

Omuz eklemi biomekaniği ve kas kontrolü

Mehmet Demirhan (1), M. Alp Göksan(2)

Son yıllarda omuz eklemi ile ilgili yenitani ve tedavi yöntemleri giderek artan bir biçimde uygulama alanına girmiş bulunmaktadır. Ancak kalça ve diz eklemi ile karşılaştırıldığında omuz eklemi ile ilgili temel bilgilerin genelde eksik olduğu göze çarpmaktadır. Özellikle giderek artan bir biçimde kullanılan yeni tanı yöntemleri (ultrasonografi, çift kontrast bilgisayarlı tomografi, artroskopi, manyetik rezonans görüntüleme) omuz eklemi hakkında yeni bilgileri de beraberinde getirmişlerdir. Bu yazıdan amaç omuz eklemi biomekaniği konusunda son literatürler ışığı altında bilgi vermek ve bu bilgiler doğrultusunda omuz cerrahisinde dikkat edilmesi gerekli noktaları vurgulamaktır.

Anahtar kelimeler: Biomekanik, omuz eklemi

Biomechanics of the shoulder joint and muscular control

In recent years, increasing number of new surgical techniques for shoulder joint has found field of application. However there is in general a lack in basic principles and knowledge of shoulder joint compared to the hip and knee joints. The aim here is to present knowledge on shoulder joint biomechanics with literature review and emphasize the crucial points to be considered at shoulder joint surgery.

Keywords: Biomechanics, shoulder joint

Omuz eklemi kol ile gövde arasında oldukça mobil ve dinamik bir eklemdir. Eklem üç boyuttaki hareketi vücudun her bölgesine ulaşabilmeyi sağlar.

Omuz eklemi, glenohumeral eklem, akromioklavikuler, sternoklavikuler eklem ve skapulotorasik eklemden oluşan bir komplekstir. Bu eklemlerden en mobil olanı skapula ile glenoid arasındaki glenohumeral eklem olup, üç boyutta hareketi vardır (Şekil 1).

Humerus eklem yüzü supero-medial yerleşimde hemisferik yapıdadır (17). Bunun karşısında küçük, siğ, bir glenoid fossa mevcuttur. Glenoid fossa, hu-

merus başının ancak %50'sini, eklem yüzünün ise ancak 1/3ünü kaplar. Buna karşın eklem yüzü fibrokartilaginöz bir labrum ile genişlemiştir. Bu labrum, glenoid-humerusbaşı ilişkisini %75 vertikal ve %56 transvers olarak artırır (3). Bu sayede omuz eklemi hareket sınırlarında herhangi bir kısıtlama olmaksızın stabilite sağlanır.

Omuz eklemi istirahat pozisyonu, kolun vücudun yanından sarktığı durumdur. Detaylı analizler bu duruşu, erkeklerde +2,5°(Abd) ve -1°(Add) arasında vermektedirler. Kadınlarda bu değer +5,2° abduksiyon ve +3,5° adduksiyon arasındadır (6,17).

Hareket:

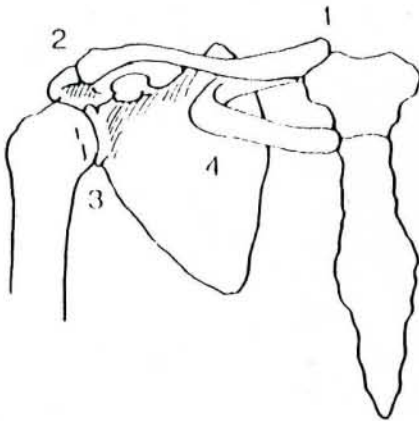
Omuz hareketi; elevasyon, internal-eksternal rotasyon ve horizontal fleksiyon ve ekstansiyon olarak ele alınır.

Elevasyon:

Teorik olarak vücut yanındaki kolun yukarı kaldırılması 180°lik bir harekettir. Ancak bu erkeklerin %4'ü, kadınların ise %28'inde mümkündür. Erkeklerde ortalama değer 167°, kadınlarda ise 171°'dir (6). Posterior elevasyon ise ortalama 60°'dir (12).

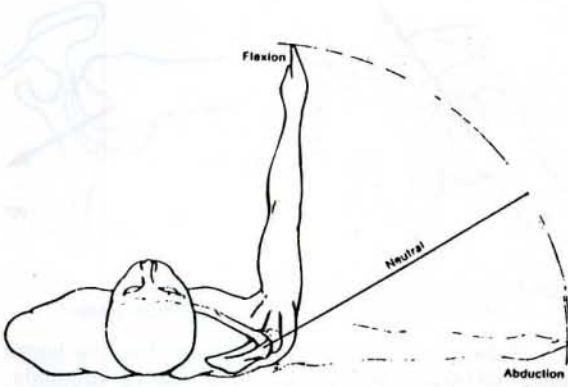
Kolun elevasyonu kompleks bir harekettir. Bu hareket üç planda incelenmelidir:

- Hareket düzlemi
- Skapulo-humoral ritim
- Rotasyon merkezi



Şekil 1: Omuz kompleksini oluşturan eklemler.

1. sternoklaviküler eklem,
2. akromioklaviküler eklem,
3. glenohumeral eklem,
4. skapulotorasik eklem



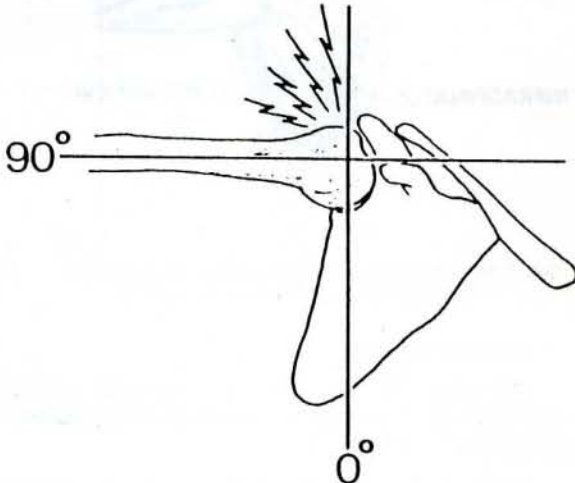
Şekil 2: Omuz eklemi hareket düzlemleri. Nötral elevasyon skapular planda yapılan elevasyonlar

a. Hareket düzlemi:

Nötral elevasyon skapula düzleminde gerçekleşir. Bu düzlem, vücut düzlemi ile 30°'lik açı yapar. Bu açı humerus başının 30° retroversiyonu ile kompanse edilir. Açı ölçümü interkondiler düzlem ile humerus başı arasında yapılır (11) (Şekil 2).

Fleksiyon, sagittal planda elevasyondur. Fleksiyonda humerus başı glenoid oblik olarak durur. İnferior eklem kapsülü elevasyonda gerilir ve kendi üzerine döner (10,11).

Abduksiyon, koronal planda elevasyondur. Bu hareketin yapılabilmesi dış rotasyonla birlikte mümkündür (Codman'ın paradoksal hareketi) (11). Aksi halde büyük tüberkül akromionla sıkışmaya (impingement) girer ve hareketi engeller. Dış rotasyon ile büyük tüberkül akromiondan kaçır. Ancak yine de bu aralık fazla değildir ve fornix yapı kalınlaşması halinde sıkışma oluşabilir (Şekil 3). Abduksiyonun elevasyondan geniş bir hareket alanına sahip olması, skapuler harekete bağlıdır (3).



Şekil 3: Dış rotasyon olmaksızın koronal planda abduksiyon hareketi yapılırsa tuberkulum majus akromion ile impingement (sıkışmaya) maruz kalır

b. Skapulo-humeral ritm:

Total elevasyon glenohumeral eklem ve skapulo-toraksik hareket kombinasyonu ile gerçekleşir. Kabaca bu oran 2:1'dir(6,19). Glenohumeral eklem 60° fleksiyona ve 30°abduksiyonageldikten sonra skapula harekete ve fonksiyona katılmaya başlar. Bu derecelerden sonra skapula ve glenohumeral eklem hareketleri senkronize bir biçimde devam eder. Çeşitli otörler glenohumeral/skapula hareket oranı 2:1, 2,5:1ve 1,25:1 olarak verilmiştir (6,17,19). Ortalama değer 1,5:1'dir.

Genelde her 3° glenohumeral harekete 2° skapula hareketi katılır. Elevasyon hareketi, skapuler ve glenohumeral olmak üzere komponentlere ayrılırsa o zaman bu hareketin aslında konstant olmadığı görülür. Skapuler hareketin terminal ara denilen 120° ve üstünde çok yavaşladığı ve kaybolduğu görülür. Bu nedenle "overhead pozisyonunda" akromionla humerus arasında potansiyel bir sıkışma vardır (16).

c. Rotasyon merkezi (Drehmoment)(instant center)

Humerus başı ile glenoid arasındaki hareket kayma ve yuvarlanma kombinasyonu şeklindedir. İntra-artiküler deplasman radyolojik çalışmalarda ilk 30° elevasyonda 3mm olarak gösterilmiştir (21). Ancak bununla beraber yuvarlanma glenohumeral eklem tek hareketi değildir (19). Aynı zamanda eklemde kayma hareketi de olur. Ancak labrum bir "deep socket" tarzında humerus başını içeride tutarak santralle eder ve kayma efektinin etkisini göstermesine engel olur (16,19).

Glenohumeral rotasyon merkezi KAPANDJI'ye göre iki tanedir (11). Birinci merkez 0°-50° arasında etkin olurken, ikincisi 50°-90° arasında etkilidir. Ancak diğer yazarlar, gleno-humeral rotasyon merkezinin humerus rotasyon merkezinden sadece 5mm oynadığını, bu nedenle gleno-humeral eklem "ball in socket" eklem olarak ele alınması gerektiğini belirtmektedirler (16).

Ağrılı omuz vakalarında, humerus başının hareketinin ve rotasyon merkezi değişmelerinin %50 oranında patolojik olarak bulunduğu bildirilmektedir (17).

Skapula daha kompleks bir hareketler zinciri yapmaktadır. İlk 60°ye kadar skapula yerinde kalır ya da merkezini değiştirmeden minimal rotasyon yapar. Rotasyon merkezi 120° ye kadar spina skapule üzerinden bu derecelerin üstünde glenoida doğru yer değiştirir.

Akromioklaviküler ve sternoklaviküler eklem hareketlerine bakıldığında da bu hareket düzleminin glenoida doğru yer değiştirdiği gözlenebilir. Akromioklavikular eklem hareketi özellikle 120° elevasyondan sonra artmaktadır. Klavikulanın üç boyutlu harekete izin vermesi skapula rotasyonu ve kolun tam elevasyonu için şarttır (7).

İç ve dış rotasyonlar, glenohumeral eklem hareketleri olup kapsülün laksitesine ve kolun durumuna bağlıdır. Maksimal rotasyon hareketi kol adduksiyonda iken yapılır. 180° olan bu hareketin %60'ı(108°)

dış rotasyondur. Kol 90° abduksiyona getirildiğinde bu hareket alanı 120° iner ve iç rotasyon hareketin daha fazlasını içerir. Maksimal elevasyon yada fleksiyonda, rotasyon mümkün değildir (2,3).

Horizontal fleksiyon/ekstansiyon hareketi 180° olup bu hareketin %24'ü horizontal ekstansiyondur. Hareket humerus başının eklem yüzeyi ile sınırlıdır.

Kolun kaldıraç kuvvetleri:

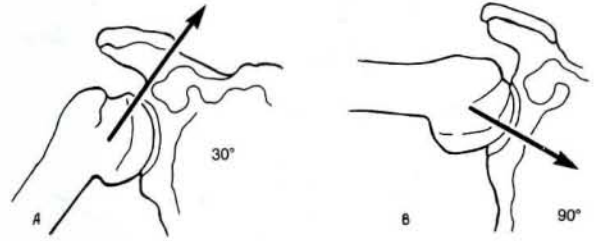
Kol vücudun yanında iken kaldıraç kolu ve moment 0'dır. Kolun abduksiyonu ile birlikte kaldıraç merkezi eklemden uzaklaşmaya başlar. 30° elevasyonda kol kaldıraç kuvveti, maksimum kuvvetin %50'sine, 45° elevasyonda ise %71'ine ulaşmıştır. 90° elevasyonda maksimal seviyeye ulaşılır. Bu rakamlar kolu abduksiyona getiren kaslara binen yük hakkında kısaca bilgi vermektedir. Bu yük dirsek fleksiyona getirilerek azaltılır, ancak bu sefer önkol ve elin yüklemeye düzlemleri omuz eklemine önüne özelliğinden dolayı infraspinatus adelesinin kasılması gereklidir (16).

Kas gücü bakımından ele alındığında kas kitlesinin mekanik kolu, hareket merkezine olan uzaklığına göre yüklenir. Glenohumoral eklemden kasların kaldıraç kuvvetlerine bakıldığında m. deltoideus ön liflerinin 30° abduksiyondan başlayıp, giderek artan bir kaldıraç kolu kazandıkları, orta ve arka deltoid bölümlerinin buna paralel bir yol izledikleri ancak supraspinatus adelesinin kaldıraç kolunun her abduksiyon derecesinde sabit kaldığı görülmektedir. Bu bilginin klinikteki önemi, m. supraspinatus adelenin abduksiyon derecesinden bağımsız olarak devamlı yük altında olmasıdır. Abduksiyon derecesi artırılarak m. supraspinatus üzerine binen yük azaltılmaktadır (16,18).

Eklem binen yükler:

İki kas grubu kolun hareketi esnasında eklem kompresyon ve makaslama kuvvetleri bindirir. Bu kas grupları m. deltoideus ve rotator manşettir. Kolun elevasyonu ile m. deltoideus vertikal pozisyondan horizontal pozisyona geçer. Bu değişim kompresyon ve makaslama kuvvetlerinde de değişmeye yol açar. Bilindiği gibi, m. deltoideus'un proksimal yapışma yeri eklem dışında olup (klavikula, akromion ve spina skapula), bu üç grup kas humerusta aynı noktaya yapışırlar. Kolun istirahati durumunda, makaslama kuvveti bütün kas kuvvetinin %89'unu oluşturur ve humerusu vertikal yönde çeker. Bu esnada kompresyon vektörü kas gücünün sadece %45'ini oluşturur. Elevasyon derecesi arttıkça makaslama kuvveti düşer ve kompresyon vektörü artar. 60° abduksiyonda bu iki vektör eşit hale gelir. Bu derecelerin üzerinde kompresyon artar (Şekil 4)

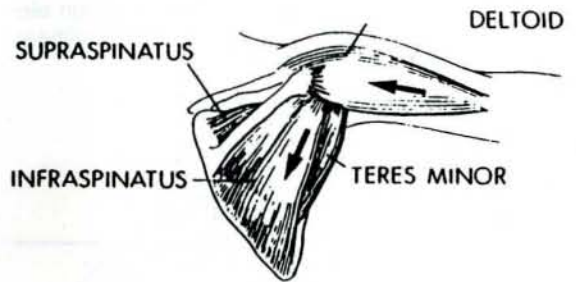
En çok kullanılan kol pozisyonu 45° abduksiyon olup, bu pozisyonda rotator manşet üzerine makaslama kuvveti binmekte ve bu etki rotator manşet ile akromion arasında potansiyel sıkışmaya (impingement) yol açabilmektedir.



Şekil 4: Omuz eklemine binen kuvvet vektörlerinin A. 30° abduksiyon ve B. 90° abduksiyondaki yönleri

Rotator manşet kasları m. deltoideus ile karşıt çalışmaktadır. Çekiş yönleri horizontal ve kaudaldır. M. supraspinatus fossa supraspinatustan çıkar ve büyük tüberküle yapışır. Genelde horizontal konumdadır. Glenoid eklem yüzüyle 70° bir açı yapar. Bunun sonucu olarak da kas gücünün %93'ü kompresyon, %4'ü ise makaslama kuvveti gösterir. Diğer üç rotator manşet (infraspinatus, teres minör, subskapularis) ise kaudal çekim gösterir. M. infraspinatus ve m. subskapularis eklem ile 45°, m. teres minör 55°'lik açı yapar. Kaudal yönde kas gücünün %71-82'si oranında etki eder. Bu etki m. deltoideus'un yukarı çeken kuvvetine ters bir kuvvettir (16).

Kolun abduksiyonu rotator manşet ve m. deltoideus'un uyumlu çalışması ile mümkündür (7) (Şekil 5).



Şekil 5: M. Deltoideus ve rotator manşetin uyumlu çalışması sonucunda optimal bir abduksiyon gerçekleşir

Omuzun kas kontrolü:

Glenohumoral eklem 12 kas tarafından kontrol edilir (22). Bu 12 kas anatomik olarak üç fonksiyonel gruba ayrılır (16).

1. Yüzeysel grup: M. deltoideus'un üç lifinden oluşur. Primer fonksiyonu kolun elevasyonudur. Bu

kasa ayrıca m. pektoralis major'un klaviküler kısmı, m. korakobrakialis ve m. bicepsin uzun kolu yardımcı olmaktadır (12).

2. Derin grup Rotator manşet, (m. supraspinatus, m. subskapularis, m. infraspinatus ve m. teres minor); Bunlar kısa kaslar olup, eklemi proksimalden öterler. İki ana fonksiyonları vardır : rotasyon ve stabilizasyon

3. Periferik grup: Orijinini toraks duvarı ve skapuladan alır. Önde m. pektoralis major'un sternal bölümü ve arkada m. latissimus dorsi bulunmaktadır. Depresör ve adduktor görevleri vardır.

Postüral stabilite

Glenohumeral eklem istirahat pozisyonunda eklem yumuşak dokular tarafından asılmaktadır. Eklem yer çekimine olan konumu böyle bir ligamentöz gerginliği gerekli kılmaktadır. Ancak devamlı ligamentöz gerginlik iskemi, ağrı ve uzamaya yol açar. Bu sebeple muskuler gerginlik aralıklı olsa dahi gereklidir (15). Ancak bu şekilde, ligaman gerginliği azalabilir ve bütünlük sağlanabilir. Musküler gerginlik istirahat ve yürüme esnasında farklılıklar gösterir.

İstirahat halinde ve erek pozisyonda omuz çevresi kaslarında herhangi birelektromiyografi (EMG) aktivitesi görülmez. Ele herhangi bir şey alındığında m. supraspinatus ve m. deltoideusun posterior liflerinde aktivite artışı görülür (1). M. supraspinatusun asıl görevi bilindiği gibi kompresyondur (18). M. deltoideusun arka lifleri diğer liflerinden farklı olarak eklem oblik olarak yapıştıklarından bu etkiye onlar da katılır. Ele ağırlık alındığında kuvvete aksi yöndeki kasların, örneğin m. deltoideus'un neden çalışmadığı sorulabilir. En önemli sebep, bu kasların çalışmasının humerus başını glenoid yuva içersinde tutmaya yetmeyeceğidir. Bu bir örnek ile şöyle açıklanabilir: Bir basket topunu düz bir duvarda sabit olarak tutmak istediğinizde topun yerçekimi kuvveti ile düşmesini engellemek için yerçekimi kuvvetine aksi yönde eşit bir kuvvet uygulamanız gereklidir. Halbuki topu duvara doğru iterseniz (kompresyon) yer çekimine karşı topu çok daha az bir kuvvetle sabit tutabilirsiniz. Aynı şekilde humerus başını glenoid içersinde tutabilmek için aşağı doğru çekme kuvveti kompresyon ile rahatlıkla karşılanabilmektedir. Yürüme esnasında m. supraspinatus'ta gene devamlı bir aktivite artışı söz konusudur. Bununla beraber yürümede kolun pozisyonuna göre, yani ön veya arkada oluşuna göre deltoid adalesi aktivite artışı gösterir. Arka deltoid ve orta deltoid kolun geriye gittiği bölümde aktive olurlar. Öne deselerasyon esnasında ise m. latissimus dorsi ve m. teres major aktivite gösterirler. Bu fazda ön deltoid, m. biceps ve m. triceps'te herhangi bir aktivite artışı gözlenmez.

Rotator manşet glenohumeral eklem dinamik stabilizatördür. M. supraspinatus, m. infraspinatus ve m. subskapularisin gerek kendi aralarında, gerekse m. deltoideus ile senkronize çalışması başı glenoid içersinde stabilize etmektedir (7,16).

Koordine hareket:

Normal bir insan kolunu 16 000 değişik pozisyonda tutabilir. Diğer bir deyişle her 1° değişim düzeyinde yeni pozisyon alabilme yeteneği vardır (16). Balerin yada şampiyon bir atlet bu rakamı daha da yükseltebilir. Bu hareket yeteneği kasların koordine çalışmasına bağlıdır. Hareketleri tek tek inceleyecek olursak: elevasyon, deltoid ve supraspinatus adalelerinin yardımıyla gerçekleşir. Deltoid adalesi major adaledir. Üç önemli parçası vardır. Bunlar anterior, orta ve posterior olup orta parça en önemli bölümdür ve dominanttır. Elevasyonun bütün şekillerinde olaya katılır. Skapuler planda elevasyonda anterior ve orta deltoid kombine çalışır. İlk derecelerde orta deltoid kas çalışırken daha sonraları anterior deltoid olaya katılır. Posterior deltoid 60° üzerinde çalışır ve diğer iki grup kadar aktivite göstermez.

Öne fleksiyonda anterior deltoid major kastır. Aynı zamanda pektoralis major adalesinin klaviküler lifleri de aktivite gösterir. Ancak öne fleksiyonda yüzeyel adaleler hareketin %30'unu oluştururlar. Koronal planda abduksiyonda posterior deltoid adalesi major rol oynar.

Deltoid adalesinin etkinliği fonksiyonel lif uzunluğu ile orantılıdır. Etkinlik kol aşağıda iken en yüksektir, tam elevasyonda azalır. Tam elevasyonda anatomik olarak kasın boyu %33 azalır, buda kasta güç kaybına yol açar. Bu sebeple eğer skapuler hareket olmasa deltoid ile 90° abduksiyon mümkün olurdu. Deltoid kasındaki giderek azalan güç kaybı, skapulanın rotasyonu ile kompanse edilmektedir. Ayrıca rotasyon esnasında glenoid humerus başının altına doğru yer değiştirerek destek görevi görmektedir. Elevasyon için m. deltoideus ve m. supraspinatus'un birlikte çalışması en etkin hareketi sağlar. 30° abduksiyon için deltoid kasının maksimal gücünün %54'ü gereklidir. M. supraspinatusun tek başına 30° abduksiyon için maksimal gücünün %98'i gereklidir. Eğer iki adale birlikte çalışırsa bu oran her iki kas için %35 inmektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi m. supraspinatus elevasyonda büyük önem taşımaktadır (7,14).

Supraspinatus adalesi kolun her abduksiyon derecesinde aktif durumdadır. Ancak kaldıraç kolunun kısa olması (2cm), ve dar bir alana sahip olması (6cm²) gücünü sınırlamaktadır.

Deltoid ve supraspinatus adalesinin kombine çalışması kol elevasyonunun her üç paterninde de yani, fleksiyon, nötral elevasyon ve abduksiyonda da gözlenir.

Önceki yıllarda supraspinatus adalesinin abduksiyon aksiller blokajdan sonra da abduksiyon mümkündür (5). Gücün %50'si kaybedilse de kol abduksiyon yapabilmektedir. Zaten literatürde deltoid paralizisi olan hastalarda tam elevasyon yapılabildiği bildirilmiştir (19). Bu olayda elevasyona biceps ve korakobrakial adalelerinde yardımcı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Hem supraskapuler, hemde aksiller blok yapıldığında abduksiyon yapılamamaktadır. M. supraspinatus ve m. deltoideus, kol abduksiyonunda vazgeçilmez bir önem taşımaktadırlar.

M. infraspinatus, m. suprascapularis'ten sonra en aktif rotator manşet adalesidir. Infraspinatus, subskapularis ve teres minör kaslarının asıl görevi humerus başının glenoid içinde rotasyonudur (9). Subskapuler adale iç rotasyonda etkilidir, ancak diğer iç rotatorlarla (m. pektoralis major, m. teres major ve m. latissimus dorsi, gibi) beraber çalışır.

Biceps kasının tendonu, bilindiği gibi eklem içerisinden geçer ve asıl olarak humerus başını deprese eder. M. biceps uzun başı dirsek fleksiyonunda önemli bir yer tutmaz, görevi daha çok glenohumeral eklem stabilizasyonudur.

Horizontal ekstansiyon ve eksternal rotasyon özellikle tenis, beyzbol ve bazı yüzme stillerinde sık kullanılan bir harekettir. Bu hareketin en önemli komplikasyonları, posterior sıkışma ve anterior subluksasyondur (8,9).

Posterior deltoid adalesinin faaliyeti ile baş glenoidinde doğru komprese edilir. M. deltoideus diğer adalelere göre (m. infraspinatus, m. teres minör) yapışma yeri itibarı ile daha geniş bir kaldıraç koluna sahip olduğu için, başı aynı zamanda anteriora doğru zorlayıcı bir kuvvet uygular. Horizontal hiperekstansiyon ve aynı zamanda uygulanacak dış rotasyon anterior subluksasyon eğilimini artırır ve başı kapsüle doğru bastırır. M. infraspinatus burada horizontal hiperekstansiyon ve dış rotasyondan sorumludur. Ancak kasın yapışma yeri itibarı ile posterior deltoidin etkisi azalır ve subluksasyon önlenir.

Hiperekstansiyon, eksternal rotasyon ile subskapuler adalenin aktivitesi artar ve humerus başında luksasyonu önleyici bir bariyer oluşturur. Ayrıca m. pektoralis major'da bu etkiye yardımcı olur. Bunun klinikteki önemi habituel çıkıklarda subskapuler adalenin güçlendirilmesi gerektirir (9).

Skapulotorasik Artikülasyon:

Levator skapula, üst, orta ve alt trapezius, romboid ve serratus anterior, skapulayı kontrol eden fonksiyonel adalelerdir. Bu adalelerin omuz hareketlerinde sinerjik aktiviteleri mevcuttur. İstirahatte skapula kol ağırlığı ile normalde aşağı doğru yönelir. Pasif ekstansiyonu omuzun derin fasyası sağlar, aktif suspansiyon m. levator skapula ve trapeziusun üst bölümündedir. Skapulaya rotasyon yaptıran kaslar m. trapezius ve m. serratus anterior'dur. M. levator skapula 'da bir miktar bu rotasyona katılır. Skapulanın aşağıya rotasyonu abduksiyonu artırıcı bir etki yapar, ayrıca humerusun akromial ark altında sıkışmasını önler, glenoidi humerus başının altına yerleştirir ve deltoid liflerinin humerus ile olan uzaklığını korumaya çalışarak etkisinin düşmesini önler. Maksimum skapula rotasyonu trapezius ve serratus adalelerinin birlikte çalışması ile mümkündür. Yüzücülerde yapılan bir çalışma serratus adalesinin daha etkili olduğunu göstermiştir (14). Anatomik olarak serratus adalesi gösterdiği fonksiyondan daha fazla ve etkili çalışabilecek kapasiteye sahip bir kastır. Bu nedenle bu kasın özel çalışmalarla güçlendirilmesi subakromial sıkışma sendromu (impingement) tedavisinde önemli bir yere sahip olacaktır.

Skapula adduksiyonu orta trapezius ve romboid kaslar yardımıyla gerçekleşir, m. latissimus dorsi adduksiyona belli oranda katılır. Ayrıca skapulanın öne abduksiyonu ve depresyonu mevcuttur. Özellikle skapulanın depresyonu ile omuzlar gövdeye yaklaştırılır ve stabilize edilir. Serratus anterior, alt trapezius, sternal pektoralis major ve latissimus dorsi kasları bu hareketi gerçekleştirir. Bu sayede bütün vücut ağırlığı taşınabilir.

Özetlenecek olursa:

1. Omuz eklemi uzayın her üç boyutunda da hareket eden bir eklemdir. Hareketleri elevasyon, internal ve eksternal rotasyon, horizontal fleksiyon ve ekstansiyondur.

2. Kolun elevasyonu; eklemin hareket düzlemi, skapulo humeral ritm ve rotasyon merkezi dikkate alınarak incelenmesi gerekli kompleks bir harekettir.

3. Kolun uyumlu çalışması rotator manşet ve m. deltoideus'un uyumlu çalışmasına bağlıdır. M. supraspinatus rotator manşet kasları içerisinde majör kompressör kastır. Kolun istirahat halinde ekleme binen makaslama kuvveti bu kas grubu tarafından karşılanır. Eğer bu grup kaslarda zayıflık yada yırtık varsa gleno-humeral eklem, gelen makaslama kuvvetine karşı gelemmez.

4. Eklemin uzaydaki konumunun korunabilmesi için ligamentöz gerginlik yanında musküler gerginlik şarttır.

5. Supraspinatus adalesi kol 0° abduksiyonda iken ele herhangi bir ağırlık alındığında aktivite gösterir. Bu esnada deltoid adalesinin sadece posterior liflerinde aktivite artışı vardır.

6. Rotator manşet gleno humeral eklemin dinamik stabilizatörüdür. Bu adalelerin hem kendi içlerinde hemde deltoid ile birlikte koordine çalışmalarını humerus başını glenoid içinde stabilize eder.

7. Skapulanın rotasyonu abduksiyona yardım eder. Rotasyon hareketi aynı zamanda humerusun akromial ark içinde sıkışmasını önler.

8. Multidireksiyonel instabilitelerin ve subakromial sıkışma (impingement) sendromunun fizyopatolojilerinin anlaşılmasında omuz eklemi biomekaniğinin bilinmesi tedavi planlanması açısından gereklidir.

Kaynaklar

1. Basmajian J.V., Bazant F.J.; Factors preventing downward dislocation of the adducted shoulder joint, J. Bone Joint Surg. 41A:1182-1186 (1959)
2. Bechetol C.O., Biomechanics of the shoulder Clin. Orthop. 146:37 (1980)
3. Boone D.C., Azen S.P.; Normal range of motion of joint in male subjects J. Bone Joint Surg. 61A: 756 (1979)
4. Codman E.A.; The Shoulder (G. Miller) Brooklyn NY 1934
5. Colachis S.C.Jr., Strom B.R.; Effects of supraspinatus and axillary nerve blocks on muscle force in upper extremity. Arch. Phys. Med. Rehabilitation 52:22 (1971)
6. Freedman L., Munro R.; Abduction of the arm in the scapular plane, scapular and glenohumeral movements, J. Bone Joint Surg. 48A: 1503 (1966)

7. Ilman V.T., Saunders J.B., DE C.M., Abbott L.C.; Observations on the function of the shoulder, J. Bone Joint Surg. 26: 1-29 (1944)
8. Jobe F.W., Tilbone J.E., Perry J., Moyney D.; Ar EMG analysis of the shoulder in trowing and pitching. A preliminary report , Am. J. Sport Med.11:3 (1983)
9. Jobe F.W., Moyney D.M., Tilbone J.E., Perry.J.; An EMG analysis of the shoulder in pitching. A seconder report. Am. J. Sport Med. 12:218 (1984)
10. Johston T.B.; The movements of the shoulder joint B. Journal 25:252 (1937)
11. Kapandjia I.A.; Funktionelle anatomie der Gelenk Band 1, Ferdinand Enke Verlag 1984
12. Matsen F.A.II; Biomechanics of the skeletal system, Lea-Febiger Philadelphia 1980
13. Neer C.S.II., Craig E.V., Fukuda H.; Cuff tear arthropaty J. Bone Joint Surg. 65A: 1232-1244 (1983)4
14. Nuber G.W., Jobe F.W., Derry A.; Metal fine EMG analysis of the shoulder during swimming, Am. j. Sport Med. 14:1 (1986)
15. Rathburn J.B., Mac. NAB I.; The microvaskuler pattern of the rotator cuff, J.Bone Joint Surg. 52B: 540 (1970)
16. Perry J.; Biomechanics of the shoulder In The Shoulder S:1-15, Edit: Rowe, Churchill Livingstone 1988
17. Poppen N.K., Walker P.S.; Normal and abnormal motion of the shoulder J. Bone Joint Surg. 58A: 195 (1976)
18. Poppen N.K., Walker P.S.; Forces at the glenohumeral joint in abduction Clin. Orthop. 136: 165 (1978)
19. Saha A.K.; Mechanics of elevation of glenohumeral joint Acta Orthop. Scand. 44: 668 (1973)
20. Staples O.S., Watkins A.L.; Full active abduction in traumatic paralysis of the deltoid, J. Bone Joint Surg. 25: 85 (1943)
21. Walker PS. ; Human Joints and Their Artificial Replacements, Charles c. Thomas, Springfield, 1977
22. Williams P.L., Warwick R.; Grays Anatomy 36th edit WB Saunders Philadelphia 1980

Yazışma adresi

*Op. Dr. Mehmet Demirhan
İstanbul Üniv. İstanbul Tıp Fakültesi
Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı
34390 Çapa, İstanbul, Türkiye*