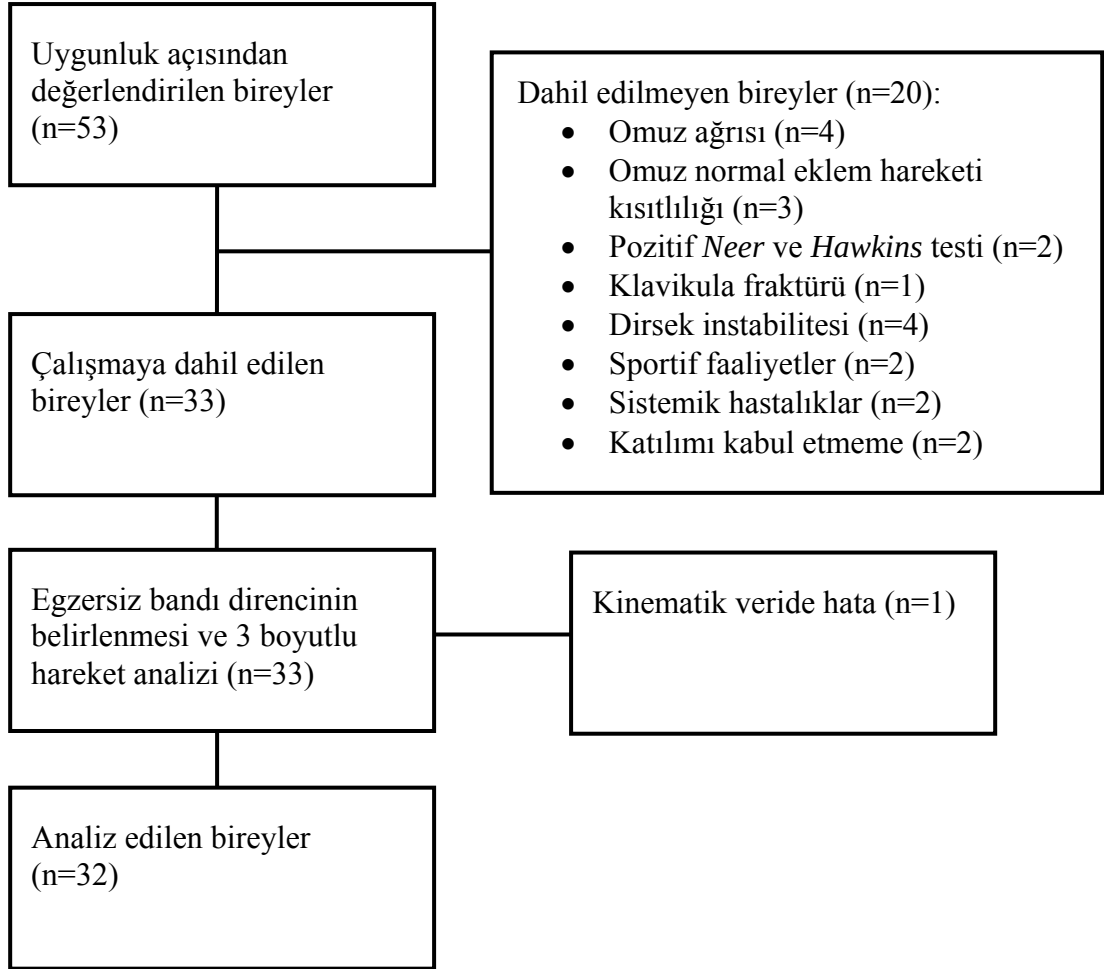
### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1. Bireyler

Çalışma Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Sporcu Sağlığı Ünitesi'nde gerçekleştirildi. Toplam 53 sağlıklı gönüllüye ulaşılmış olup, çalışma toplam 32 birey üzerinde gerçekleştirildi. Katılımcılardan 20 birey çalışmaya alınma kriterlerine uymadıklarından, 1 birey kinematik analiz esnasında oluşan hata sebebiyle, çalışmaya dahil edilmedi (şekil 3.1). Çalışmaya katılan tüm bireyler, çalışmanın amacı ve değerlendirme yöntemleri hakkında bilgilendirildi. Bireylerin çalışmaya kendi rızaları ile katıldıklarına dair onamları alındı. Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar Değerlendirme Komisyonu tarafından uygun bulunmuştur (HEK 10/109).

Çalışmaya kabul edilme kriterleri sağlıklı, gönüllü ve erkek bireylerin;

- 20 - 25 yaş arasında olması
- Omuz eklem hareket açıklığının tam olması
- Üst ekstremitte ve omurgada herhangi bir deformite bulunmaması ve bu bölgeleri ilgilendiren yaralanma ve ağrı hikayesi olmaması
- Subakromiyal sıkışma ve instabilite testleri ile semptom açığa çıkarmaması
- Sistemik veya nöromusküloskeletal sistemi etkileyecek hastalığı olmaması
- Mesleki veya sportif faaliyetler nedeniyle tekrarlı omuz hareketlerine maruz kalmaması
- Yapışkan ajanlara ve lateks materyaline alerjisi olmaması
- Beden kitle indeksinin  $30 \text{ kg/m}^2$ 'den küçük olması şeklinde belirlenmiştir.



Şekil 3.1. Bireyler diyagramı

### 3.2. Yöntem

Çalışma dört aşamada tamamlandı. Birinci aşamada bireyler çalışmaya dahil edilme kriterlerine göre değerlendirmeye alındı. İkinci aşamada çalışmaya kabul edilenler için, kişiye özel yüklenme miktarını ifade eden egzersiz bandının rengi belirlendi. Üçüncü aşamada ise, elektromagnetik sistem ile üç boyutlu hareket analizi yapıldı. Bu aşamada önce cihaz ve birey hazırlandı, ardından randomize edilmiş üç ayrı düzlemde (sagital, skapular, frontal düzlemler) direnç uygulanmadan ve uygulanırken yapılan kol elevasyonu süresince kinematik veriler kayıt edildi. Dördüncü aşamada ise veriler analiz edildi.

### 3.3. Veri Toplama Yöntemleri

Bireylerden toplanan değerlendirme yöntemlerinin tümü noninvaziv yöntemlerdir.

#### 3.3.1. Demografik Bilgiler ve Fiziksel Özellikler

Bireylerin adı, soyadı, mesleği, yaşı, boyu, vücut ağırlığı, beden kitle indeksi, dominant taraf bilgileri kayıt edildi.

#### 3.3.2. Omuz Eklemine Özel Fiziksel Değerlendirme Yöntemleri

Bu değerlendirmeler bireylerin çalışmaya dahil edilme kriterlerine uygunluğunu belirlemek ve omuz eklemine fiziksel özellikleri ile ilgili bilgi sahibi olmak amacıyla yapıldı.

**Omuz Normal Eklem Hareket Genişliğinin Değerlendirilmesi:** Bilateral omuz fleksiyon, abduksiyon, internal ve eksternal rotasyon hareketleri sırtüstü pozisyonda plastik universal gonyometre ile derece cinsinden ölçüldü. Aktif normal eklem hareket açıklığı doğal sınırı fleksiyonda 160-180°, abduksiyonda 170-180°, eksternal rotasyonda 80-90°, internal rotasyonda 60-100° olarak belirlendi (93,94). Normal eklem hareket açıklığında limitasyonu olanlar çalışmaya dahil edilmedi.

- Omuz fleksiyon normal eklem hareket genişliğinin değerlendirilmesi: Gonyometrenin sabit kolu gövdenin orta hattına, hareketli kolu humerusun shaftı ile paralel olacak şekilde konumlandırıldı. Bireyden kolunu önden düz bir şekilde başına doğru kaldırması istendi.

- Omuz abduksiyon normal eklem hareket genişliğinin değerlendirilmesi: Gonyometrenin sabit kolu gövdenin sagittal düzlemine dik olacak şekilde, hareketli kolu humerusun shaftı ile paralel olacak şekilde konumlandırıldı. Bireyden kolunu yandan düz bir şekilde başına doğru kaldırması istendi

- Omuz internal rotasyon normal eklem hareket genişliğinin değerlendirilmesi: Dirsek 90° fleksiyonda iken omuz 90° abduksiyona yerleştirildi. Gonyometrenin sabit kolu yere dik olacak şekilde, hareketli kolu ulna shaftı ile paralel olacak şekilde konumlandırıldı. Bireyden avuç içi kendine dönükken kolunu öne doğru çevirmesi istendi.

- Omuz eksternal rotasyon normal eklem hareket genişliğinin değerlendirilmesi: Dirsek 90° fleksiyonda iken omuz 90° abdüksiyona yerleştirildi. Gonyometrenin sabit kolu yere dik olacak şekilde, hareketli kolu ulna shaftı ile paralel olacak şekilde konumlandırıldı. Bireyden avuç içi kendine dönükken kolunu arkaya doğru çevirmesi istendi.

**Özel Testler:** Hawkins-Kennedy ve Neer subakromiyal sıkışma testleri, Endişe (*aprehension*) ve Oluk işareti (*sulcus sign*) instabilite testleri uygulandı (95-97). Bu testlerde pozitif değerlendirilen bireyler çalışmaya dahil edilmedi.

- Hawkins-Kennedy subakromiyal sıkışma testi: Birey oturma pozisyonunda iken 90° fleksiyondaki kolu pasif olarak internal rotasyona getirildi (şekil 3.2). Manevra sırasında ağrı olup olmadığı sorularak test sonucu pozitif veya negatif olarak kaydedildi (95).



Şekil 3.2. Hawkins-Kennedy subakromiyal sıkışma testi

- Neer subakromiyal sıkışma testi: Birey oturma pozisyonunda iken ipsilateral skapulanın protraksiyonu önlenerek kolu pasif olarak fleksiyona getirildi (şekil 3.3). Manevra sırasında ağrı olup olmadığı sorularak test sonucu pozitif veya negatif olarak kaydedildi (95).



Şekil 3.3. Neer subakromiyal sıkışma testi

- Endişe (*aprehension*) instabilite testi: Birey oturma pozisyonunda iken omuz  $90^\circ$  abdüksiyon ve maksimal eksternal rotasyona getirildi (şekil 3.4). Manevra sırasında ağrı veya endişe olup olmadığı izlenerek test sonucu pozitif veya negatif olarak kaydedildi (95).



Şekil 3.4. Endişe instabilite testi

- Oluk işareti (*sulcus sign*) instabilite testi: Birey oturma pozisyonunda kol gövde yanında serbest iken inferior yönde direnç uygulandı (şekil 3.5). Manevra sırasında akromion inferiorunda oluk işareti olup olmadığı izlenerek test sonucu pozitif veya negatif olarak kaydedildi (97).



Şekil 3.5. Oluk işareti instabilite testi

**Kas Kuvveti Değerlendirilmesi:** Omuz çevresi kasların kuvvetinin belirlenmesinde dijital dinamometre (Baseline<sup>®</sup>, Fabrication Enterprises Inc., ABD) kullanıldı. Sonuçlar kilogram cinsinden alındı. Ölçümler bilateral yapıldı. Hareket analizinde yorgunluğa neden olmamak için kas kuvveti analizden başka bir günde değerlendirildi. Dirence karşı izometrik kas kontraksiyonunu sürdürebilen bireyler çalışmaya dahil edildi.

Deltoid kası ön parçası için kas kuvveti değerlendirilmesi: Birey oturma pozisyonunda iken kolunu 90° fleksiyona getirmesi istendi ve bu noktada dinamometre ile önkol üzerinden direnç uygulandı. Hareketi bozduğu andaki değer kaydedildi (98).

- Deltoid kası orta parçası için kas kuvveti değerlendirilmesi: Birey oturma pozisyonunda iken kolunu 90° abdüksiyona getirmesi istendi ve bu noktada dinamometre ile önkol üzerinden direnç uygulandı. Hareketi bozduğu andaki değer kaydedildi (98).

- Suprasinatus kası için kas kuvveti değerlendirilmesi: Supraspinatus kassal kuvvetinin değerlendirilmesinde *Full-can* pozisyonu tercih edildi. *Full-can* pozisyonu skapular planda başparmak yukarı bakarken kol elevasyonu yapmak olarak tanımlanmıştır. Dinamometre ile önkol üzerinden direnç verildi ve hareketi bozduğu andaki değer kaydedildi (99).

- Trapez kasının üst parçası için kas kuvveti değerlendirilmesi: Birey oturma pozisyonunda iken skapular elevasyon istendi ve bu noktada dinamometre ile skapula üzerinden depresyon yönünde direnç uygulandı. Hareketi bozduğu andaki değer kaydedildi (100).

- Trapez kasının orta parçası için kas kuvveti değerlendirilmesi: Birey yüzüstü pozisyonda iken skapular retraksiyon istendi ve bu noktada dinamometre ile skapulanın spinası üzerinden humerusun uzun eksenine paralel olacak şekilde laterale doğru direnç uygulandı (şekil 3.6). Hareketi bozduğu andaki değer kaydedildi (100).



Şekil 3.6. Trapez kasının orta parçası için kas kuvveti değerlendirilmesi

- Trapez kasının alt parçası için kas kuvveti değerlendirilmesi: Birey yüzüstü pozisyonda iken skapular addüksiyon ve depresyon istendi ve bu noktada dinamometre ile skapulanın spinası üzerinden 140° elevasyondaki humerusun uzun eksenine paralel olacak şekilde superiora ve laterale doğru direnç uygulandı (şekil 3.7). Hareketi bozduğu andaki değer kaydedildi (100).



Şekil 3.7. Trapez kasının alt parçası için kas kuvveti değerlendirilmesi

- Serratus anterior kası için kas kuvveti değerlendirilmesi: Birey sırtüstü pozisyonda iken skapular protraksiyon istendi. Bu noktada dinamometre ile 90°

fleksiyondaki dirsek ekleminde olekronon üzerinden humerusun uzun ekseni boyunca paralel olacak şekilde superiora ve laterale doğru direnç uygulandı (şekil 3.8). Hareketi bozduğu andaki değer kaydedildi (100).



Şekil 3.8. Serratus anterior kası için kas kuvveti değerlendirilmesi

**Pektoralis Minör Kası Kısıklık Değerlendirmesi:** Birey sırtüstü pozisyonunda iken standart plastik üçgen cetvel kullanılarak posterior akromion ile yatak arasındaki mesafe ölçülerek santimetre cinsinden kaydedildi (şekil 3.9) (101).



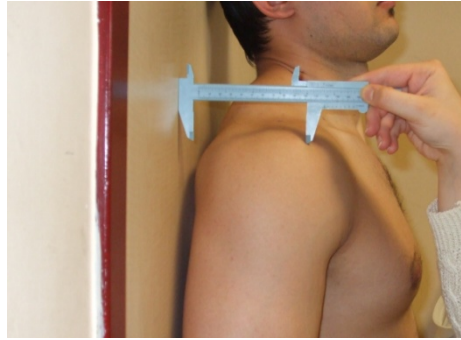
Şekil 3.9. Pektoralis minör kası kısıklık değerlendirilmesi

**Posterior Kapsül Kısıklık Değerlendirmesi:** Yan yatış pozisyonunda bir taraftan skapula sabitlenirken, diğer taraftan kol herhangi bir humeral rotasyon meydana gelene veya hareket limitlenene kadar horizontal addüksiyona alındı (şekil 3.10). Bu noktada medial epikondil ile yatak arasındaki mesafe mezura ile ölçülerek santimetre cinsinden kaydedildi (102).



Şekil 3.10. Posterior kapsül kısalık değerlendirmesi

**Yuvarlak Omuz Postürü Değerlendirmesi:** Ayakta duruş pozisyonunda bireyden duvara yaklaşarak serbest bir şekilde durması istendi. Akromionun ön ucu ile duvar arasındaki mesafe kaliper yardımı ile santimetre cinsinden ölçüldü (şekil 3.11) (103).



Şekil 3.11. Yuvarlak omuz postürü değerlendirme

**Gözlemsel Skapular Diskinezis Değerlendirmesi:** 3-5 kez tekrarlanan, sagittal ve frontal düzlemlerde yapılan bilateral kol elevasyonu esnasında skapulanın medial kenarı gözlemlendi. Skapulanın medial kenarında göze çarpan yalnızca inferomedial kenar, tüm medial kenar veya superior skapular kenar belirginleşmesi mevcutsa skapular diskinezis vardır. Elevasyon esnasında bu durumlardan hiçbiri açığa çıkmıyor ise skapular diskinezis yoktur (104).

### 3.3.3. Kişiyeye Özel Elastik Direnç Dozajının Belirlenmesi

Omuz elevasyon egzersizi ayakta duruş pozisyonunda, kol vücut yanında serbest halde iken başlayacak, 180° kol elevasyonu tamamlanarak tekrar başlangıç noktasına dönülmesiyle sonlanacak şekilde seçildi. Sagital düzlemde fleksiyon, frontal düzlemde abdüksiyon ve skapular düzlemde *scaption* egzersizlerinde elastik bant ayak altından orijin alarak elde sabitlendi. Böylece bant, hareket düzleminde yer aldı ve hareketin başlangıç noktası ile anatomik son noktası arasındaki açı minimal düzeyde tutulmuş oldu (85).

Çalışmada sarı, kırmızı, yeşil, mavi, siyah, gümüş ve altın renklerde elastik bant (Theraband®, Hygenic Corp, Ohio) kullanıldı. Kassal aktivasyon ve algılanan yüklenme açısından siyah ve gümüş bantlar arasında büyük farklar olduğundan mavi ve kırmızı bantlar birlikte kullanılarak bir ara direnç elde edildi (15). Böylelikle toplamda 8 farklı direnç seviyesi çalışmaya dahil edildi. Bantlar testlerden önce 20 kere esnetilerek testler boyunca sabit bir yüklenme elde edildi (90).

Elastik bandın direnci, hareket analizinden farklı bir günde, 3 maksimum tekrar yöntemiyle belirlendi (15). Egzersiz bandı ile 3 saniyede kol kaldırıldı ve 3 saniyede indirildi. Arka arkaya yapılan 3 tekrarın ardından egzersizin hissedilen zorluk derecesini Borg-CR10 skalası üzerinde gösterildi (105). Skala üzerinde 5 ila 6'ya denk gelen bant renginin 2 seviye altındaki renk test edilen egzersiz için kişiyeye özel elastik direnç dozajını temsil etti (15).

Elastik bandın egzersiz boyunca uzama miktarını hesaplamak amacıyla bireylerin kol boyu ve omuz yer mesafesi mezura ile ölçüldü. Egzersizin belirli açılarında uzama miktarının yüzdesi;  $(\text{son uzunluk} - \text{başlangıç uzunluğu}) / \text{başlangıç uzunluğu} \times 100$  formülü ile hesaplandı.

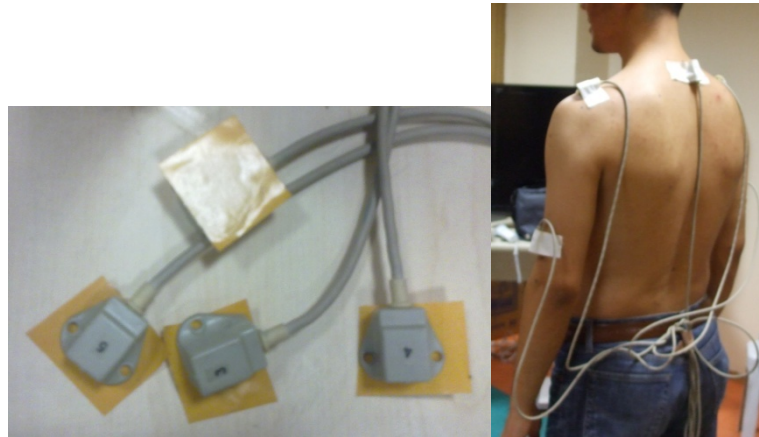
### 3.3.4. Üç Boyutlu Skapular Hareketlerin Değerlendirilmesi

Üç boyutlu skapular hareketler elektromagnetik sistem (Motion Monitor® İskelet Analiz Sistemi, Innovative Sports Training Inc, Chicago, ABD) ile üst ekstremitenin hareketi esnasında değerlendirildi (şekil 3.12) (77). Kinematik dizilerden senkronize veriler toplamak amacıyla kullanılan bu sistem omuz kinematikiindeki 1.8 milimetrelilik doğrusal yer değiştirmeye ve 0.5 derecelik açısal değişikliğe hassastır (77).



Şekil 3.12. Motion Monitor® İskelet Analiz Sistemi temel birimi (solda) ve alıcısı (sağda)

Değerlendirmede öncelikle sensörler hazırlandı. Bilateral skapula ve humerus hareketlerinin kinematik analizi için toplam 5 sensör kullanıldı (şekil 3.13). Bu elektromagnetik alıcılar ile deri arasındaki hareketi azaltmak amacıyla çift taraflı yapışkan bantlar kullanıldı ve sensörler farklı anatomik bölgeler üzerine yerleştirildi. Ayrıca güvenlik amacı ile tüm sensörler esnemeyen bantlar ile sabitlendi. Sensörler 7. servikal vertebral proses (C7), her iki taraf akromion ve humeral bölge derisi üzerine yerleştirildi. Direk olarak kemiğe tutturulan sensörler ile yapılan validasyon çalışmalarında bu sensör yerleşiminin ilgili segmentin hareketini doğru bir şekilde temsil ettiği gösterilmiştir (77).



Şekil 3.13. Sensörler (solda) ve sensörlerin yerleşimi (sağda)

Altıncı sensör ise sivri uçlu işaretleme aletine bağlandı (şekil 3.14). Uygun sıra ile belirli kemik çıkıntılar üzerinden dijitalasyon işlemi birey serbest ve hareketsiz durumda iken tamamlandı. Ulusallar arası Biyomekanik Cemiyeti (UBC) tarafından önerilen ve uygun olarak kullanılan kemik çıkıntılarının listesi tablo 3.1.'de verilmiştir (82).



Şekil 3.14. İşaretleme aleti (solda) ve dijitalasyon işlemi (sağda)

Böylelikle elektromagnetik sistem tarafından bilgisayara, kemik bölgeler üzerinden uyarı gönderildi ve iskelet, insan görüntüsü olarak görüntülenebildi.

Tablo 3.1. Kemik çıkıntılarının listesi

| <b>TORAKS</b>                                      | <b>SKAPULA</b>                    | <b>HUMERUS</b>                                                          |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <i>C7:</i> 7. servikal vertebral prosesus spinosus | <i>TS:</i> Trigonum spina skapula | <i>GH:</i> Glenohumeral rotasyon merkezi (regresyon ile tahmin edilir.) |
| <i>T8:</i> 8. torakal vertebral prosesus spinosus  | <i>AI:</i> Angulus inferior       | <i>EL:</i> Lateral epikondil                                            |
| <i>IJ:</i> İnsisura jugularis                      | <i>AA:</i> Angulus akromialis     | <i>EM:</i> Medial epikondil                                             |
| <i>PX:</i> Prosesus xiphoideus                     | <i>PC:</i> Prosesus korakoideus   |                                                                         |

Test sırasında bireylerden ayakta durma pozisyonunda iken dirsekler ekstansiyonda olacak şekilde randomize edilmiş sırayla frontal, sagittal ve skapular

düzlemde tam elevasyon istendi. Randomizasyonda bilgisayar temelli numaralar kullanıldı. Düzlemler iki adet işaretleyici çubuk yardımıyla standardize edildi. Skapular düzlem frontal düzlem ile anteriora doğru 40°'lik açı yapacak şekilde ayarlandı (43).

Kollar vücut yanında serbest iken elevasyon komutu verildi ve bireyden test boyunca baş parmak yukarıya doğru bakacak şekilde kol rotasyonunu sürdürmesi istendi. 1 Hz frekansındaki dijital metronom yardımıyla 3 saniyede elevasyonun kaldırma fazı gerçekleştirildi ve 3 saniyede kol gövde yanına indirildi. Aynı düzlemdeki graviteye karşı sadece üst ekstremitenin ağırlığı ile yapılan elevasyon 5 kere tekrarlandı ve elde edilen veriler dirençsiz veri grubu olacak şekilde kabul edildi. Yaklaşık 30 saniye dinlenme süresi verildi ve hareket daha önceden belirlenmiş dirençteki elastik bant ile 5 kere daha tekrarlandı. Buradan elde edilen veriler ise dirençli veri grubu olarak kabul edildi (şekil 3.15).



Şekil 3.15. Kinematik analizde dirençsiz yapılan kol elevasyonu (solda) ve dirençli yapılan kol elevasyonu (sağda)

Kinematik veri 100 Hz'lik frekans ile kaydedildi. İşlenmemiş veriler Butterworth filtresi kullanılarak filtrelendi.

Torasik, skapular ve humeral alıcılardan elde edilen pozisyon ve oryantasyon bilgileri her bir bölge için lokal koordinat sistemlerine çevrildi. Tablo 3.2.'de kullanılan lokal koordinat sistemleri yönleri ile birlikte açıklanmıştır. Bir segmentin uzun eksenini için 2 nokta tanımlandı, 3. nokta ile düzlem tanımlandı. Düzleme dik olan 2. bir eksen ve bu ilk 2 eksene dik olan 3. eksen tanımlanmış oldu. Ayakta

duruş pozisyonunda global koordinat sisteminin Y eksenini vertikal, X eksenini posterioara doğru, Z eksenini sağ tarafa doğru horizontal olarak belirledi.

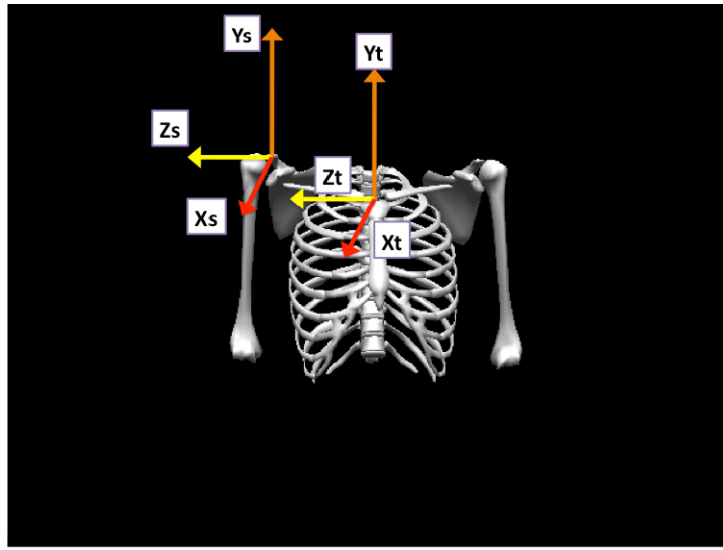
Tablo 3.2. Lokal koordinat sistemleri

| Lokal Koordinat Sistem | Eksen  | Tanım                                                                                       |
|------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Toraks                 | Y      | PX ile T8 orta noktası ile IJ ve C7 orta noktasını birleştiren hat                          |
|                        | X      | Z ile Y eksenlerinin birleşim noktasına dik olup ön tarafı gösteren hat                     |
|                        | Z      | IJ ve C7 ile PX ve T8 orta noktası ile oluşturulan düzleme dik olup sağ tarafı gösteren hat |
|                        | Orijin | IJ                                                                                          |
| Skapula                | Y      | X ve Z eksenlerine dik olup yukarıyı gösteren hat                                           |
|                        | X      | AI, AA VE TS ile oluşturulan düzleme dik olup ön tarafı gösteren hat                        |
|                        | Z      | TS ve AA birleştirilerek AA noktasını gösteren hat                                          |
|                        | Orijin | AA                                                                                          |
| Humerus                | Y      | GH ile EL ve EM orta noktasını birleştiren GH noktasını gösteren hat                        |
|                        | X      | EL, EM ve GH birleştiren düzleme dik olup ön tarafı gösteren hat                            |
|                        | Z      | Z ile Y eksenlerinin birleşim noktasına dik olup sağ tarafı gösteren hat                    |
|                        | Orijin | GH                                                                                          |

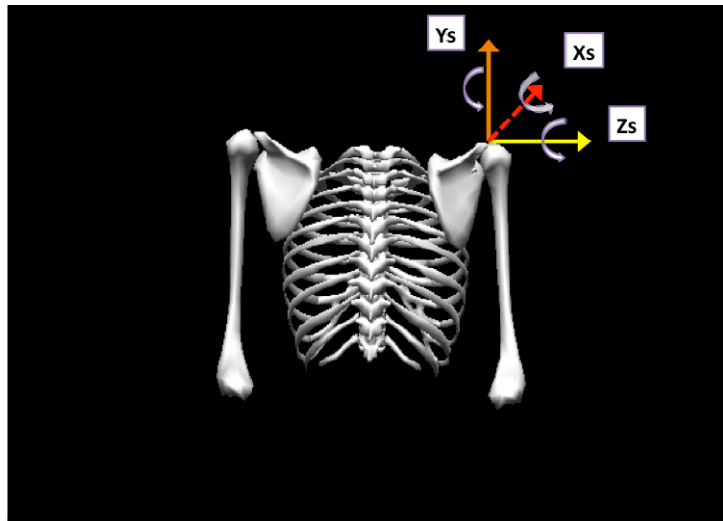
Toraksa göre skapular ve humeral oryantasyon Euler açıları analizi ile belirlendi. Analizde skapulanın toraksa göre hareketleri Y-X-Z dizilimi ile gerçekleştirildi. Skapula oryantasyonu; Y eksenini etrafındaki rotasyon (pozitif) protraksiyon-(negatif) retraksiyon (internal-eksternal rotasyon), Z eksenini etrafında (negatif) anterior-(pozitif) posterior tilt, X eksenini etrafında (negatif) lateral-(pozitif)

medial rotasyon (yukarı-aşağı doğru rotasyon) hareketi olarak kabul edildi. Humerusun X ekseninde yaptığı rotasyon ise humerotorasik elevasyon hareketi olarak kabul edildi (şekil 3.16 ve şekil 3.17). Bu açılar belirlenirken UBC önerileri göz önünde bulunduruldu (82).

İstatistiksel testlerde kullanmak için 5 tekrardan elde edilen her elevasyon derecesine denk gelen skapular hareketlerin aritmetik ortalaması alındı (106). İstatistiksel karşılaştırmada  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  ve  $120^\circ$ 'nin üzerindeki veriler geçerliliği az olduğu için analize dahil edilmedi (77).



Şekil 3.16. Toraksın ve skapulanın lokal koordinat sistemi



Şekil 3.17. Skapular rotasyonlar

### 3.4. İstatistiksel Değerlendirme

Elastik bant kullanılarak (dirençli) ve kullanılmayarak (dirençsiz) yapılan ölçümlerin arasında klinik olarak anlamlı olduğu düşünülen 5 derecelik değişimin (67) ortaya çıkması durumunda istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç olduğunun gösterilebilmesi için ölçümler arası farkın standart sapma değeri en fazla  $10^\circ$  olacağı varsayımı ile %5'lik tip I hata, %80'lik güç ile yaklaşık olarak 30 birey çalışmaya alınmıştır.

Dirençli ve dirençsiz veri grupları parametrik koşullar sağlandığı için bağımlı iki grup ortalaması için Student t-test ile değerlendirildi. Frontal, sagittal ve skapular düzlemlerde, direnç uygulanan ve direnç uygulanmayan veriler arasındaki değişim miktarı ise parametrik koşullar sağlanmadığından dolayı Kruskal-Wallis testi ile değerlendirildi. İkili karşılaştırmalarda ise Mann-Whitney-U testi kullanıldı, anlamlılık değeri 0.05'in 3'e bölünmesi sonucunda Bonferroni düzeltmesi ile 0.016'dan küçük olarak alındı. Dominant ve nondominant taraf arasındaki fiziksel özellikler bağımsız iki grup ortalaması için Student t-test kullanılarak karşılaştırıldı. İstatistiksel anlamlılık değeri  $p < 0.05$  olarak belirlendi.

Veriler parametrik ise aritmetik ortalama  $\pm$  standart sapma ( $X \pm SD$ ) ile nonparametrik ise ortanca  $\pm$  çeyrekler arası aralık ( $M \pm IQR$ ) ile belirtildi. İstatistiksel analizler "SPSS 16" kullanılarak yapıldı.

## 4.BULGULAR

### 4.1. Tanımlayıcı Veriler:

Çalışmaya 32 sağlıklı erkek birey dahil edildi. Bireylerden 31'i sağ taraf dominant, 1'i sol taraf dominanttı. Bireylerin yaşı ortalama  $23.13 \pm 1.17$  yıldı.

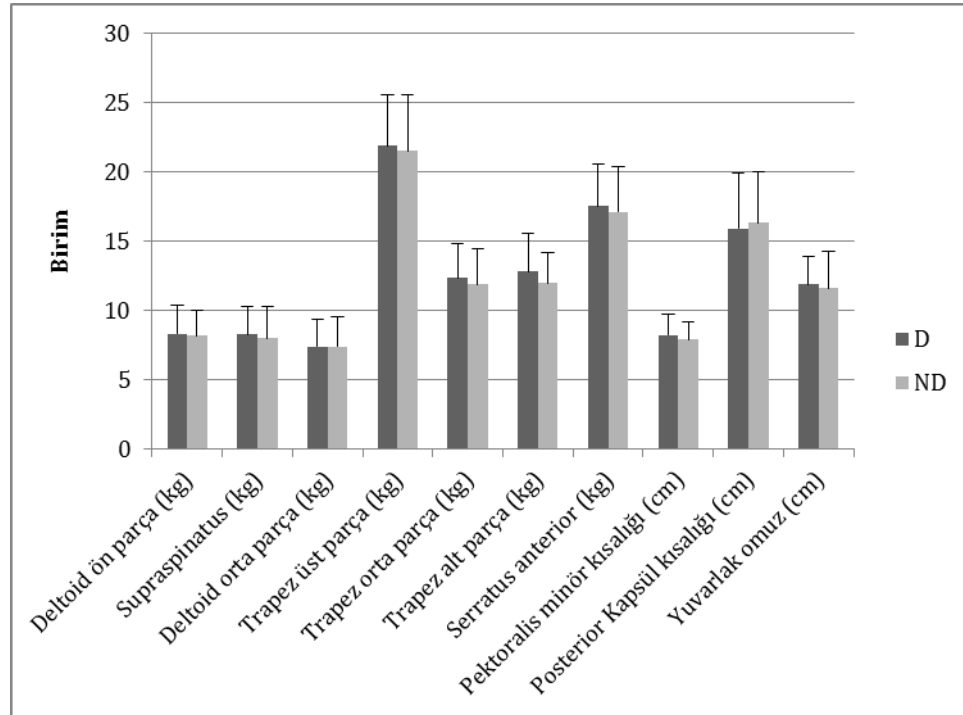
Tablo 4.1. Bireylerin fiziksel özellikleri

|                          | X $\pm$ SD       | Minimum | Maksimum |
|--------------------------|------------------|---------|----------|
| Yaş (yıl)                | $23.1 \pm 1.17$  | 21.00   | 25.00    |
| Boy (m)                  | $1.76 \pm 0.05$  | 1.68    | 1.90     |
| Vücut Ağırlığı (kg)      | $72.30 \pm 9.85$ | 59.00   | 100.00   |
| VKI (kg/m <sup>2</sup> ) | $23.34 \pm 2.55$ | 19.47   | 29.70    |

Tablo 4.2.'de bireylerin omuz eklemine özel fiziksel özellikleri verildi. Olguların kas kuvveti, yumuşak doku esnekliği ve omuz postürü gibi fiziksel özellikleri, dominant ve nondominant taraf karşılaştırıldığında herhangi bir farklılık görülmedi ( $p > 0.05$ ) (şekil 4.1).

Tablo 4.2. Bireylerin omuz eklemine özel fiziksel özellikleri

|                                | D (X $\pm$ SD)   | ND (X $\pm$ SD)  |
|--------------------------------|------------------|------------------|
| Deltoid ön parça (kg)          | $8.31 \pm 2.05$  | $8.16 \pm 1.82$  |
| Supraspinatus (kg)             | $8.28 \pm 2.02$  | $8.00 \pm 2.31$  |
| Deltoid orta parça (kg)        | $7.38 \pm 2.00$  | $7.38 \pm 2.21$  |
| Trapez üst parça (kg)          | $21.91 \pm 3.68$ | $21.53 \pm 4.07$ |
| Trapez orta parça (kg)         | $12.37 \pm 2.47$ | $11.91 \pm 2.56$ |
| Trapez alt parça (kg)          | $12.81 \pm 2.74$ | $11.97 \pm 2.24$ |
| Serratus anterior (kg)         | $17.53 \pm 3.03$ | $17.13 \pm 3.26$ |
| Pektoralis minör kısalığı (cm) | $8.24 \pm 1.47$  | $7.89 \pm 1.25$  |
| Posterior Kapsül kısalığı (cm) | $15.90 \pm 4.03$ | $16.32 \pm 3.67$ |
| Yuvarlak omuz (cm)             | $11.89 \pm 2.03$ | $11.63 \pm 2.60$ |



Şekil 4.1. Bireylerin omuz eklemine özel fiziksel özellikleri

Yapılan gözlemsel skapular diskinezis değerlendirilmesi sonucunda bireylerin %62.5'inde dominant tarafta, %59.4'ünde skapular inferomedial kenar belirginliği ile karakterize skapular diskinezis bulundu (tablo 4.3.).

Tablo 4.3. Gözlemsel skapular diskinezis değerlendirilmesi sonuçları

|                         | D          | ND         |
|-------------------------|------------|------------|
| Skapular diskinezis var | 20 (%62.5) | 19 (%59.4) |
| Skapular diskinezis yok | 12 (%37.5) | 13 (%40.6) |

Fleksiyon, abduksiyon ve *scaption* egzersizi için kişiye özel belirlenen elastik bantlardan kırmızı, yeşil, mavi, siyah ve mavi-kırmızı renkler kullanıldı. En sık kullanılan bant ise %62.5 ile %65.6 oranı ile siyah renk banttı. Tablo 4.4'de egzersizlere göre dominant ve nondominant tarafta seçilen elastik bant renkleri ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Kullanılan elastik bant renkleri

|                | Fleksiyon  |            | Abdüksiyon |            | <i>Scaption</i> |            |
|----------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|------------|
|                | D          | ND         | D          | ND         | D               | ND         |
| Sarı           | -          | -          | -          | -          | -               | -          |
| Kırmızı        | -          | -          | 1 (%3.1)   | 1 (%3.1)   | -               | -          |
| Yeşil          | 1 (%3.1)   | 1 (%3.1)   | 1 (%3.1)   | 2 (%6.3)   | 4 (%12.5)       | 4 (%12.5)  |
| Mavi           | 5 (%15.6)  | 6 (%18.8)  | 9 (%28.1)  | 8 (%25)    | 6 (%18.8)       | 6 (%18.8)  |
| Siyah          | 20 (%62.5) | 20 (%62.5) | 20 (%62.5) | 20 (%62.5) | 21 (%65.6)      | 21 (%65.6) |
| Mavi + Kırmızı | 6 (%18.8)  | 5 (%15.6)  | 1 (%3.1)   | 1 (%3.1)   | 1 (%3.1)        | 1 (%3.1)   |
| Gümüş          | -          | -          | -          | -          | -               | -          |
| Altın          | -          | -          | -          | -          | -               | -          |

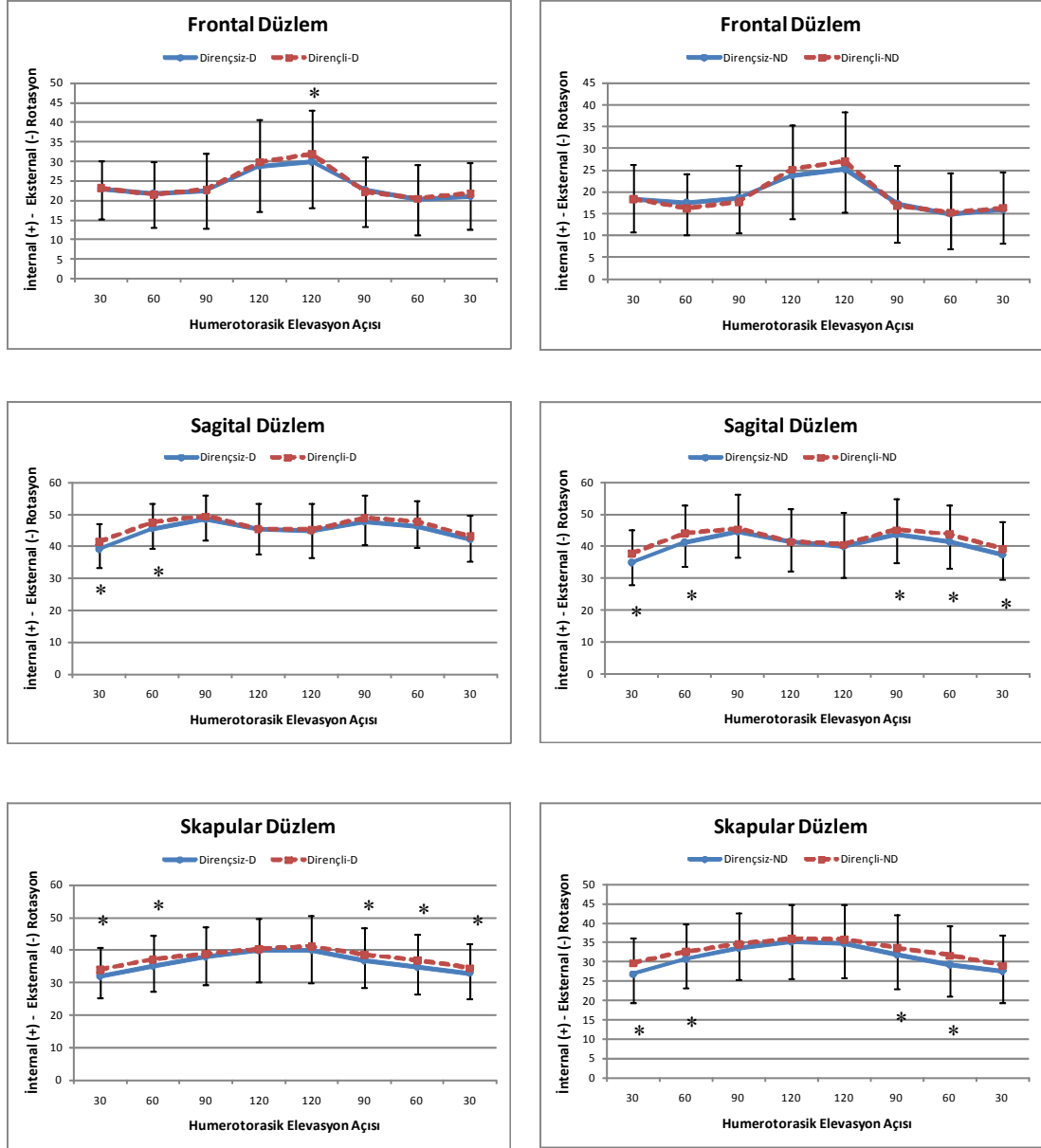
Egzersiz boyunca hesaplanan elastik bandın uzama miktarının yüzdesi egzersiz boyunca ortalama  $20.34 \pm 5.76$  ile  $220.3 \pm 5.76$  arasında değişti. Tablo 4.5.'de egzersiz boyunca açılara elastik bandın uzama miktarının yüzdesi ayrıntılı olarak gösterildi.

Tablo 4.5. Elastik bandın uzama miktarının yüzdesi

| Egzersiz elevasyon derecesi | Uzama miktarının yüzdesi (X $\pm$ SD) |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| 0° elevasyon                | 20.34 $\pm$ 5.76                      |
| 30° elevasyon               | 77.53 $\pm$ 5.52                      |
| 60° elevasyon               | 91.11 $\pm$ 5.14                      |
| 90° elevasyon               | 141.98 $\pm$ 5.24                     |
| 120° elevasyon              | 183.88 $\pm$ 5.48                     |
| 180° elevasyon              | 220.34 $\pm$ 5.76                     |

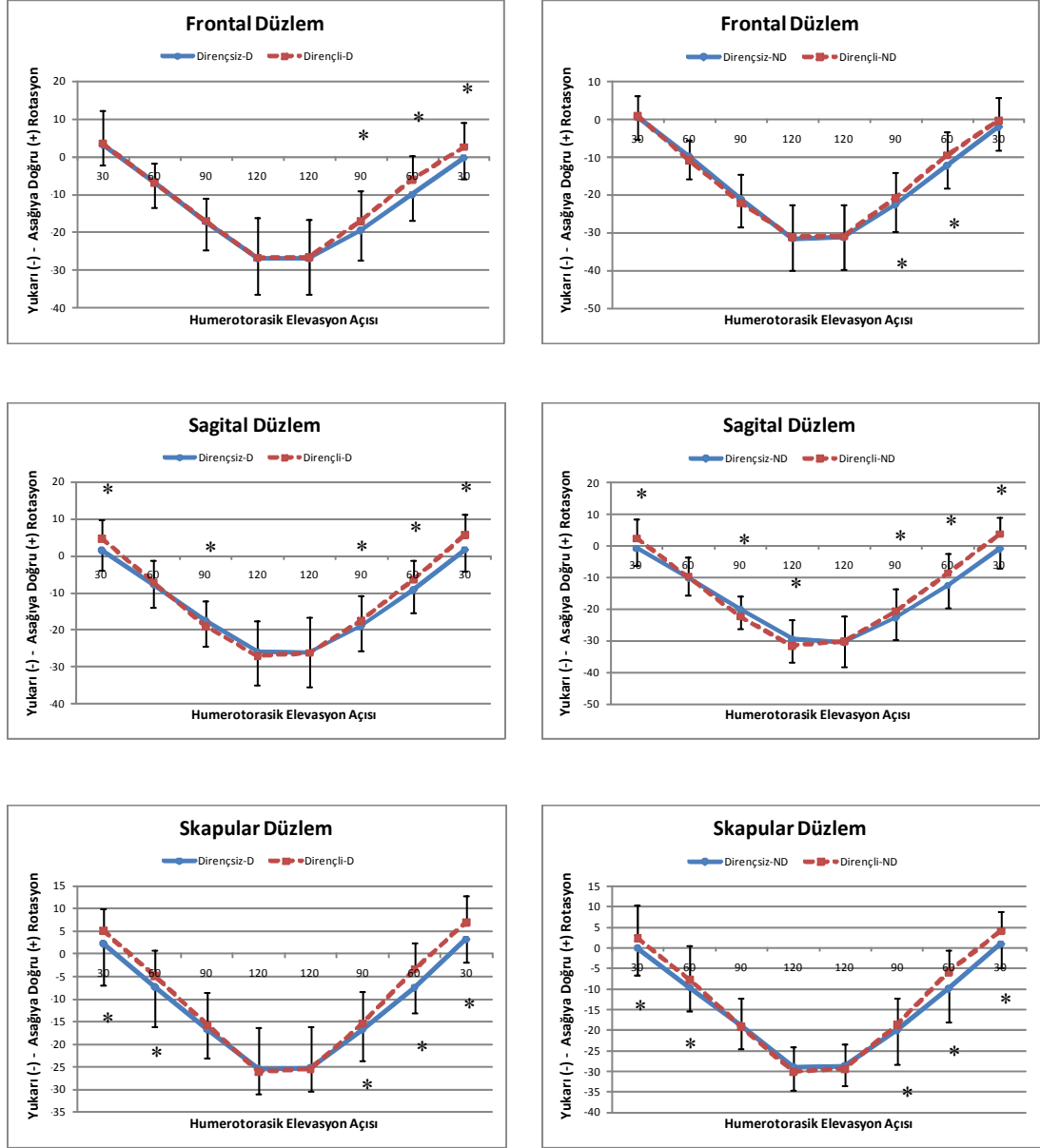
#### 4.2. Kinematik Değerlendirme ile Elde Edilen Veriler:

Çalışmada 1440 adet kinematik veri toplandı ve analiz edildi.



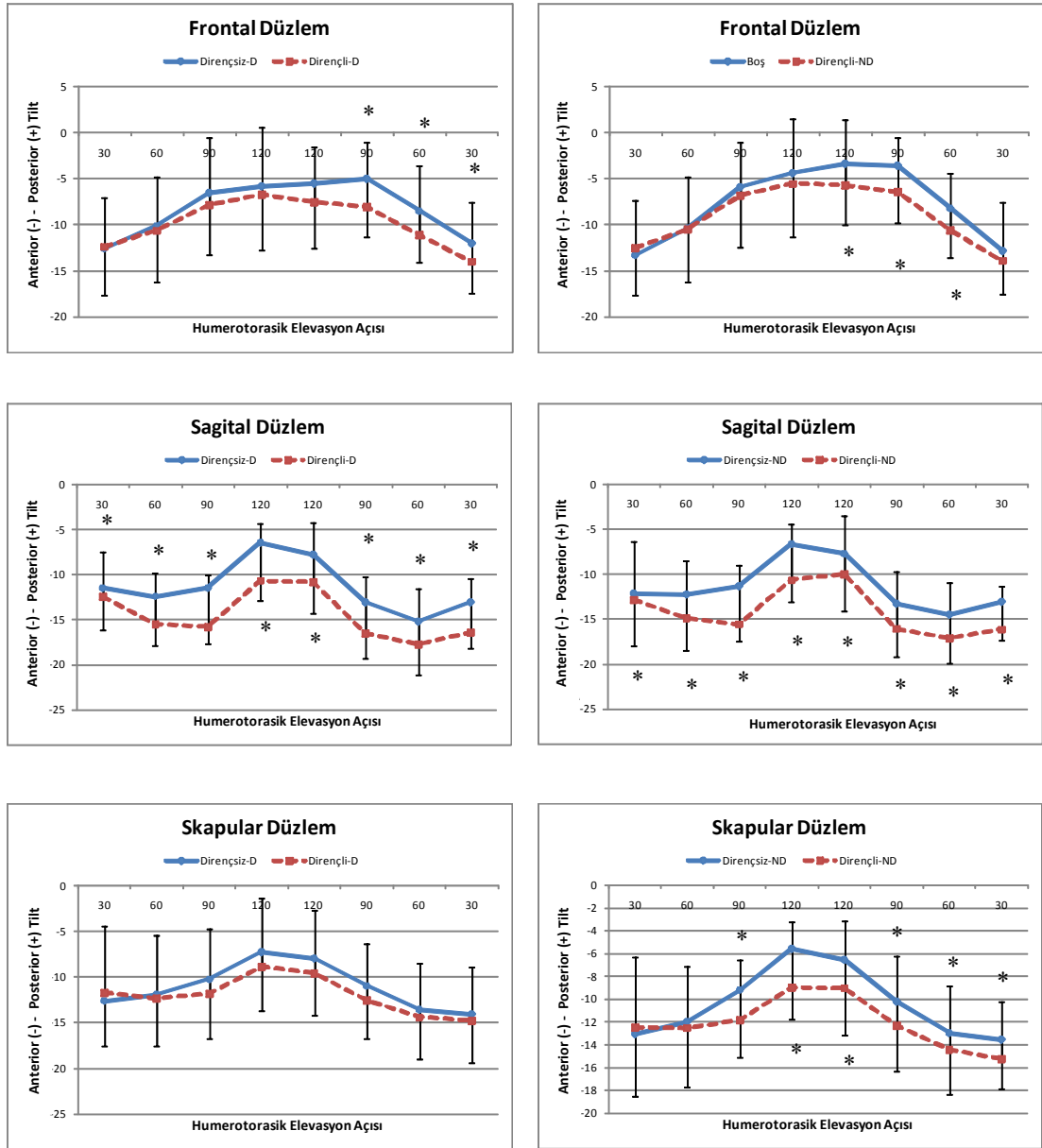
\* p<0.05

Şekil 4.2. Frontal, sagittal ve skapular düzlemlerde dominant (solda) ve nondominant (sağda) tarafta meydana gelen skapular internal-eksternal rotasyon



\* p<0.05

Şekil 4.3. Frontal, sagittal ve skapular düzlemlerde dominant (solda) ve nondominant (sağda) tarafta meydana gelen skapular yukarı-aşağı doğru rotasyon



\*  $p < 0.05$

Şekil 4.4. Frontal, sagittal ve skapular düzlemlerde dominant (solda) ve nondominant (sağda) tarafta meydana gelen skapular anterior-posterior tilt

#### 4.2.1. Elevasyonun Kaldırma Fazında Elde Edilen Kinematik Veriler:

##### 30° Humerotorasik Elevasyon

Frontal düzlemde, egzersizin 30. derecesinde dirençli ve dirençsiz gruplar arasında fark bulunmadı ( $p>0.05$ ). Sagittal düzlemde, dirençli grupta skapular internal rotasyon ( $p<0.001$ ), skapular aşağı doğru rotasyon ( $p<0.001$ ) ve skapular anterior tiltte ( $p<0.05$ ) artış bulundu. Skapular düzlemde ise, dirençli grupta skapular internal rotasyon ( $p<0.001$ ) ve skapular aşağı doğru rotasyonda ( $p<0.001$ ) artış saptandı.

Tablo 4.6. Elevasyonun kaldırma fazı kinematik analiz sonuçları (30°)

|                 |                             | ELEVASYONUN KALDIRMA FAZI: 30° |      |          |      |        |       |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------------|------|----------|------|--------|-------|
|                 |                             | Dominant                       |      |          |      |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                      |      | DİRENÇLİ |      | p      | t     |
|                 |                             | X                              | SD   | X        | SD   |        |       |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 23,04                          | 7,8  | 23,15    | 7,06 | .925   | - .95 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | 3,18                           | 5,3  | 3,56     | 5,23 | .370   | - .90 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -12,6                          | 5,04 | -12,4    | 5,3  | .641   | - .47 |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 39,11                          | 5,85 | 41,33    | 6,27 | <.001* | -5.1  |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | 1,43                           | 5,34 | 4,61     | 5,08 | <.001* | -8.11 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -11,5                          | 4,64 | -12,5    | 5,01 | .033*  | 2.23  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 31,97                          | 6,79 | 33,85    | 6,92 | .001*  | -3.68 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | 2,25                           | 5,09 | 5,06     | 4,94 | <.001* | -8.78 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -12,6                          | 4,96 | -11,7    | 5,89 | .264   | -1.13 |
|                 |                             | Nondominant                    |      |          |      |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                      |      | DİRENÇLİ |      | p      | t     |
|                 |                             | X                              | SD   | X        | SD   |        |       |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 18,33                          | 7,53 | 18,32    | 7,91 | .945   | - .70 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | 0,58                           | 5,94 | 0,86     | 5,27 | .805   | - .24 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -13,3                          | 4,29 | -12,5    | 5,17 | .098   | -1.70 |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 34,71                          | 6,87 | 37,62    | 7,64 | <.001* | -5.85 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -0,85                          | 5,33 | 2,3      | 5,28 | <.001* | -7.09 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -12,2                          | 4,31 | -12,9    | 4,87 | .012*  | 2.66  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 26,73                          | 7,42 | 29,63    | 6,55 | <.001* | -4.19 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -0,15                          | 4,53 | 2,37     | 4,79 | <.001* | -5.25 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -13,1                          | 4,34 | -12,5    | 5,06 | .189   | -1.34 |

\*  $p<0.05$

### 60° Humerotorasik Elevasyon

Frontal düzlemde, egzersizin 60. derecesinde dirençli ve dirençsiz veri grupları arasında fark yoktu ( $p>0.05$ ). Sagital düzlemde, dirençli grupta skapular internal rotasyon ( $p<0.001$ ) ve skapular anterior tiltte ( $p<0.001$ ) artış vardı. Skapular düzlemde ise dirençli grupta skapular internal rotasyon ( $p<0.001$ ) ve skapular aşağı doğru rotasyonda ( $p<0.001$ ) artış bulundu.

Tablo 4.7. Elevasyonun kaldırma fazı kinematik analiz sonuçları (60°)

|                 |                             | ELEVASYONUN KALDIRMA FAZI: 60° |      |          |      |        |       |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------------|------|----------|------|--------|-------|
|                 |                             | Dominant                       |      |          |      |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                      |      | DİRENÇLİ |      | p      | t     |
|                 |                             | X                              | SD   | X        | SD   |        |       |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 21,73                          | 8,56 | 21,46    | 8,33 | .526   | .64   |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -6,89                          | 6,41 | -6,82    | 6,06 | .946   | -.06  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -10,2                          | 6,07 | -10,7    | 5,83 | .358   | -.93  |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 45,55                          | 6,11 | 47,48    | 6,48 | .003*  | -3.17 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -7,79                          | 6,12 | -7,16    | 5,84 | .165   | -1.42 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -12,4                          | 5,47 | -15,5    | 5,70 | <.001* | 6.74  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 35,10                          | 7,70 | 37,10    | 7,43 | .008*  | -2.82 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -7,31                          | 5,53 | -4,91    | 5,64 | <.001* | -4.81 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -11,9                          | 5,60 | -12,4    | 5,91 | .769   | .29   |
|                 |                             | Nondominant                    |      |          |      |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                      |      | DİRENÇLİ |      | p      | t     |
|                 |                             | X                              | SD   | X        | SD   |        |       |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 17,44                          | 7,34 | 16,26    | 7,93 | .097   | 1.70  |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -9,82                          | 5,89 | -10,9    | 5,48 | .237   | 1.20  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -10,4                          | 5,75 | -10,5    | 5,68 | .830   | .21   |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 41,03                          | 7,40 | 44,07    | 8,71 | <.001* | -.60  |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -10,2                          | 5,51 | -9,80    | 6,25 | .547   | 5.62  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -12,3                          | 5,36 | -14,9    | 6,20 | <.001* | -2.82 |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 30,67                          | 7,34 | 32,58    | 7,11 | .001*  | -3.79 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -9,63                          | 5,00 | -7,72    | 5,29 | .006*  | -2.92 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -12,0                          | 5,35 | -12,5    | 5,58 | .126   | 1.57  |

\*  $p<0.05$

### 90° Humerotorasik Elevasyon

Frontal düzlemde, egzersizin 90. derecesinde dirençli ve dirençsiz veri grupları arasında fark bulunmadı ( $p>0.05$ ). Sagittal düzlemde, dirençli grupta skapular yukarı doğru rotasyon ( $p<0.05$ ) ve skapular anterior tiltte ( $p<0.001$ ) artış görüldü. Skapular düzlemde ise, dirençli grupta nondominant tarafta skapular anterior tiltte artış vardı ( $p<0.001$ ).

Tablo 4.8. Elevasyonun kaldırma fazı kinematik analiz sonuçları (90°)

|                 |                             | ELEVASYONUN KALDIRMA FAZI: 90° |      |          |       |        |       |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------------|------|----------|-------|--------|-------|
|                 |                             | Dominant                       |      |          |       |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                      |      | DİRENÇLİ |       | p      | t     |
|                 |                             | X                              | SD   | X        | SD    |        |       |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 22,52                          | 9,66 | 22,63    | 9,46  | .916   | -.10  |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -17,2                          | 7,30 | -17,0    | 8,67  | .868   | -,16  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -6,53                          | 6,78 | -7,90    | 6,08  | .057   | 1.97  |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 48,64                          | 6,62 | 49,32    | 7,33  | .366   | -.91  |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -17,6                          | 6,91 | -19,1    | 6,75  | .014*  | 2.59  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -11,5                          | 6,13 | -15,8    | 5,82  | <.001* | 7.44  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 37,89                          | 8,58 | 38,85    | 8,23  | .162   | -1.43 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -16,7                          | 6,46 | -15,8    | 7,29  | .137   | -1.52 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -10,3                          | 6,43 | -11,8    | 6,26  | .113   | 1.63  |
|                 |                             | Nondominant                    |      |          |       |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                      |      | DİRENÇLİ |       | p      | t     |
|                 |                             | X                              | SD   | X        | SD    |        |       |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 18,53                          | 7,86 | 17,74    | 8,46  | .184   | 1.36  |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -21,1                          | 7,25 | -22,0    | 7,45  | .402   | .84   |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -5,96                          | 6,48 | -6,85    | 5,78  | .204   | 1.29  |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 44,64                          | 8,25 | 45,28    | 11,11 | .466   | -.73  |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -20,2                          | 5,85 | -22,4    | 6,91  | .002*  | 3.33  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -11,3                          | 5,85 | -15,6    | 6,40  | <.001* | 7.98  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 33,56                          | 8,22 | 34,47    | 8,27  | .072   | -1.86 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -18,9                          | 5,66 | -19,1    | 6,37  | .784   | .27   |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -9,21                          | 6,08 | -11,8    | 6,10  | <.001* | 4.82  |

\*  $p<0.05$

### 120° Humerotorasik Elevasyon

Frontal düzlemde, egzersizin 120. derecesinde dirençli ve dirençsiz veri grupları arasında fark yoktu ( $p>0.05$ ). Sagital düzlemde, dirençli grupta skapular anterior tilt ve nondominant taraf skapular yukarı doğru rotasyonda artış bulundu ( $p<0.001$ ). Skapular düzlemde ise, dirençli grupta nondominant taraf skapular anterior tiltte artış belirlendi ( $p<0.001$ ).

Tablo 4.9. Elevasyonun kaldırma fazı kinematik analiz sonuçları (120°)

|                 |                             | ELEVASYONUN KALDIRMA FAZI: 120° |       |          |       |        |       |
|-----------------|-----------------------------|---------------------------------|-------|----------|-------|--------|-------|
|                 |                             | Dominant                        |       |          |       |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                       |       | DİRENÇLİ |       | p      | t     |
|                 |                             | X                               | SD    | X        | SD    |        |       |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 28,80                           | 11,55 | 29,76    | 11,02 | .297   | -.10  |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -26,9                           | 9,48  | -26,8    | 10,63 | .921   | -,10  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -5,82                           | 6,95  | -6,78    | 7,03  | .271   | 1.12  |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 45,55                           | 7,95  | 45,46    | 8,15  | .811   | .24   |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -25,9                           | 8,92  | -27,1    | 9,56  | .088   | 1.76  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -6,44                           | 6,40  | -10,7    | 6,34  | <.001* | 7.36  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 39,98                           | 9,70  | 40,27    | 9,43  | .589   | -.54  |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -25,5                           | 8,87  | -26,1    | 9,69  | .374   | .90   |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -7,26                           | 6,46  | -8,89    | 6,91  | .108   | 1.65  |
|                 |                             | Nondominant                     |       |          |       |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                       |       | DİRENÇLİ |       | p      | t     |
|                 |                             | X                               | SD    | X        | SD    |        |       |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 28,80                           | 11,55 | 29,76    | 11,02 | .297   | -1.24 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -26,9                           | 9,48  | -26,8    | 10,63 | .921   | -.68  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -5,82                           | 6,95  | -6,78    | 7,03  | .271   | 1.60  |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 45,55                           | 7,95  | 45,46    | 8,15  | .811   | .12   |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -25,9                           | 8,92  | -27,1    | 9,56  | .088   | 4.31  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -6,44                           | 6,40  | -10,7    | 6,34  | <.001* | 6.60  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 39,98                           | 9,70  | 40,27    | 9,43  | .589   | -1.41 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -25,5                           | 8,87  | -26,1    | 9,69  | .374   | 1.94  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -7,26                           | 6,46  | -8,89    | 6,91  | .108   | 5.15  |

\*  $p<0.05$

#### 4.2.2. Elevasyonun İndirme Fazında Elde Edilen Kinematik Veriler

##### 120° Humerotorasik Elevasyon

Frontal düzlemde, egzersizin indirme fazının 120. derecesinde dirençli grupta skapular anterior tiltte, dominant tarafta ayrıca skapular internal rotasyonda artış bulundu ( $p<0.05$ ). Sagital düzlemde, dirençli grupta skapular anterior tiltte artış bulundu ( $p<0.001$ ). Skapular düzlemde ise, dirençli grupta nondominant tarafta skapular anterior tiltte artış vardı ( $p<0.001$ ).

Tablo 4.10. Elevasyonun indirme fazı kinematik analiz sonuçları (120°)

|                 |                             | ELEVASYONUN İNDİRME FAZI: 120° |       |          |       |        |       |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------------|-------|----------|-------|--------|-------|
|                 |                             | Dominant                       |       |          |       |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                      |       | DİRENÇLİ |       | p      | t     |
|                 |                             | X                              | SD    | X        | SD    |        |       |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 29,81                          | 11,62 | 31,82    | 11,26 | .042*  | -2.12 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -26,9                          | 9,50  | -26,6    | 9,96  | .638   | -,47  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -5,53                          | 7,06  | -7,59    | 7,49  | .012*  | 2.66  |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 44,79                          | 8,29  | 45,04    | 8,85  | .861   | -.17  |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -26,2                          | 9,08  | -26,3    | 9,59  | .941   | -.07  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -7,76                          | 6,54  | -10,9    | 6,64  | <.001* | 5.40  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 39,92                          | 10,02 | 41,16    | 9,51  | .095   | -1.72 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -25,3                          | 9,13  | -25,5    | 9,37  | .697   | .39   |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -7,97                          | 6,22  | -9,58    | 7,55  | .139   | 1.52  |
|                 |                             | Nondominant                    |       |          |       |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                      |       | DİRENÇLİ |       | p      | t     |
|                 |                             | X                              | SD    | X        | SD    |        |       |
|                 |                             | X                              | SD    | X        | SD    |        |       |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 25,19                          | 9,93  | 26,90    | 11,51 | .215   | -1.26 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -31,2                          | 8,49  | -31,0    | 8,29  | .792   | -.26  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -3,36                          | 6,66  | -5,76    | 7,14  | .006*  | 2.92  |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 40,02                          | 9,71  | 40,39    | 10,21 | .477   | -.72  |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -30,4                          | 7,86  | -30,2    | 8,35  | .751   | -.32  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -7,73                          | 6,43  | -10,0    | 6,24  | <.001* | 4.11  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 34,77                          | 8,78  | 35,65    | 9,05  | .230   | -1.22 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -28,8                          | 8,32  | -29,5    | 8,26  | .130   | 1.55  |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -6,55                          | 6,22  | -9,05    | 5,74  | <.001* | 4.09  |

\*  $p<0.05$

### 90° Humerotorasik Elevasyon

Frontal düzlemde, egzersizin indirme fazının 90. derecesinde dirençli grupta skapular aşağı doğru rotasyon ( $p<0.05$ ) ve skapular anterior tiltte ( $p<0.001$ ) artış bulundu. Sagital düzlemde, dirençli grupta skapular aşağı doğru rotasyon ( $p<0.001$ ) ve skapular anterior tiltte ( $p<0.001$ ), nondominant tarafta ayrıca internal rotasyonda ( $p<0.05$ ) artış saptandı. Skapular düzlemde, dirençli grupta skapular internal rotasyon ( $p<0.05$ ) ve skapular aşağı doğru rotasyonda ( $p<0.05$ ), nondominant tarafta ayrıca skapular anterior tiltte ( $p<0.001$ ) artış belirlendi.

Tablo 4.11. Elevasyonun indirme fazı kinematik analiz sonuçları (90°)

|                 |                             | ELEVASYONUN İNDİRME FAZI: 90° |      |          |      |        |       |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|------|----------|------|--------|-------|
|                 |                             | Dominant                      |      |          |      |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                     |      | DİRENÇLİ |      | p      | t     |
|                 |                             | X                             | SD   | X        | SD   |        |       |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 22,71                         | 9,39 | 22,17    | 8,95 | .453   | .76   |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -19,5                         | 7,96 | -17,0    | 7,93 | .001*  | -3.80 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -5,04                         | 6,30 | -8,09    | 6,51 | <.001* | 4.54  |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 47,65                         | 7,21 | 48,80    | 7,70 | .112   | -1.63 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -19,0                         | 6,72 | -17,6    | 6,79 | .002*  | -3.31 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -13,1                         | 6,17 | -16,5    | 6,29 | <.001* | 5.94  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 36,90                         | 8,44 | 38,54    | 8,22 | .013*  | -2.64 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -16,8                         | 6,76 | -15,4    | 7,00 | .008*  | -2.82 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -10,9                         | 5,80 | -12,6    | 7,14 | .164   | 1.42  |
|                 |                             | Nondominant                   |      |          |      |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                     |      | DİRENÇLİ |      | p      | t     |
|                 |                             | X                             | SD   | X        | SD   |        |       |
|                 |                             | X                             | SD   | X        | SD   | p      | t     |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 17,30                         | 8,89 | 16,79    | 9,38 | .405   | .84   |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -22,6                         | 7,02 | -20,9    | 6,95 | .043*  | -2.11 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -3,63                         | 6,16 | -6,43    | 5,86 | <.001* | 2.92  |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 43,62                         | 8,89 | 45,00    | 9,88 | .034*  | -2.22 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -22,8                         | 6,89 | -20,6    | 6,52 | .001*  | -3.63 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -13,3                         | 6,06 | -16,1    | 6,54 | <.001* | 5.34  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 31,90                         | 8,80 | 33,52    | 8,67 | .003*  | -3.19 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -20,0                         | 6,40 | -18,6    | 6,84 | .011*  | -2.71 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -10,2                         | 5,87 | -12,3    | 5,32 | <.001* | 4.24  |

\*  $p<0.05$

### 60° Humerotorasik Elevasyon

Frontal düzlemde, egzersizin indirme fazının 60. derecesinde dirençli grupta skapular aşağı doğru rotasyon ve skapular anterior tiltte artış vardı ( $p<0.001$ ). Sagittal düzlemde, dirençli grupta skapular aşağı doğru rotasyon ve skapular anterior tiltte, nondominant tarafta ise ayrıca internal rotasyonda artış bulundu ( $p<0.001$ ). Skapular düzlemde, dirençli grupta skapular internal rotasyon ve skapular aşağı doğru rotasyonda, nondominant tarafta ise ayrıca skapular anterior tiltte artış bulundu ( $p<0.001$ ).

Tablo 4.12. Elevasyonun indirme fazı kinematik analiz sonuçları (60°)

|                 |                             | ELEVASYONUN İNDİRME FAZI: 60° |      |          |      |        |       |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|------|----------|------|--------|-------|
|                 |                             | Dominant                      |      |          |      |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                     |      | DİRENÇLİ |      | p      | t     |
|                 |                             | X                             | SD   | X        | SD   |        |       |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 20,39                         | 9,19 | 20,41    | 8,79 | .996   | -.01  |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -10,1                         | 6,75 | -6,10    | 6,27 | <.001* | -5.93 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -8,52                         | 5,58 | -11,1    | 5,96 | <.001* | 4.57  |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 46,32                         | 6,66 | 47,73    | 6,78 | .074   | -1.84 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -9,31                         | 6,13 | -6,48    | 5,30 | <.001* | -4.37 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -15,2                         | 5,88 | -17,8    | 6,27 | <.001* | 4.72  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 34,88                         | 8,37 | 36,81    | 8,07 | .006*  | -2.92 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -7,61                         | 5,50 | -3,39    | 5,87 | <.001* | -7.58 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -13,6                         | 5,35 | -14,4    | 6,88 | .479   | .71   |
|                 |                             | Nondominant                   |      |          |      |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                     |      | DİRENÇLİ |      | p      | t     |
|                 |                             | X                             | SD   | X        | SD   |        |       |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 14,99                         | 8,15 | 15,19    | 9,20 | .760   | -.30  |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -12,3                         | 6,00 | -9,54    | 6,21 | .004*  | -3.09 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -8,22                         | 5,31 | -10,6    | 6,15 | .001*  | 3.67  |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 41,41                         | 8,33 | 43,70    | 9,21 | .002*  | -3.42 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -12,6                         | 7,07 | -8,64    | 6,08 | <.001* | -5.93 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -14,5                         | 6,22 | -17,2    | 6,43 | <.001* | 5.34  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 29,28                         | 8,20 | 31,52    | 7,82 | .002*  | -3.42 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -9,97                         | 5,44 | -5,95    | 6,15 | <.001* | -5.44 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -12,9                         | 5,67 | -14,4    | 5,44 | .007*  | 2.86  |

\*  $p<0.05$

### 30° Humerotorasik Elevasyon

Frontal düzlemde, egzersizin indirme fazının 30. derecesinde dirençli grupta dominant taraf skapular aşağı doğru rotasyon ve skapular anterior tiltte artış vardı ( $p<0.001$ ). Sagital düzlemde, dirençli grupta skapular aşağı doğru rotasyon ve skapular anterior tiltte, nondominant tarafta ise ayrıca skapular internal rotasyonda artış belirlendi ( $p<0.001$ ). Skapular düzlemde ise, dirençli grupta skapular aşağı doğru rotasyonda ( $p<0.001$ ), dominant taraf skapular internal rotasyonda ( $p<0.05$ ), nondominant tarafta ise skapular anterior tiltte artış bulundu ( $p<0.001$ ).

Tablo 4.13. Elevasyonun indirme fazı kinematik analiz sonuçları (30°)

|                 |                             | ELEVASYONUN İNDİRME FAZI: 30° |      |          |      |        |       |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|------|----------|------|--------|-------|
|                 |                             | Dominant                      |      |          |      |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                     |      | DİRENÇLİ |      | p      | t     |
|                 |                             | X                             | SD   | X        | SD   |        |       |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 21,06                         | 8,49 | 21,65    | 8,03 | .286   | -1.08 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -0,38                         | 5,51 | 2,56     | 6,41 | <.001* | -6.54 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -12,0                         | 5,34 | -14,0    | 5,75 | .001*  | 3.66  |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 42,12                         | 6,69 | 43,04    | 6,55 | .214   | -1.27 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | 1,57                          | 5,75 | 5,60     | 5,54 | <.001* | -5.47 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -13,7                         | 5,07 | -16,4    | 6,05 | <.001* | 4.40  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 32,88                         | 7,99 | 34,38    | 7,57 | .034*  | -2.21 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | 3,15                          | 5,09 | 6,95     | 5,79 | <.001* | -6.93 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -14,1                         | 5,29 | -14,8    | 7,30 | .570   | .57   |
|                 |                             | Nondominant                   |      |          |      |        |       |
|                 |                             | DİRENÇSİZ                     |      | DİRENÇLİ |      | p      | t     |
|                 |                             | X                             | SD   | X        | SD   |        |       |
|                 |                             | X                             | SD   | X        | SD   | p      | t     |
| FRONTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 15,88                         | 7,71 | 16,28    | 8,41 | .528   | -.63  |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -2,15                         | 6,07 | -0,44    | 5,65 | .067   | -1.89 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -12,8                         | 4,76 | -13,9    | 6,41 | .150   | 1.47  |
| SAGİTAL DÜZLEM  | İnternal-eksternal rotasyon | 37,27                         | 7,54 | 39,03    | 8,55 | .002*  | -3.31 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | -1,06                         | 6,02 | 3,67     | 6,01 | <.001* | -7.44 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -13,1                         | 5,79 | -16,2    | 6,58 | <.001* | 6.56  |
| SKAPULAR DÜZLEM | İnternal-eksternal rotasyon | 27,49                         | 8,10 | 28,90    | 8,00 | .064   | -1.92 |
|                 | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | 0,90                          | 4,67 | 4,05     | 6,09 | <.001* | -4.57 |
|                 | Anterior-posterior tilt     | -13,6                         | 5,42 | -15,2    | 6,20 | <.001* | 4.44  |

\*  $p<0.05$

#### 4.2.3. Hareket Düzlemleri Arasındaki Değişim Miktarı Farkı

- Tüm elevasyon periyodu (kaldırma ve indirme) boyunca meydana gelen değişim miktarı (tablo 4.14.):

Dominant tarafta, sagittal düzlemde elevasyona direnç eklenmesi ile skapular anterior-posterior tiltte meydana gelen değişim miktarı frontal düzlemde ve skapular düzlemde meydana gelen değişim miktarından daha fazla bulundu ( $p<0.001$ ). Nondominant tarafta ise, sagittal düzlemde elevasyona direnç eklenmesi ile skapular anterior-posterior tiltte meydana gelen değişim miktarı skapular düzlemde meydana gelen değişimden daha fazladır ( $p<0.001$ ).

- Elevasyonun kaldırma fazı boyunca meydana gelen değişim miktarı:

Dominant tarafta, sagittal düzlemde elevasyona direnç eklenmesi ile skapular anterior-posterior tiltte meydana gelen değişim miktarı frontal düzlemde ve skapular düzlemde meydana gelen değişimden daha fazla bulundu ( $p<0.001$ ). Nondominant tarafta ise, sagittal düzlemde nondominant taraf elevasyona direnç eklenmesi ile skapular anterior-posterior tiltte meydana gelen değişim skapular düzlemde meydana gelen değişim miktarından daha fazladır ( $p<0.05$ ).

- Elevasyonun indirme fazı boyunca meydana gelen değişim miktarı:

Dominant tarafta, sagittal düzlemde gerçekleştirilen elevasyona direnç eklenmesi ile skapular anterior-posterior tiltte meydana gelen değişim miktarı skapular düzlemde meydana gelen değişimden daha fazladır ( $p<0.001$ ).

Tablo 4.14. Hareket düzlemleri arasındaki değişim miktarı farkı (°)

|                                   |                             | Frontal Düzlem | Sagittal Düzlem | Skapular Düzlem | p      |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------|
| Dominant                          | İnternal-eksternal rotasyon | 2.35±2.92      | 2.19±2.63       | 2.2±3.04        | .696   |
|                                   | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | 2.53±3.10      | 2.53±3.10       | 2.52±2.95       | .784   |
|                                   | Anterior-posterior tilt     | 2.08±3.11      | 3.18±3.25       | 1.88±3.01       | <.001* |
| Nondominant                       | İnternal-eksternal rotasyon | 2.25±2.99      | 2.43±3.16       | 2.44±3.52       | .823   |
|                                   | Yukarı-aşağı doğru rotasyon | 2.60±3.00      | 2.80±3.67       | 2.50±3.21       | .328   |
|                                   | Anterior-posterior tilt     | 2.33±3.13      | 2.82±4.02       | 1.92±2.69       | .003*  |
| *p<0.05, M ± IQR, dominant taraf. |                             |                |                 |                 |        |

## 5.TARTIŞMA

Bu çalışmada dirençli ve dirençsiz şekilde yapılan kol elevasyon egzersizi esnasında skapular kinematik incelendi ve elastik bant ile yapılan elevasyon ile dirençsiz yapılan elevasyon sırasında gözlenen skapular kinematik farklılıklar gösterdi.

Skapular kinematiği analiz etmek için kullanılan elektromagnetik sistem omuz kompleksinin pozisyon ve oryantasyonunu 3 boyutlu bir şekilde açıklayabilen geçerli bir yöntemdir (77). Dirençli ve dirençsiz egzersizlerin aynı gün içerisinde, sensörlerin pozisyonunun değiştirilmeden analiz edilmesi ve egzersizler arasında yeterli dinlenme süresinin verilmesi elde ettiğimiz sonuçların gücünü arttırdığı düşünülmektedir. Ayrıca hareket yavaş veya hızlı bir şekilde yapıldığında skapular kinematik değişebileceğinden dolayı (2) kinematik analiz esnasında hareketin hızı saniyede 60° olacak şekilde metronom kullanılarak kontrol edildi. Böylelikle dirençsiz ve dirençli hareketler için de bu hız sabit tutularak hız faktörünün etkisi ortadan kaldırıldı.

Bu çalışmada özellikle yüklenme esnasında üç boyutlu skapula hareketlerinin nasıl etkileneceğini araştırmayı hedeflediğimizden direnç miktarını kişiye özel belirleyerek yüklenme miktarını standardize ettik. Andersen ve diğ. (15), kişiye özel seçilen elastik bant direnci ile yapılan abduksiyonda trapez kasında ortalama %60'lık ve deltoid kasının orta parçasında ortalama %70'lik kassal aktivasyon belirlemiştir. Bu seviyedeki kassal aktivasyon rehabilitasyonda istenilen fizyolojik etkileri oluşturabilecek düzeydedir (107).

Çalışmanın gücünü arttıran diğer faktörlerden biri ise örneklemin dahil edilme kriterleridir. Yaş (108), cinsiyet (109,110), eklem hareket açıklığı (61), ağrı, yaralanma durumu, instabilite varlığı (67,69), ve spor (6,111) gibi faktörler omuz kinematiğini değiştirebilmektedir. Artan yaş ile skapular pozisyonunda değişiklik meydana gelebileceğinden (108) çalışmaya 21-25 yaş arası erişkinler dahil edildi. Baş üstü sporlarla ilgilenen kişilerde skapular postür asimetric olabileceğinden dolayı, dominant ve nondominant tarafta farklı hareket paternleri yerleştirebilecek herhangi bir mesleki veya sportif risk faktörlerine sahip bireyler ile asimetric eklem hareket açıklığı olan bireyler çalışmaya dahil edilmedi. Ayrıca örnekleimde dominant

ve nondominant tarafta kassal kuvvet, pektoralis minör, posterior kapsül kısalığı ve yuvarlak omuz postüründe bir fark yoktu.

Literatürde farklı eksternal yüklenme seviyelerinin skapular kinematik ve skapulohumeral ritim üzerine etkisi birkaç çalışmada gösterilmiştir (8,13,19-22). Fakat bu çalışmalarda genel olarak serbest ağırlıklar kullanılmış, kişiye özel yüklenme uygulanmamış, hareket tek bir düzlemde gerçekleştirilmiş, dinamik olmayan (statik) hareketler ile analiz yapılmış ve farklı değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır. Bu sebeple bu çalışmanın sonuçlarını literatür ile tartışırken çelişkili çıkabilecek sonuçların birçok nedeni olabilir.

Omuz elevasyonun kaldırma fazına bakıldığında literatür ile benzer şekilde skapular yukarı doğru rotasyon, posterior tilt ve internal rotasyon hareket paterni gözlemlendi (34,45,59,67,112). Literatürde skapular internal rotasyonun değişmediğine ya da azaldığına dair kanıtlar da bulunmaktadır. Bu farklılık temelde bireyler arasında görülen skapular hareket varyasyonlarından kaynaklanmaktadır (20).

Yukarı doğru rotasyon, skapulada meydana gelen en büyük hareket açıklığına sahip primer harekettir. Özellikle, yukarı doğru rotasyon omuz hareketlerinin kalite göstergesi olarak kabul edilir ve skapulohumeral ritim hesaplanırken kullanılır (13). Çalışmamızda elevasyonun kaldırma fazında abduksiyon egzersizine elastik direnç eklenmesiyle skapular kinematikte istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik meydana gelmedi. Frontal düzlemdeki bu sonuçlar literatür ile benzerlik göstermektedir. De Groot ve diğ. (20), el bileğine bağlanan farklı ağırlıkların (0.9, 1.9 ve 2.9 kg) omuz abduksiyonu sırasında skapular hareketleri etkilemediğini göstermiştir. Benzer şekilde Michiels ve diğ. (19), 1-2 kilogramlık direncin omuz kinematikliğini üzerine etkisini 2 boyutlu röntgen ile incelemiş ve herhangi bir farklılık bulmamıştır. Aynı zamanda bahsedilen sonuçları desteklemeyen çalışmalar da mevcuttur. Pascoal ve diğ. (13), 4 kilografa kadar uygulanan eksternal yüklenmenin skapulohumeral ritim üzerine olan etkisinin artan ağırlıktan bağımsız olduğunu belirtmiştir. Forte ve diğ. (8) ise, yüklenmenin (3 ve 4 kg) 60 ve 90° abduksiyonda skapular yukarı doğru rotasyonu arttırdığını göstermiştir. Bu sonuçlarla olan tutarsızlık nispeten daha ağır bir yüklenme denemelerinden kaynaklanabilir. Çalışmamızda 60 ve 90°'deki abduksiyonda ortalama %91 ve %141'lik uzama yüzdesi ile sıklıkla mavi ve siyah bantlar kullanıldı. Bu durumda harekete yaklaşık olarak 3.2 kg ile 5.6 kg şiddetinde

bir direnç uygulanmış oldu. Ancak kişiye özel belirlenen bu yüklenme şiddeti skapular yukarıyaşığı doğru rotasyonu etkilemedi.

Elevasyonun kaldırma fazında fleksiyon ve *scaption* egzersizlerine direnç eklenmesi ile elevasyonun alt seviyelerinde (30 ve 60 derece) yukarı doğru rotasyon azaldı. Kon ve diğ. (21), benzer sonuçları 3 kilogramlık ağırlık ile yaptıkları çalışmada elevasyonun 35 ve 45°'lerinde elde etmiştir. Benzer şekilde McQuade ve diğ. (22), skapular düzlemde hafif ve ağır yüklenmeler ile skapulohumeral ritmin arttığını savunmaktadır. Elevasyonun indirme fazına bakıldığında, 3 hareket düzleminde de dirençli harekettin 90° ve altındaki seviyelerinde yukarı doğru rotasyonda azalma bulundu. Bu cevap, egzersizin hem konsantrik hem de eksantrik fazının alt seviyelerinde skapulanın hareketliliğinin azaldığını düşündürmüştür. Inman ve diğ. (3), skapulanın glenohumeral harekete izin verme amaçlı elevasyonun ilk 30-60°'sinde hareketsiz kaldığını ya da minimal laterale doğru yer değiştirdiğini belirtmiştir. Bu seviyelerde yukarı doğru rotasyonda meydana gelen azalma glenohumeral hareket için daha stabil bir ortam sağlama amaçlı olabilir.

Omuz fleksiyonu sırasında meydana gelen skapular anterior tilt ile skapular yukarı doğru rotasyon bağımlı ve eş zamanlı hareketlerdir (113). Çalışmamızda direnç ile fleksiyonun üst seviyelerinde yukarı doğru rotasyon arttı. Bununla birlikte, dirençli fleksiyonda gözlediğimiz skapular anterior tiltteki artış düşünüldüğünde, 90 ve 120° humeral hareket aralığında daha fazla skapular katılım beklentisi doğaldır. Bununla beraber bu hareket aralığı, skapulanın kas dinamiği desteği ile glenohumeral hareketi açığa çıkarttığı en önemli derecelerdir (114). Ayrıca, skapular yukarı doğru rotasyonun azalması ile subakromiyal sıkışma sendromu ilişkilendirilmektedir (59). Endo ve diğ. (69), yukarı doğru rotasyon kaybı ile özellikle 90°'lik elevasyonun sıkışma bölgesi olarak tanımlamışlardır. Bu sebeple skapular yukarı doğru rotasyondaki bu artış akromionu subakromiyal boşluktaki yapılardan uzak tutmak için geliştirilmiş bir adaptasyon olabilir. Böylelikle subakromiyal sıkışma önlenabilir.

Dirençli ve dirençsiz egzersizde skapular tiltte meydana gelen değişikliklere bakıldığında frontal düzlemde elevasyonun kaldırma fazında herhangi bir değişiklik gözlenmezken, indirme fazında skapular posterior tiltte azalma gözlendi. Bu sonuçların aksine Forte ve diğ. (8), dirençli abduksiyonun 60°'sinde daha fazla

skapular posterior tilt kaydetmiştir. Bu sonuçlar 6 saniye boyunca statik pozisyonun korunmasını gerektiren videogrametri ile elde edildiğinden dolayı farklılık gösterebilir. Ayrıca skapular düzlemde dominant tarafta analiz edilen tüm seviyelerde skapular tiltte herhangi bir değişiklik gözlenmezken, nondominant tarafta elevasyonun kaldırma fazının üst seviyelerinde ve tüm indirme fazı boyunca skapular posterior tilt azaldı. Hareketin fazları ve dominantlık durumu gibi alt gruplarda simetrik sonuçlar alınmaması bu faktörler arasındaki kinetik ve kinematik değişikliklerden kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca, izotonik egzersizler gibi elastik bant ile yapılan egzersizlerde ekstremitenin kısalma fazında konsantrik, uzama fazında eksantrik kontraksiyon elde edildiği bilinmektedir. Eksantrik fazda konsantrik faza göre daha fazla miktarda kassal güç oluşması omuz egzersizlerinde göz önünde bulundurulması gereken bir unsurdur. Page ve diğ. (91), eksantrik fazda serbest ağırlıklara göre elastik dirençle daha fazla kassal aktivasyon elde etmiştir. Ebaugh ve diğ. (43), omuz elevasyonunun kaldırma ve indirme fazında meydana gelen skapular hareketleri benzer bulmuş, fakat indirme fazında trapezin üst ve alt parçaları ile serratus anteriorun aktivasyonunda azalma olduğunu belirtmiştir. Bu sonuçlar kolu kaldırma ve indirme fazında farklı nöromusküler kontrol stratejileri olabileceğini göstermiştir (43). Borstad ve diğ. (45) ise, özellikle indirme fazında 80° ve üzerinde internal rotasyonda artış, anterior tiltte azalma gözlerken, yukarı-aşağı doğru rotasyonda herhangi bir değişiklik bulmamıştır. Crosbie ve diğ. (113), fleksiyonda nondominant tarafta dominant tarafa göre daha fazla yukarı doğru rotasyon meydana geldiğini belirtmiştir. Bu sebeple, nondominant tarafta aynı açıklıktaki hareketi gerçekleştirebilmek için dominant taraf daha fazla humeroskapular elevasyon yapmak zorunda kalır (113). Bu üst ekstremité kaslarının kuvvetindeki asimetri ile ilişkili olabilir (22,113). Bu durumu destekleyen bir çalışmada ise (115), dominant ve nondominant tarafta skapulohumeral ritmin benzer olduğu fakat trapez kasının alt parçası, deltoid kasının orta parçası ve serratus anteriorun kassal aktivasyonunun dominant tarafta daha fazla olduğu belirtilmiştir. Bu sebeple farklı hareket fazları ve dominantlık durumu arasında, kişiye özel belirlenen elastik bant ile farklı kinematik cevaplar doğabilir.

Hareket düzlemleri arasında, dirençli ve dirençsiz yapılan elevasyon egzersizleri sırasında meydana gelen kinematik değişim miktarı karşılaştırıldığında

düzlemler arası skapular internal-eksternal rotasyon ve yukarı-aşağı doğru rotasyonda fark bulunmadı. Ancak, skapular tiltte meydana gelen değişim miktarı sagittal düzlemde en fazlaydı. Aynı zamanda, fleksiyon boyunca egzersize elastik direnç eklenmesiyle analiz edilen tüm seviyelerde skapulanın posterior tiltte azaldığı görüldü. Pascoal ve diğ. (13) elektromagnetik sistem kullanarak omuz kinematiğini değerlendirmiş, özellikle skapular tilt açısının fleksiyon boyunca eksternal yüklenmeden etkilendiğini belirtmiştir. Bu sonuçlar, omuz fleksiyonu ve skapular tiltin hareket düzleminin anterior-posterior yönde olmasından ya da humerusun sagittal düzlemde konumlanmasıyla posterior kapsül gibi yumuşak dokuların pasif geriminin fazla olmasından kaynaklanabilir (116,117).

Elevasyon esnasında skapular kinezinin geliştirilmesi terapötik bir hedef iken, elevasyon egzersizi esnasında üç boyutlu skapula hareketlerinden skapular tiltin en fazla sagittal düzlemde etkilenmesi, etkili egzersiz tedavisi uygulanması açısından diğer düzlemlerin seçilmesini daha doğru kılar. Hareket edilen düzlemin skapulohumeral ritim üzerine etkisini araştıran çalışmalarda skapular düzlemin omuz ekleminde mobilite ve stabilite sağlayan en nötral düzlem olduğu belirtilmiştir (13,118). Dirençli ve dirençsiz gruplar karşılaştırıldığında dominant taraf skapular tiltte tüm seviyelerde ve diğer skapular rotasyonlarda  $90^\circ$ 'nin üzerinde herhangi bir değişiklik gözlenmemesi açısından *scaption* avantajlıdır. Abdüksiyonda ise dirençli ve dirençsiz gruplar karşılaştırıldığında elevasyonun kaldırma fazında skapular rotasyonlarda herhangi bir değişiklik meydana gelmemesi nedeniyle frontal düzlem de avantajlıdır. Akılda bulundurulması gereken bir diğer nokta ise humeral rotasyonun skapular hareketleri etkileyebileceğidir. Humerus internal rotasyonda iken (*empty-can* pozisyonu) skapular internal rotasyon ve anterior tiltin arttığı ve subakromiyal boşluğun daraldığı bilinmektedir (119). Bu nedenle omuz elevasyon egzersizi boyunca baş parmak yukarıya bakacak şekilde (*full-can* pozisyonu) tercih edilmelidir.

De Groot ve diğ. (20) ile Forte ve diğ. (8) omuz abdüksiyonu sırasında artan ağırlıkla skapular internal-eksternal rotasyon açısının etkilenmediğini göstermiştir. Benzer şekilde elastik bant ile yapılan abdüksiyon egzersizinde bir seviye dışında skapular internal-eksternal rotasyonda herhangi bir değişiklik meydana gelmediği görüldü. Elastik bant ile yapılan fleksiyon ve *scaption* egzersizlerine bakıldığında,

kaldırma fazında 30 ve 60°'de skapular internal rotasyonda artış görüldü. İndirme fazında ise, 90° ve altında görülen internal rotasyondaki artış dominant ve nondominant tarafta farklı seviyelerde meydana geldi. Bu sonuçların aksine, Pascoal ve diğ. (13) izotonik direncin abdüksiyon ve *scaption* hareketlerinde internal rotasyonu azalttığını belirtmiştir. Ancak bu çalışmada da elektromagnetik sistem ile değerlendirme yapmalarına rağmen farklı bir sensör kullanmaları nedeniyle analiz statik pozisyonun korunmasını gerektirmiştir. Bulgulardaki farklılığın nedeni bu sebepten kaynaklanabilir.

Artmış internal rotasyonun (klinikte protraksiyon veya kanatlaşma da denmektedir) subakromiyal boşluğu daraltan bir faktör olduğu bilinmektedir (10). Bu durumda elevasyon esnasında humerusun büyük tüberkülü akromionun altından serbest bir şekilde geçemeyeceğinden dirençli egzersiz esnasında meydana gelen internal rotasyondaki artış sekonder sıkışma sendromuna neden olabilir (120).

Genel olarak dirençli ve dirençsiz harekette meydana gelen skapular hareketler daha az eksternal rotasyon, yukarı doğru rotasyon ve posterior tilt şeklindedir. Skapulanın yüklenmeye karşı olan bu stabilizasyon cevabı merkezi sinir sisteminin glenohumeral hareketi stabil bir zemin üzerinde sağlayabilmesi amacıyla skapular hareketliliği azaltmasından kaynaklanıyor olabilir. Omuz elevasyonu hareket açıklığı boyunca omuz ekleminde meydana gelen eksternal moment 90° etrafında en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. Bu durumda eklemden harekete devam edebilmek için kaslar tarafından oluşturulan internal momentin eksternal momentten daha fazla olması gerekmektedir. Elevasyona direnç eklenmesi ile skapula yeniden pozisyonlanarak glenoid fossanın optimal bir konuma getirilebilir ve humeral başın düzgün hareketine izin vermesi sağlanabilir. Bu bağlamda elde ettiğimiz sonuçlar dinamik skapular stabilizasyonun skapular pozisyon değişikliklerini göstermektedir. Sağlıklı omuzlarda elde ettiğimiz bu skapular kinematik değişikliği dirence karşı gösterilen normal cevap olarak kabul edilebilir. Ancak skapular kinematik değişikliklerinin yaralanmaya götüren bir neden mi yoksa doğal bir kompensasyon mu olduğu henüz belirlenememiştir.

Dirençli ve dirençsiz yapılan omuz elevasyon egzersizi boyunca skapular kinematikte meydana gelen değişim miktarı her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı olsa da 4°'den küçüktü. Uhl ve diğ. (104), skapular diskinezis varlığını 7°-9°'lik

asimetri olarak kabul etmiştir. Ayrıca rotator kılıf tendinopatisi bulunan kişilerde skapular posterior tilt yaklaşık  $10^\circ$  kadar azalmıştır (67). Bu nedenle meydana gelen yaklaşık %11'lik değişim miktarı oranı kişiye özel belirlenmiş şiddetteki elastik bant ile yapılan omuz elevasyon egzersizi güvenli sayılabilir ve klinikte kullanımı önerilebilir. Ancak farklı direnç tiplerinin ve seviyelerinin etkisini ve uzun dönemde meydana gelebilecek değişiklikleri anlamak amacıyla ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bu çalışmanın bir takım limitasyonları da mevcuttur. İlk olarak, elastik bantla yapılan elevasyon egzersizi esnasında meydana gelen kassal aktivasyon paternlerinin elektromiyografi (EMG) ile incelemesi yapılmamıştır. Periskapular ve omuz kuşağı kaslarının EMG ile incelenmesi merkezi sinir sisteminin nöromusküler cevapları hakkında bilgi verebilir. Ayrıca, çalışmamıza sağlıklı omuzları dahil etmemize rağmen kişisel nöromusküler farklılıkları dinamik olarak test etmedik. Nöromusküler kontrolü yeterli olmayan kişilerde yeniden pozisyonlama yetersiz olabileceğinden kinematik bozukluklar görülebilir. Ancak glenohumeral ve periskapular kas kuvvetleri, glenohumeral eklem hareket açıklığı, çevre yumuşak doku esnekliği ve omuz postürü değerlendirilen bireylerin dominant ve nondominant taraf verilerinde bir farklılık olmadığından homojen bir grupta analiz yaptığımızı düşünüyoruz. Öte yandan omuz bölgesini içeren patolojilerde kassal kuvvet ve yumuşak doku esnekliği ile birlikte skapular diskinezis sağlıklı omuzlara göre daha belirgindir. Bu sebeple elastik bantla yapılan omuz elevasyon egzersizi esnasında meydana gelen skapular hareketlerdeki farklılıkların omuz problemlerinde daha fazla olabileceğini düşünüyoruz ve araştırmaya değer buluyoruz.

Normal kabul ettiğimiz kinematik değişiklikler artmış internal rotasyon ve aşağı doğru rotasyon paterni şeklinde olduğundan subakromiyal boşluğun hacminin araştırılması diğer bir çalışma konusu olabilir. Genel olarak egzersiz sırasında artan internal rotasyon azalan yukarı doğru rotasyonla birlikte subakromiyal sıkışma sendromuna neden olabilir.

Kişiye özel seçilmiş elastik bant ile yapılan omuz elevasyon egzersizi sırasında skapular kinematik değişikliğe uğramaktadır. Yüklenme ile meydana gelen bu değişikliğin normal bir cevap olduğunu düşünsek de egzersizlerin oluşturabileceği uzun dönem motor adaptasyonlar göz önünde bulundurulmalıdır. Uzun dönemde gözlenen kinematik değişikliklerin herhangi bir adaptasyon yaratıp yaratmayacağı

araştırmaya değer bir konudur. Çünkü skapular kontrol bozukluğu ile birlikte yapılan dirençli egzersizler anormal kinematiki pekiştirebilir, tedavinin etkisini azaltabilir.

Özellikle egzersiz progresyonuna karar verilirken skapular kontrolün sağlanmasının bir rehber oluşturabileceği düşüncesindeyiz. Bununla beraber rehabilitasyonda omuz elevasyon egzersizi verilirken periskapular kasların kuvveti ve skapular kontrol değerlendirilmelidir. Egzersiz programı önerilirken skapulotorasik nöromusküler kontrolün geliştirilmesiyle söz konusu egzersizler gibi omuz çevresi kuvvetlendirme egzersizleri daha güvenli bir hale getirilebilir.

Bu çalışma egzersiz bantları ile yapılan abdüksiyon, *scaption* ve fleksiyon egzersizinin 3 boyutlu skapular kinematik üzerine olan etkisini analiz eden ilk çalışmadır. Farklı düzlemlerde elastik bant ile yapılan elevasyon sırasında gözlenen skapular kinematik, dirençsiz yapılan elevasyonda gözlenen skapular kinematik ile farklılık göstermez hipotezi red edilmiştir.

Sonuç olarak, dirençli yapılan omuz egzersizi sırasında skapular kinematik değişmiştir, fakat bu değişim miktarı skapular diskinezis oluşturacak seviyede değildir. Sağlıklı kişilerde direnç ile kinematik değişiklik meydana gelmesi omuz problemi olan kişilerde daha dikkatli olunması gerekliliğini düşündürmektedir. Özellikle skapular ve frontal düzlemde elastik bantla yapılan omuz elevasyon egzersizinin rehabilitasyonda kullanımı önerilebilir. Omuz disfonksiyonu ile skapular kinematik anomalileri arasındaki ilişkiden dolayı egzersizlerde doğru skapular hareket ve stabilizeyi sağlamak göz önünde bulundurulmalıdır.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Bu çalışmanın sonuçları, farklı düzlemlerde elastik bant ile yapılan elevasyon egzersizi sırasında gözlenen skapular kinematik, dirençsiz yapılan elevasyonda gözlenen skapular kinematik ile farklılık gösterir hipotezini desteklemektedir.

2. Elastik bant ile yapılan elevasyon egzersizi sırasında elevasyonun farklı seviyelerinde skapular internal rotasyon, skapular anterior tilt ve skapular aşağı doğru rotasyon artmaktadır. Skapulotorasik eklemden meydana gelen bu değişimin kişiye özel şiddetteki dirence karşı yeniden organize olan nöromusküler sistemin normal kinematik cevabı olduğu düşünülmektedir.

3. Dirençli veri grubunda saptanan skapular tiltteki ve rotasyonlardaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı olmasına rağmen küçük miktarlardadır. Bu sebeple kişiye özel belirlenmiş dirençteki elastik bant ile yapılan omuz elevasyonunun kinematik açıdan güvenli bir egzersiz olduğu düşünülmektedir. İleri araştırmalarda söz konusu egzersiz esnasında subakromiyal boşluğun genişliğinin, periskapular kasların kassal aktivasyon paternlerinin ve uzun dönem bu egzersizi yapan kişilerde meydana gelebilecek skapular kinematik değişikliklerinin araştırılması önerilmektedir.

4. Farklı hareket düzlemlerinde gerçekleştirilen dirençli omuz elevasyonu sırasında skapular tiltteki değişim miktarı en fazla sagittal düzlemde meydana gelmektedir. Etkili egzersiz tedavisi uygulanmasında elevasyon egzersizi için skapular ya da frontal düzlem tercih edilebilir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Magarey, M.E., Jones, M.A. (2003) Dynamic evaluation and early management of altered motor control around the shoulder complex. *Man Ther*, 8 (4), 195-206.
2. Fayad, F., Hoffmann, G., Hanneton, S., Yazbeck, C., Lefevre-Colau, M.M., Poiraudau, S. ve diğeri. (2006) 3-D scapular kinematics during arm elevation: effect of motion velocity. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 21 (9), 932-941.
3. Inman, V.T., Saunders, J.B., Abbott, L.C. (1996) Observations of the function of the shoulder joint. 1944. *Clin Orthop Relat Res* (330), 3-12.
4. Kebaetse, M., McClure, P., Pratt, N.A. (1999) Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and three-dimensional scapular kinematics. *Arch Phys Med Rehabil*, 80 (8), 945-950.
5. Yano, Y., Hamada, J., Tamai, K., Yoshizaki, K., Sahara, R., Fujiwara, T. ve diğeri. (2010) Different scapular kinematics in healthy subjects during arm elevation and lowering: glenohumeral and scapulothoracic patterns. *J Shoulder Elbow Surg*, 19 (2), 209-215.
6. Myers, J.B., Laudner, K.G., Pasquale, M.R., Bradley, J.P., Lephart, S.M. (2005) Scapular position and orientation in throwing athletes. *Am J Sports Med*, 33 (2), 263-271.
7. Kibler, W.B. (1998) The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med*, 26 (2), 325-337.
8. Forte, F.C., de Castro, M.P., de Toledo, J.M., Ribeiro, D.C., Loss, J.F. (2009) Scapular kinematics and scapulohumeral rhythm during resisted shoulder abduction--implications for clinical practice. *Phys Ther Sport*, 10 (3), 105-111.

- 9.Kibler, W.B. (1995) Biomechanical analysis of the shoulder during tennis activities. *Clin Sports Med*, 14 (1), 79-85.
- 10.Solem-Bertoft, E., Thuomas, K.A.,Westerberg, C.E. (1993) The influence of scapular retraction and protraction on the width of the subacromial space. An MRI study. *Clin Orthop Relat Res* (296), 99-103.
- 11.Hebert, L.J., Moffet, H., McFadyen, B.J.,Dionne, C.E. (2002) Scapular behavior in shoulder impingement syndrome. *Arch Phys Med Rehabil*, 83 (1), 60-69.
- 12.McClure, P.W., Michener, L.A.,Karduna, A.R. (2006) Shoulder function and 3-dimensional scapular kinematics in people with and without shoulder impingement syndrome. *Phys Ther*, 86 (8), 1075-1090.
- 13.Pascoal, A.G., van der Helm, F.F., Pezarat Correia, P.,Carita, I. (2000) Effects of different arm external loads on the scapulo-humeral rhythm. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 15 Suppl 1, S21-24.
- 14.Braun, S., Kokmeyer, D.,Millett, P.J. (2009) Shoulder injuries in the throwing athlete. *J Bone Joint Surg Am*, 91 (4), 966-978.
- 15.Andersen, L.L., Andersen, C.H., Mortensen, O.S., Poulsen, O.M., Bjornlund, I.B.,Zebis, M.K. (2010) Muscle activation and perceived loading during rehabilitation exercises: comparison of dumbbells and elastic resistance. *Phys Ther*, 90 (4), 538-549.
- 16.McClure, P., Tate, A.R., Kareha, S., Irwin, D.,Zlupko, E. (2009) A clinical method for identifying scapular dyskinesis, part 1: reliability. *J Athl Train*, 44 (2), 160-164.
- 17.Tate, A.R., McClure, P., Kareha, S., Irwin, D.,Barbe, M.F. (2009) A clinical method for identifying scapular dyskinesis, part 2: validity. *J Athl Train*, 44 (2), 165-173.
- 18.Ludewig, P.M.,Reynolds, J.F. (2009) The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. *J Orthop Sports Phys Ther*, 39 (2), 90-104.

19. Michiels, I., Grevenstein, J. (1995) Kinematics of shoulder abduction in the scapular plane. On the influence of abduction velocity and external load. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 10 (3), 137-143.
20. de Groot, J.H., van Woensel, W., van der Helm, F.C. (1999) Effect of different arm loads on the position of the scapula in abduction postures. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 14 (5), 309-314.
21. Kon, Y., Nishinaka, N., Gamada, K., Tsutsui, H., Banks, S.A. (2008) The influence of handheld weight on the scapulohumeral rhythm. *J Shoulder Elbow Surg*, 17 (6), 943-946.
22. McQuade, K.J., Smidt, G.L. (1998) Dynamic scapulohumeral rhythm: the effects of external resistance during elevation of the arm in the scapular plane. *J Orthop Sports Phys Ther*, 27 (2), 125-133.
23. Colado, J.C., Triplett, N.T. (2008) Effects of a short-term resistance program using elastic bands versus weight machines for sedentary middle-aged women. *J Strength Cond Res*, 22 (5), 1441-1448.
24. Patterson, R.M., Stegink Jansen, C.W., Hogan, H.A., Nassif, M.D. (2001) Material properties of Thera-Band Tubing. *Phys Ther*, 81 (8), 1437-1445.
25. Magee, D.J. (2002). *Orthopedic Physical Assessment* (c. 4th ed): Saunders.
26. Aktaş, İ., Akgün, K. (2007) Kanat skapula. *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*, 53(3):113-117.
27. Neumann, D.A. (2002). *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Physical Rehabilitation*: Mosby.
28. Hess, S.A. (2000) Functional stability of the glenohumeral joint. *Man Ther*, 5 (2), 63-71.

29. De Freitas, V., Vitti, M., Furlani, J. (1979) Electromyographic analysis of the levator scapulae and rhomboideus major muscle in movements of the shoulder. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 19 (4), 335-342.
30. Reis, F.P., de Camargo, A.M., Vitti, M., de Carvalho, C.A. (1979) Electromyographic study of the subclavius muscle. *Acta Anat (Basel)*, 105 (3), 284-290.
31. Bagg, S.D., Forrest, W.J. (1988) A biomechanical analysis of scapular rotation during arm abduction in the scapular plane. *Am J Phys Med Rehabil*, 67 (6), 238-245.
32. Urdaneta, M., Smela, E. (2008) Parasitic trap cancellation using multiple frequency dielectrophoresis, demonstrated by loading cells into cages. *Lab Chip*, 8 (4), 550-556.
33. Decker, M.J., Hintermeister, R.A., Faber, K.J., Hawkins, R.J. (1999) Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises. *Am J Sports Med*, 27 (6), 784-791.
34. Ludewig, P.M., Cook, T.M., Nawoczenski, D.A. (1996) Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. *J Orthop Sports Phys Ther*, 24 (2), 57-65.
35. Kronberg, M., Nemeth, G., Brostrom, L.A. (1990) Muscle activity and coordination in the normal shoulder. An electromyographic study. *Clin Orthop Relat Res* (257), 76-85.
36. Petersilge, C.A., Witte, D.H., Sewell, B.O., Bosch, E., Resnick, D. (1997) Normal regional anatomy of the shoulder. *Magn Reson Imaging Clin N Am*, 5 (4), 667-681.
37. Sarrafian, S.K. (1983) Gross and functional anatomy of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res* (173), 11-19.

38. Poppen, N.K., Walker, P.S. (1978) Forces at the glenohumeral joint in abduction. *Clin Orthop Relat Res* (135), 165-170.
39. Kadaba, M.P., Cole, A., Wootten, M.E., McCann, P., Reid, M., Mulford, G. ve diğ erleri. (1992) Intramuscular wire electromyography of the subscapularis. *J Orthop Res*, 10 (3), 394-397.
40. Freedman, L., Munro, R.R. (1966) Abduction of the arm in the scapular plane: scapular and glenohumeral movements. A roentgenographic study. *J Bone Joint Surg Am*, 48 (8), 1503-1510.
41. McClure, P.W., Michener, L.A., Sennett, B.J., Karduna, A.R. (2001) Direct 3-dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movements in vivo. *J Shoulder Elbow Surg*, 10 (3), 269-277.
42. Poppen, N.K., Walker, P.S. (1976) Normal and abnormal motion of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am*, 58 (2), 195-201.
43. Ebaugh, D.D., Spinelli, B.A. (2010) Scapulothoracic motion and muscle activity during the raising and lowering phases of an overhead reaching task. *J Electromyogr Kinesiol*, 20 (2), 199-205.
44. John D Borstad, P.M.L. (2002) Comparison of scapular kinematics between elevation and lowering of the arm in the scapular plane *Clinical Biomechanics* November 2002 (Vol. 17) ( Issue 9), Pages 650-659.
45. Borstad, J.D., Ludewig, P.M. (2002) Comparison of scapular kinematics between elevation and lowering of the arm in the scapular plane. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 17 (9-10), 650-659.
46. Kibler, W.B., McMullen, J. (2003) Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain. *J Am Acad Orthop Surg*, 11 (2), 142-151.
47. Sahara, W., Sugamoto, K., Murai, M., Yoshikawa, H. (2007) Three-dimensional clavicular and acromioclavicular rotations during arm abduction using vertically open MRI. *J Orthop Res*, 25 (9), 1243-1249.

48. Ludewig, P.M., Phadke, V., Braman, J.P., Hassett, D.R., Cieminski, C.J., LaPrade, R.F. (2009) Motion of the shoulder complex during multiplanar humeral elevation. *J Bone Joint Surg Am*, 91 (2), 378-389.
49. Ludewig, P.M., Behrens, S.A., Meyer, S.M., Spoden, S.M., Wilson, L.A. (2004) Three-dimensional clavicular motion during arm elevation: reliability and descriptive data. *J Orthop Sports Phys Ther*, 34 (3), 140-149.
50. Teece, R.M., Lunden, J.B., Lloyd, A.S., Kaiser, A.P., Cieminski, C.J., Ludewig, P.M. (2008) Three-dimensional acromioclavicular joint motions during elevation of the arm. *J Orthop Sports Phys Ther*, 38 (4), 181-190.
51. Kibler, W.B., Ludewig, P.M., McClure, P., Uhl, T.L., Sciascia, A. (2009) Scapular Summit 2009: introduction. July 16, 2009, Lexington, Kentucky. *J Orthop Sports Phys Ther*, 39 (11), A1-A13.
52. Lucas, D.B. (1973) Biomechanics of the shoulder joint. *Arch Surg*, 107 (3), 425-432.
53. Mottram, S.L. (1997) Dynamic stability of the scapula. *Man Ther*, 2 (3), 123-131.
54. Gorgaslidze, A.G., Saifullaeva, M.A., Kuz'mina, M.M., Golitsina, L.S., Smetnev, A.S. (1993) [Cardiac arrhythmia and myocardial contraction in opium and ephedrone addiction]. *Kardiologiya*, 33 (1), 14-16.
55. Smith, J., Dietrich, C.T., Kotajarvi, B.R., Kaufman, K.R. (2006) The effect of scapular protraction on isometric shoulder rotation strength in normal subjects. *J Shoulder Elbow Surg*, 15 (3), 339-343.
56. Matias, R., Pascoal, A.G. (2006) The unstable shoulder in arm elevation: a three-dimensional and electromyographic study in subjects with glenohumeral instability. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 21 Suppl 1, S52-58.
57. Burkhart, S.S., Morgan, C.D., Kibler, W.B. (2003) The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part III: The SICK scapula, scapular

dyskinesia, the kinetic chain, and rehabilitation. *Arthroscopy*, 19 (6), 641-661.

58. Warner, J.J., Micheli, L.J., Arslanian, L.E., Kennedy, J., Kennedy, R. (1992) Scapulothoracic motion in normal shoulders and shoulders with glenohumeral instability and impingement syndrome. A study using Moire topographic analysis. *Clin Orthop Relat Res* (285), 191-199.
59. Ludewig, P.M., Cook, T.M. (2000) Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther*, 80 (3), 276-291.
60. Ogston, J.B., Ludewig, P.M. (2007) Differences in 3-dimensional shoulder kinematics between persons with multidirectional instability and asymptomatic controls. *Am J Sports Med*, 35 (8), 1361-1370.
61. Mihata, T., Lee, Y., McGarry, M.H., Abe, M., Lee, T.Q. (2004) Excessive humeral external rotation results in increased shoulder laxity. *Am J Sports Med*, 32 (5), 1278-1285.
62. Lin, J.J., Lim, H.K., Yang, J.L. (2006) Effect of shoulder tightness on glenohumeral translation, scapular kinematics, and scapulohumeral rhythm in subjects with stiff shoulders. *J Orthop Res*, 24 (5), 1044-1051.
63. Harryman, D.T., 2nd, Sidles, J.A., Clark, J.M., McQuade, K.J., Gibb, T.D., Matsen, F.A., 3rd. (1990) Translation of the humeral head on the glenoid with passive glenohumeral motion. *J Bone Joint Surg Am*, 72 (9), 1334-1343.
64. Tyler, T.F., Roy, T., Nicholas, S.J., Gleim, G.W. (1999) Reliability and validity of a new method of measuring posterior shoulder tightness. *J Orthop Sports Phys Ther*, 29 (5), 262-269; discussion 270-264.
65. Borstad, J.D., Ludewig, P.M. (2005) The effect of long versus short pectoralis minor resting length on scapular kinematics in healthy individuals. *J Orthop Sports Phys Ther*, 35 (4), 227-238.

- 66.Ludewig, P.M.,Cook, T.M. (2002) Translations of the humerus in persons with shoulder impingement symptoms. *J Orthop Sports Phys Ther*, 32 (6), 248-259.
- 67.Lukasiewicz, A.C., McClure, P., Michener, L., Pratt, N.,Sennett, B. (1999) Comparison of 3-dimensional scapular position and orientation between subjects with and without shoulder impingement. *J Orthop Sports Phys Ther*, 29 (10), 574-583; discussion 584-576.
- 68.Laudner, K.G., Myers, J.B., Pasquale, M.R., Bradley, J.P.,Lephart, S.M. (2006) Scapular dysfunction in throwers with pathologic internal impingement. *J Orthop Sports Phys Ther*, 36 (7), 485-494.
- 69.Endo, K., Ikata, T., Katoh, S.,Takeda, Y. (2001) Radiographic assessment of scapular rotational tilt in chronic shoulder impingement syndrome. *J Orthop Sci*, 6 (1), 3-10.
- 70.Laudner, K.G., Moline, M.T.,Meister, K. (2010) The relationship between forward scapular posture and posterior shoulder tightness among baseball players. *Am J Sports Med*, 38 (10), 2106-2112.
- 71.Thigpen CA, M.R., DA Padua, AL Seitz, RE Schndeider, TJ Gill. (2009) Asaptations in 3-D scapular kinematics of professional baseball pitchers over one season. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39:A9.
- 72.Ebaugh, D.D., McClure, P.W.,Karduna, A.R. (2006) Effects of shoulder muscle fatigue caused by repetitive overhead activities on scapulothoracic and glenohumeral kinematics. *J Electromyogr Kinesiol*, 16 (3), 224-235.
- 73.Ebaugh, D.D., McClure, P.W.,Karduna, A.R. (2006) Scapulothoracic and glenohumeral kinematics following an external rotation fatigue protocol. *J Orthop Sports Phys Ther*, 36 (8), 557-571.
- 74.Borstad, J.D., Szucs, K., Navalgund, A. (2009) Recovery of scapula kinematics following an isometric fatigue task. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39:A10.

75. Anglin, C., Wyss, U.P. (2000) Review of arm motion analyses. *Proc Inst Mech Eng H*, 214 (5), 541-555.
76. van der Helm, F.C., Pronk, G.M. (1995) Three-dimensional recording and description of motions of the shoulder mechanism. *J Biomech Eng*, 117 (1), 27-40.
77. Karduna, A.R., McClure, P.W., Michener, L.A., Sennett, B. (2001) Dynamic measurements of three-dimensional scapular kinematics: a validation study. *J Biomech Eng*, 123 (2), 184-190.
78. Youdas, J.W., Carey, J.R., Garrett, T.R., Suman, V.J. (1994) Reliability of goniometric measurements of active arm elevation in the scapular plane obtained in a clinical setting. *Arch Phys Med Rehabil*, 75 (10), 1137-1144.
79. Milne, A.D., Chess, D.G., Johnson, J.A., King, G.J. (1996) Accuracy of an electromagnetic tracking device: a study of the optimal range and metal interference. *J Biomech*, 29 (6), 791-793.
80. Meskers, C.G., Fraterman, H., van der Helm, F.C., Vermeulen, H.M., Rozing, P.M. (1999) Calibration of the "Flock of Birds" electromagnetic tracking device and its application in shoulder motion studies. *J Biomech*, 32 (6), 629-633.
81. Meskers, C.G., van der Helm, F.C., Rozendaal, L.A., Rozing, P.M. (1998) In vivo estimation of the glenohumeral joint rotation center from scapular bony landmarks by linear regression. *J Biomech*, 31 (1), 93-96.
82. Wu, G., van der Helm, F.C., Veeger, H.E., Makhsous, M., Van Roy, P., Anglin, C. ve diğerleri. (2005) 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. *J Biomech*, 38 (5), 981-992.
83. Baltacı, G.B., Ayşenur; Bayrakçıtunay, Volga; Ergun, Nevin. (2002) Omuz sıkışma sendromunun konservatif tedavisinde manipulatif yöntemlerin etkisi. *Artroplasti Artroskopik Cerrahi*, 13(1):27-33.

84. Atha, J. (1981) Strengthening muscle. *Exerc Sport Sci Rev*, 9, 1-73.
85. Page, P., Ellenbecker, T.S. (2003). The scientific and clinical application of elastic resistance: Human Kinetics.
86. Hughes, C.J., Hurd, K., Jones, A., Sprigle, S. (1999) Resistance properties of Thera-Band tubing during shoulder abduction exercise. *J Orthop Sports Phys Ther*, 29 (7), 413-420.
87. Hostler, D., Schwirian, C.I., Campos, G., Toma, K., Crill, M.T., Hagerman, G.R. ve diğ erleri. (2001) Skeletal muscle adaptations in elastic resistance-trained young men and women. *Eur J Appl Physiol*, 86 (2), 112-118.
88. Nash, M.S., Jacobs, P.L., Woods, J.M., Clark, J.E., Pray, T.A., Pumarejo, A.E. (2002) A comparison of 2 circuit exercise training techniques for eliciting matched metabolic responses in persons with paraplegia. *Arch Phys Med Rehabil*, 83 (2), 201-209.
89. L. Anderson, R.R., L. Shearer, C.J. Hughes. (1992) The effects of Ther\*band exercise program on shoulder internal rotation strength. *Physical Therapy*, 72, 540.
90. Simoneau, G.G., Bereda, S.M., Sobush, D.C., Starsky, A.J. (2001) Biomechanics of elastic resistance in therapeutic exercise programs. *J Orthop Sports Phys Ther*, 31 (1), 16-24.
91. Page, P., Labbe, A., Topp, R. (2000) Clinical force production at Thera-band elastic bands. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 30(1);A47-8.
92. Lieber, R.L., Bodine-Fowler, S.C. (1993) Skeletal muscle mechanics: implications for rehabilitation. *Phys Ther*, 73 (12), 844-856.
93. Hayes, K., Walton, J.R., Szomor, Z.R., Murrell, G.A. (2001) Reliability of five methods for assessing shoulder range of motion. *Aust J Physiother*, 47 (4), 289-294.

- 94.Mullaney, M.J., McHugh, M.P., Johnson, C.P.,Tyler, T.F. (2010) Reliability of shoulder range of motion comparing a goniometer to a digital level. *Physiother Theory Pract*, 26 (5), 327-333.
- 95.Moen, M.H., de Vos, R.J., Ellenbecker, T.S.,Weir, A. (2010) Clinical tests in shoulder examination: how to perform them. *Br J Sports Med*, 44 (5), 370-375.
- 96.Hegedus, E.J., Goode, A., Campbell, S., Morin, A., Tamaddoni, M., Moorman, C.T., 3rd ve diğerleri. (2008) Physical examination tests of the shoulder: a systematic review with meta-analysis of individual tests. *Br J Sports Med*, 42 (2), 80-92; discussion 92.
- 97.Tzannes, A., Paxinos, A., Callanan, M.,Murrell, G.A. (2004) An assessment of the interexaminer reliability of tests for shoulder instability. *J Shoulder Elbow Surg*, 13 (1), 18-23.
- 98.Hayes, K., Walton, J.R., Szomor, Z.L.,Murrell, G.A. (2002) Reliability of 3 methods for assessing shoulder strength. *J Shoulder Elbow Surg*, 11 (1), 33-39.
- 99.Itoi, E., Kido, T., Sano, A., Urayama, M.,Sato, K. (1999) Which is more useful, the "full can test" or the "empty can test," in detecting the torn supraspinatus tendon? *Am J Sports Med*, 27 (1), 65-68.
- 100.Michener, L.A., Boardman, N.D., Pidcoe, P.E.,Frith, A.M. (2005) Scapular muscle tests in subjects with shoulder pain and functional loss: reliability and construct validity. *Phys Ther*, 85 (11), 1128-1138.
- 101.Lewis, J.S.,Valentine, R.E. (2007) The pectoralis minor length test: a study of the intra-rater reliability and diagnostic accuracy in subjects with and without shoulder symptoms. *BMC Musculoskelet Disord*, 8, 64.
- 102.Borstad, J.D., Mathiowetz, K.M., Minday, L.E., Prabhu, B., Christopherson, D.E.,Ludewig, P.M. (2007) Clinical measurement of posterior shoulder flexibility. *Man Ther*, 12 (4), 386-389.

103. Peterson, D.E., Blankenship, K.R., Robb, J.B., Walker, M.J., Bryan, J.M., Stetts, D.M. ve diğeri. (1997) Investigation of the validity and reliability of four objective techniques for measuring forward shoulder posture. *J Orthop Sports Phys Ther*, 25 (1), 34-42.
104. Uhl, T.L., Kibler, W.B., Gecewich, B., Tripp, B.L. (2009) Evaluation of clinical assessment methods for scapular dyskinesis. *Arthroscopy*, 25 (11), 1240-1248.
105. Neely, G., Ljunggren, G., Sylven, C., Borg, G. (1992) Comparison between the Visual Analogue Scale (VAS) and the Category Ratio Scale (CR-10) for the evaluation of leg exertion. *Int J Sports Med*, 13 (2), 133-136.
106. Karduna, A.R., McClure, P.W., Michener, L.A. (2000) Scapular kinematics: effects of altering the Euler angle sequence of rotations. *J Biomech*, 33 (9), 1063-1068.
107. Ratamees, N.A., Alvar, B.A., Evetoch, T.K., et al. (2009) American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41 (3), 687-708.
108. Endo, K., Yukata, K., Yasui, N. (2004) Influence of age on scapulo-thoracic orientation. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 19 (10), 1009-1013.
109. Hurov, J. (2009) Anatomy and mechanics of the shoulder: review of current concepts. *J Hand Ther*, 22 (4), 328-342; quiz 343.
110. Hallaçeli, H.C., Ali; Cavlak, Uğur; Günal, İzge. (2006) Sağlıklı erkeklerde skapula elevasyon ve depresyon genişliği. *Eklem Hastalıkları ve Cerrahisi*, 17(2):85-88.
111. Oyama, S., Myers, J.B., Wassinger, C.A., Daniel Ricci, R., Lephart, S.M. (2008) Asymmetric resting scapular posture in healthy overhead athletes. *J Athl Train*, 43 (6), 565-570.

- 112.de Groot, J.H. (1997) The variability of shoulder motions recorded by means of palpation. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 12 (7-8), 461-472.
- 113.Crosbie, J., Kilbreath, S.L.,Dylke, E. (2010) The kinematics of the scapulae and spine during a lifting task. *J Biomech*, 43 (7), 1302-1309.
- 114.Wuelker, N., Korell, M.,Thren, K. (1998) Dynamic glenohumeral joint stability. *J Shoulder Elbow Surg*, 7 (1), 43-52.
- 115.Yoshizaki, K., Hamada, J., Tamai, K., Sahara, R., Fujiwara, T.,Fujimoto, T. (2009) Analysis of the scapulohumeral rhythm and electromyography of the shoulder muscles during elevation and lowering: comparison of dominant and nondominant shoulders. *J Shoulder Elbow Surg*, 18 (5), 756-763.
- 116.Terry, G.C., Hammon, D., France, P.,Norwood, L.A. (1991) The stabilizing function of passive shoulder restraints. *Am J Sports Med*, 19 (1), 26-34.
- 117.Borich, M.R., Bright, J.M., Lorello, D.J., Cieminski, C.J., Buisman, T.,Ludewig, P.M. (2006) Scapular angular positioning at end range internal rotation in cases of glenohumeral internal rotation deficit. *J Orthop Sports Phys Ther*, 36 (12), 926-934.
- 118.McQuade, K.J., Dawson, J.,Smidt, G.L. (1998) Scapulothoracic muscle fatigue associated with alterations in scapulohumeral rhythm kinematics during maximum resistive shoulder elevation. *J Orthop Sports Phys Ther*, 28 (2), 74-80.
- 119.Thigpen, C.A., Padua, D.A., Morgan, N., Kreps, C.,Karas, S.G. (2006) Scapular kinematics during supraspinatus rehabilitation exercise: a comparison of full-can versus empty-can techniques. *Am J Sports Med*, 34 (4), 644-652.
- 120.Myers, J.B., Laudner, K.G., Pasquale, M.R., Bradley, J.P.,Lephart, S.M. (2006) Glenohumeral range of motion deficits and posterior shoulder tightness in throwers with pathologic internal impingement. *Am J Sports Med*, 34 (3), 385-391.

|           |         |       |                                                                                     |      |
|-----------|---------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Ad-Soyad: | Yaş:    | Boy:  | Kilo:                                                                               | Vki: |
| Telefon:  | Meslek: | Spor: |  |      |

Daha çok; Sağ elimi kullanırım Sol elimi kullanırım

Sizin için doğru ise işaretleyin. (☒)

Daha önce boynum veya sırtım ile ilgili sağlık problemi yaşadım.

Daha önce boyun ve sırt ağrıları vardı.

Şu anda boyun veya sırt ağrım var.

Daha önce omzumu ilgili sağlık problemi yaşadım.

Daha önce omuz ağrım vardı.

Şu anda omuz ağrım var.

Daha önce omzumda çıkma oldu.

Daha önce dirsek veya el-el bilek ile ilgili sağlık problemi yaşadım.

Şu anda dirsek veya el-el bilek ağrım var.

Boyun, sırt veya kollarımı ilgilendiren cerrahi geçirdim.

Kas - iskelet ve sinir sistemini ilgilendiren bir hastalığım var.

Yapışkanlara karşı allerjim var.

Latekse karşı allerjim var.

Mesleğim gereği omzumu uzun süre aynı baş üstü pozisyonda konumluyorum.

Mesleğim gereği omzumla uzun süre aynı tekrarlı hareketleri yapıyorum.

Omzumu uzun süre aynı baş üstü pozisyonda konumladığım ve aynı tekrarlı hareketleri yaptığım sporlarla profesyonel olarak uğraşıyorum (voleybol, tenis, beysbol, yüzme, su polosu vs.).

| 3 MT (Renk) | R | L |                                          | R | L |
|-------------|---|---|------------------------------------------|---|---|
| Fleksiyon   |   |   | Pektoralis Minör Kısıklık <sup>1</sup> : |   |   |
| Abdüksiyon  |   |   | Posterior Kapsül Kısıklık <sup>2</sup> : |   |   |
| Scaption    |   |   | Yuvarlak Omuz <sup>3</sup> :             |   |   |

Kol uzunluğu:

| ÖZEL TESTLER                                                                                      |       |       |   | KUVVET (Dinamometre)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |         |  |  |         |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--|--|---------|--|--|
| Hawkins <sup>4</sup><br>Neer <sup>4</sup><br>Aprehension <sup>4</sup><br>Sulcus Sign <sup>4</sup> | R     | L     |   | Deltoid ön                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | R 1-2-3 |  |  | L 1-2-3 |  |  |
|                                                                                                   | + \ - | + \ - |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |         |  |  |         |  |  |
|                                                                                                   | + \ - | + \ - |   | Supraspinatus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |         |  |  |         |  |  |
|                                                                                                   | + \ - | + \ - |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |         |  |  |         |  |  |
|                                                                                                   | + \ - | + \ - |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |         |  |  |         |  |  |
| ROM (Gonyometrik ölçüm)                                                                           |       | R     | L | Deltoid orta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |         |  |  |         |  |  |
| Omuz fleksiyonu 180                                                                               |       |       |   | Trapezius üst                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |         |  |  |         |  |  |
| Omuz abdüksiyonu 180                                                                              |       |       |   | Trapezius orta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |         |  |  |         |  |  |
| Omuz internal rotasyonu 70-90                                                                     |       |       |   | Trapezius alt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |         |  |  |         |  |  |
| Omuz eksternal rotasyonu 90                                                                       |       |       |   | Serratus Anter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |         |  |  |         |  |  |
| SKAPULAR DİSKİNEZİ <sup>5</sup> (Gözlemsel)                                                       |       | R     | L | Referanslar:<br>1..Lewis JS, Valentine RE, The pectoralis minor length test: a study of the intra-rater reliability and diagnostic accuracy in subjects with and without shoulder symptoms, BMC Musculoskeletal Disorders, 8:64, (2007)<br>2.Borstad JD, Mathiowetz KM, Minday LE, Prabhu1 B, Christopherson DE, Ludewig PM, Clinical measurement of posterior shoulder flexibility, Manual Therapy 12:386–389, (2007)<br>3.Peterson DE, Blankenship KR., Robb JB, Walker MJ., Bryan JM., Stetts DM., Mincey LM., Simmons GE., Investigation of the validity and reliability of four objective techniques for measuring forward shoulder posture. Journal of Sports Physical Therapy, 25(1):34-42, (1997)<br>4.Moen MH, De Vos RJ, Ellenbecker TS, Weir A, Clinical tests in shoulder examination: how to perform them , Br J Sports Med 44:370–375, (2010)<br>5.Uhl TL, Kibler B, Gecewich B, Tripp BL, Evaluation of Clinical Assessment Methods for Scapular Dyskinesia. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 25, (11):1240-1248, (2009) |         |  |  |         |  |  |
| İnferomedial skapular kenar belirgin                                                              |       |       |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |         |  |  |         |  |  |
| Tüm medial kenar belirgin                                                                         |       |       |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |         |  |  |         |  |  |
| Superior skapular kenar belirgin                                                                  |       |       |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |         |  |  |         |  |  |
| Normal hareketler                                                                                 |       |       |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |         |  |  |         |  |  |