

VÜCUT HAREKET SİSTEMİ MEKANİĞİ

Cemil TATLIBAL

D.E.Ü. Buca Eğitim Fakültesi Beden Eğitimi ve Spor Böl. MANİSA

Kuvvet, hareket üreten itme veya çekme olarak tanımlanabilir. İnsan vücudunun hareketleri de iki ayrı kuvvetin birbirini etkilemesinin bir sonucudur; iç ve dış kuvvetler. Bu kuvvetlerin ve hareketlerin incelenmesi biyomekanik konusudur. Biyomekanik ise, bir performans antropometrik, kineziyolojik, anatomik bilgilerin ve mekanik yasaların yardımı ile nasıl analiz edeceğimizi açık ve net şekilde gösterir. (3,4)

Sporla dikkat edilmesi gereken kuvvetler ve ya insan vücudunu hareket ettiren kuvvetler aşağıda gösterildiği gibi iki kategoride sınıflandırılabilir (8):

1- Dış kuvvetler

a) Yerçekiminin çekim kuvveti (mg)
b) Sporcuya etki eden yerin karşı kuvveti (normal kuvvet= N)

c) Hava Kuvveti (F_I)

d) Sürtünme kuvveti (F_u)

2- İç Kuvvetler

a) Kas kuvveti (F_m)

b) Kirişlerdeki ve bağlardaki kuvvetler (Pasif iç kuvvetler= F_u)

Sportif hareketlerde bu kuvvetlere ilaveten giyim, aletler, araçlar, her birinin kuvveti ve yönü, momentumu, rakibin kuvveti vb. önemli faktörleri sayabiliriz. Aynı zamanda oyun stratejisi, korku, motivasyon ve diğer biyomekanik olmayan faktörler de söz konusudur. Bir performansın analizini yaparken dış (external) ve iç (internal) mekaniğinin birlikte ele alınması gerekir. İçsel mekanik kemik-kas kaldırma sistemleri, çeşitli vücut dokularının gerilim rezistansları, iç sürtünme, hareket sınırları ve diğer sayısız organizma içi çalışmalara bağlıdır. Burada sadece, iç kuvvetleri oluşturan kemik-kas kaldırma sistemlerinden ve mekanik prensiplerinden söz edilecektir. Bu konu aynı zamanda hareket (motor) becerilerinin öğretilmesi bakımından da önemlidir (7,8).

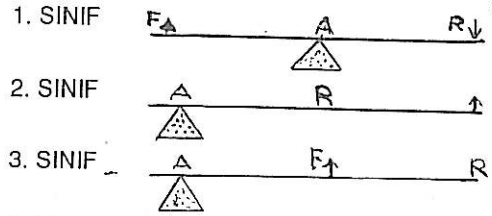
Bir kasın uygulayabileceği kuvveti onun fizyolojik kesit alanına-fibrillerin düzenine, uzunluğuna, gerilebildiği mesafeye, ısı, enerji ve antrenman durumuna bağlıdır. Kas kuvveti hakkında bir yargıda bulunmak için ayrıca kasın üzerinde çalıştığı ekleme nasıl bağlandığında bilinmesi gerekir (3,7,8).

KALDIRAÇ HAREKETİ VE KALDIRAÇLARIN SINIFLANDIRILMASI

Vücuttaki hareket bir kaldırma sistemi vasıtasıyla meydana gelir. Bilindiği gibi kaldırma, eksen ya da dayanma noktası denilen sabit bir nokta üzerinde dönen bir sert çubuktur. kaldırmanın olagan fonksiyonu mekanik verim kazanmaktır. Bu sayede, uzak mesafeden sarfedilen az bir kuvvet daha yakın mesafede iş gören daha büyük bir kuvvete dönüştürülebilir. Kaldırma sisteminde mekanik verim, kuvvet kolu uzunluğunun direnç kolu uzunluğuna oranıdır. Çoğu makinalarda bu uygulama kuraldır; bununla birlikte, insan vücudunda bu ilişki bir-iki durum dışında, bunun tersidir ve birleşik mekanik verim kaybı ile kazanılan hareket mesafesi ve hızı görürüz. Vücutta gerçekleştirilen hareketlerin çoğu bu prensiple yerine gelir. Sadece bu hareket saye-

sindedir ki vücudun dik duruşu (erect postur), yürümeyi, koşmayı sıçramayı, yüzmeyi ya da başka nesnelere beceriyle kullanmada olduğu gibi herhangi bir şekilde hareket ettirmeyi gerçekleştirir (2).

Kaldırma uygulanan bir kuvvet bir direnç veya ağırlık hareket ettirmek için kullanılır. Kaldırma ya hız veya kuvvet bakımından bir mekanik üstünlük sağlarlar. Bir kaldırmanın sınıfı eksen veya dayanma noktası ile kuvvet ve direncin uygulandığı noktalar dikkate alınarak belirlenir. Bundan dolayı kaldırma bu üç noktanın birbiriyle bağıntılı pozisyonlarına bağlı olarak üç sınıfa ayrılır (Şekil 1), (5,4).

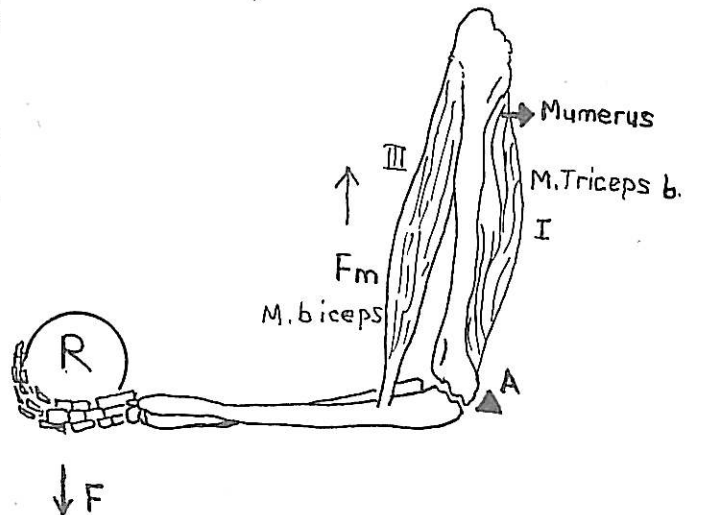


Şekil 1. Kaldırma sınıfları

Şekil 1'de üç kaldırma sınıfı görülmektedir. Uzun düz çizgiler kaldırma çubuklarıdır.

A, eksen veya dayanma noktası, R, direnci veya ağırlığı temsil ediyor, F ise kuvvetin uygulama noktasıdır. Dayanma noktasından direncin uygulandığı noktaya kadar olan mesafeye kaldırmanın direnç-kolu veya ağırlık-kolu denir. Kuvvetin uygulandığı nokta ile dayanma noktası arasındaki mesafeye ise kuvvet-kolu veya güç-kolu denir. (3,4,8.).

Vücutumuzda hareketin meydana geldiği eklem destek noktası olur. Kuvvet kasların kasılması ile sağlanır. Kasların tutunma noktası (insertio noktası) kuvvetin uygulandığı kuvvet noktalarıdır. Direnç hareket ettirilecek vücut parçası ve o parçaya eklenen herhangi bir parça olur (Şekil 2).



Şekil 2'de görüldüğü gibi, kasların insertio noktası ile dayanma noktası arasındaki mesafe kuvvet-kolu, direnç ile dayanma noktası arasındaki mesafe direnç veya yük-kolu'nu temsil ediyor.

KALDIRAÇ YASASI

Üç sınıfın tümüne hitaben kaldırma yasası, kuvvet ile kuvvet-kolu çarpımı, direnç ile direnç-kolu çarpımına eşit olduğundan kuvvetin tam olarak direnci dengeleyeceğini ifade eder. Bu kural, "mekanikğin altın kuralı" dır. (3).

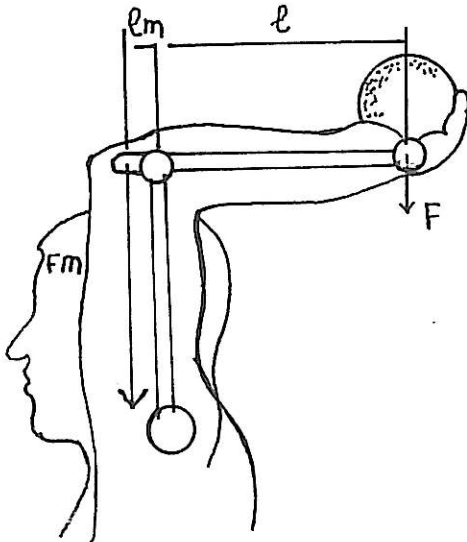
$$\text{KUVVET} \times \text{KUVVET-KOLU} = \text{DİRENÇ} \times \text{DİRENÇ-KOLU}$$

$$F_m \times l_m = F \times l$$

Belli bir uzaklıkta bir kaldırma üzerine uygulanan bir kuvvet düşündüğümüzde, gerçekte bir dönme hareketi olayını düşündüğümüz için, kaldırıcın her iki koluna harcanan dönme momentinin eşit olduğu durumda dengenin sağlanmış olduğunu söyleyebiliriz. Kaldırma yasası hakkındaki bu ifade, kaldırıcın kendi iki kolunun ağırlığını ihmal ediyor ve bu belirli durumlarda gözönüne alınması gereken çok önemli bir faktördür (8).

Bir kaldırma kendi eksenini etrafında dönerken kaldırma üzerindeki tüm noktaların kavrisli bir şekilde hareket ettikleri görülür. Bir kaldırma eksenini etrafında hareket ettikçe kaldırma üzerindeki her noktanın üzerinde oynadığı mesafe eksene olan mesafe ile doğru orantılıdır. Bu durum destek noktasından en uzaktaki nokta en büyük mesafeye hareket edecektir ve bu mesafeyi aynı zamanda hareket ettirecek destek noktasının daha kısa bir mesafeye yaklaşmasını sağlayacaktır. Örneğin Şekil 2'de kas III durumunda eğer ağırlık, kas gibi eksenden diyelim ki altı defa daha uzaksa, kas 3 cm. kasıldığında ağırlığın 18 cm. kadar kaldırılacağından, kazanılan uzunluk aynı zamanda kazanılan hız demektir (3,4). Kaldırma kollarının uzunluğu kasın kasılması için gereken zamanı etkilemediğinden kazanılan uzunluk aynı zamanda kazanılan hız demektir.

Şekil 2'de görüldüğü gibi, vücutta, kuvvet (F_m) genellikle çok uzaktaki bir direncin (F) üstesinden gelmek için kısa bir kas yoluyla (l_m) uygulanır. Kas liflerinin tüy şeklindeki tertibi büyük miktarda kuvvet sağlar ve kaldırma kuvveti büyük miktarda hareket ve hız mesafesi verecek şekildedir. Bu yapı planı, vücutta sadece gerekli olan tüm kuvvet, hız ve hareket mesafesini vermekle kalmaz ayrıca yapı sağlamlığı, daha uzun kuvvet kolları yerine kemiklere çok daha yakın uzanan kasları da kazandırır. (Şekil 3)



Birinci Sınıf Kaldırma:

Dayanma noktası kuvvetin uygulandığı nokta ile direncin karşılandığı nokta arasındadır. (Şekil 1.2.3). Sonuç olarak kuvvet ve direnç aynı yönde davranırlar ve kaldırıcın iki kolu farklı yönlerde hareket ederler. Şekil 3 ve 2'deki Kas I'nin (Triceps) hareketine dikkat edin. Bu durumda dirsek ekleminin (A) dayanma noktası olarak iş görür. Bu daha büyük hareket alanı ve hızı kazanmak için kuvvetin feda edildiğini gösterir tipik bir örnektir.

Şekil 3'de görüleceği gibi, dirsek 90 derece açıyla bükülmüş durumda tutuluyor. Elde avuç içinde 7 Kg. bir gülle var. M. triceps'in kasılma kuvveti ne kadardır?

Avuç içinin uygulayacağı kuvvetin dayanak noktasından yani dirsekten 35 cm. mesafededir. Üç başlı kas (M. triceps b.) dayanak noktasının karşı tarafından ve 5 cm. uzağındaki Ulna'nın dirsek çıkıntısına (olekranona) üç başlı birleşerek tutunmuştur (1).

Kaldırma yasasından:

$$F_m \times l_m = F \times l$$

$$X \times 5 = 70 \times 35$$

$$5X = 2450 \text{ N}$$

$$X = 490 \text{ N}$$

g = 9.81 m/s² yaklaşık olarak 10 olarak alınmıştır.

İkinci Sınıf Kaldırma:

Çoğu kineziyolojistler ayak parmakları üzerinde yükselme hareketini 1. 2. ve 3. sınıf kaldırma faaliyetine bir örnek olarak bir çok şekilde göstermişlerdir. Bununla birlikte statik dengede herhangi bir nokta dayanma noktası olarak seçilebilir. Bu nokta etrafında saat yönündeki ve saat yönünün aksi istikametindeki dönme momentlerinin toplamı eşit olacaktır. Bu bakımdan, ilgili bütün dönme momentleri düşünülerek şartıyla, savunulan kaldırma türü önemsizdir. İkinci sınıf kaldırma direnç kolundan daha uzun kuvvet-kolu mevcut olur, hız ve hareket dizisi aleyhine bir üstünlük meydana getirir. Bundan dolayı daha uzun bir kuvvet-kolu ile kimi direnci hareket ettirmek için daha az bir kuvvete ihtiyaç vardır (4,8).

Üçüncü Sınıf Kaldırma:

Vücutumuzdaki birçok kaldırma üçüncü sınıf kaldırmalardır. (Şekil 2'de kas III.) Bu sınıftaki kaldırma kuvvet, dayanma noktası ile direnç arasında uygulanır. kas kuvveti ve direnç aksi yönlerde hareket ederler ve kas kuvveti dirençten her zaman daha büyük olmak zorundadır. Şekil 2'deki kas III F'de daha büyük mesafe ve hız kazanmak için kuvvetin yine nasıl feda edildiğini görmek mümkün. Dirence karşı kolu bükten iki başlı kasın (M. Biceps b.) hareketi tipik bir örnektir.

Şekil 2'de olduğu gibi, 7 Kg.'lık bir gülle elde tutulmaktadır. Biceps'in 90 derecelik açıyla kasılması için dirsek bükülmüştür. Daha da basitleştirmek için ön kolun ağırlığını da dikkate almalıyım. Dayanma noktası dirsek ekleminde. Eğer dayanma noktası ile iki başlı kasın tutunma yeri arasındaki mesafe 4 cm ve gülle merkezinden dayanma noktasına olan mesafeyi de 40 cm. kabul edersek kaldırma yasasını uygulayarak biceps'in sarfettiği kuvveti bulabiliriz.

$$F_m \times l_m = F \times l$$

$$X \times 4 = 70 \times 40$$

$$4X = 2800 \text{ N}$$

$$X = 700 \text{ N}$$

Eğer hesaplamamıza ön kolun ağırlığını da dahil

etmek istersek ki etmeliyiz ağırlığın ve ağırlık merkezinin nerede bulunduğunu bilmeliyiz. Ön kol ve elin ağırlığının 2 kg. ve ağırlık merkezinin dayanma noktasından 15 cm. mesafede olduğunu kabul edersek, sadece bu kaynaktan yola çıkarak dirsek civarındaki dönme momentini hesaplayabiliriz:

$$15 \times 20 = 300N$$

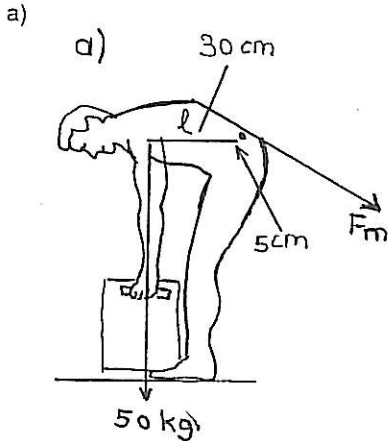
Bunu güllenin sarfettiği 2800N. dönme momentine ilave ederek, kolun ve güllenin ağırlığının sarfettiği toplam dönme momentini 3100N olarak buluruz. Bu dönme momenti iki başlı kasın kasılmasıyla sarfedilen kuvvetten doğan aksi yöndeki dönme momentiyile tamamen dengelenmelidir.

$$\text{KUVVET} = \frac{\text{Dönme momenti}}{\text{Kaldıraç-Kolu}}$$

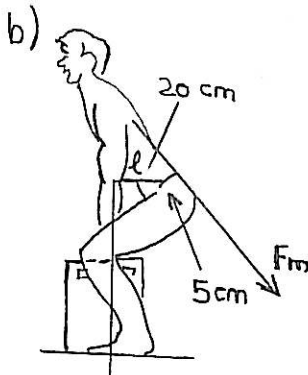
$$\text{Kuvvet} = \frac{3100}{4} = 775N. \text{ Biceps'in sarfettiği kuvvet}$$

Bu nedenle bir kasın ağır bir nesneyi kaldıracak kapasitesi iki etkene, onun eklem üzerindeki konumuna ve fizyolojik kesit alanına bağlıdır. Kasın kendi kendini kasabildiği kuvvet kasın kuvveti hakkında yeterli bilgi vermez. Bu moment (m) uygulayabilme kapasitesi ise kasın kuvveti hakkında tam bilgi edinilmesini sağlamaktadır.

Vücudun kaldıraçlarının uzunluğu eklemlerin uzanması veya esnemesi ile değiştirilebilir. Esneme direnç-kolu'nu kısaltır. Dolayısıyla kaldıraçın kuvvet üstünlüğünü artırır. Ağır bir nesneyi kaldıran bir kimse, kaldırırken vücuduna nesneyi yakın tutmak suretiyle daha kısa bir direnç sağlar. Bir eklemdaki uzama kaldıraçın uzunluğunu artırır ve bu da kaldıraçın distal ucunda daha büyük hareket ve hızı neden olur (Şekil 4).



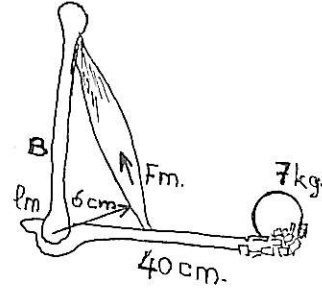
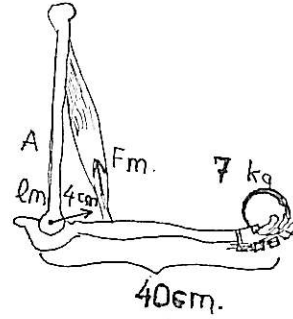
$$Fm \times 5 = 500 \times 30 \quad Fm = 3000 N.$$



$$Fm \times 5 = 500 \times 20$$

$$Fm = 2000 N.$$

Şekil : 5

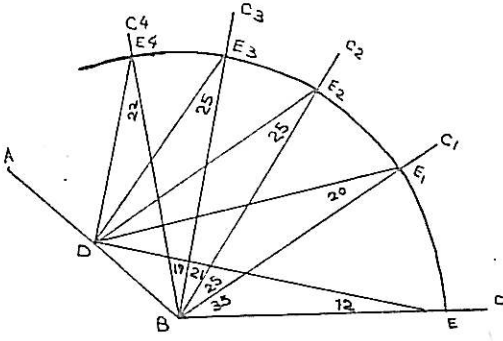


Şekil 5 = Problemin koşulları şekil üzerinde gösterilmektedir.

Spor faaliyetleri kasların kasılmasından kaynaklanan iç kuvvetten yararlanır ve bir vücut parçasını (portio'nunu) veya bir aygıtı hareket ettiren kuvveti üretir. Hem kütle hem de hız üzerinde yapılan yakın bir inceleme bunların hız ile nasıl ilgili olduğunu görmeye yarayacak ve sporcunun özel faaliyeti için gerekli kuvveti en etkin bir şekilde nasıl üreteceğini anlamasına yardımcı olacaktır (2,3,48). Ancak iç = kuvvet üretimi ile ilgili tartışma burada söz konusu edilmeyecektir.

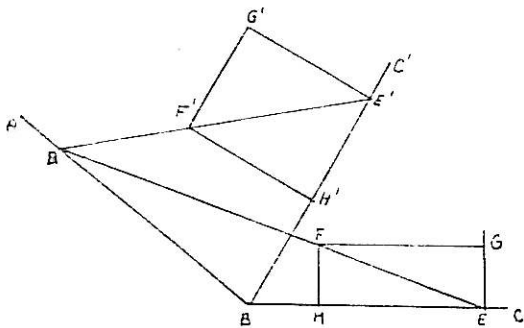
Çekme açısı: Kasların hareketi, kaldıraç kollarının uzunluğunun yanı sıra çekme yönü bakımından da çeşitlilik gösterir. Önceki sayfalarda verilen örneklerde (1 ve 3. sınıf kaldıraç örneklerinde) kuvvetin kaldıraca dik açılarda uygulandığını kabul ettik. Ancak, vücut kaldıraçları üzerindeki kasların hareketine verilen bu örnekler bir istisnadır. Açık ki, eklemlerin çok fazla bükülme ve uzanma pozisyonlarında bu kaslar çok daha küçük açılarda kasılırlar. Bir çok kas 20 dereceden daha büyük bir açıda kasılmaz (54,7,8).

Şekil 6 bir kasın kısalıdıkça çekme açısının nasıl değiştiğini gösteriyor. Kemik kaldıraç BC pozisyonunda iken çekme açısı DEB 12 derecedir. BC1 pozisyonunda iken çekme açısı DEB 12 derecedir. BC1 pozisyonunda 20 derecedir. BC2 de 25 derece vs. D orjini eksene tutunma noktası E'den daha uzakta olmadıkça çekme açısı asla bir dik açı kadar büyük olmaz.



Şekil 6. - Kemik kaldıraç kas tarafından hareket ettirildiğinde çekme açısının nasıl değiştiğini gösteren diyagram. AB, eksen B'de olan hareketsiz kemiktir. DE kas ve BC hareketli kemiktir. Kas kısalıkça BC1, BC2 vs. pozisyonlarına gelir, kas da DE1, DE2 vs., pozisyonlarına gelir, DEB çekme açısıdır.

Şekilde görüleceği gibi, çekme açısı ne kadar küçük olursa belli bir çekme miktarı, kemiği o denli uzağa ve hızlı hareket ettirir. DE kası, bu diyagramda, her seferinde aynı miktarda (kendi tam uzunluğunun sekizde biri) olmak üzere dört kez kasılmış durumda gösteriliyor. Çekme açısı sadece 12 derece olduğu BE pozisyonunda başlayan ilk kasılma BE kemiğini 32 derecelik bir açısal mesafede döndürür. Ancak yine dikkat edilirse, çekme açısı arttıkça kısalma onu sadece 25, 21 ve 19 derecede döndürür. 10-12 derecelik bir açıda kasma (çekme) halinde E noktası, kasın kısaldığı kadarının üç katından daha fazla hareket eder, çekme bir dik açıda olduğunda kasılma ve ortaya çıkan hareket hemen hemen aynıdır. Küçük açıda kasılmanın sağladığı hız ve mesafe kazanç şeklinde gösterilen bir kuvvet kaybı ile dengelenir. Kas E'deki insertion noktasında (tutunduğu yer) kasılır, ancak esnek olmayan BE kemiği E'nin o yönde hareket etmesine izin vermez, kasın kasılmasını iki kuvvete ayırır; bunlardan biri, kemiği eksenli üzerinde hareket ettirmek için EG yönünde çalışır, diğeri de kemiği uzunlamasına hareket ettirmek için EB yönünde çalışır ve sadece B'deki eklemde sürtünmeyi artırmaya yarar (3,4,7).



Şekil 7- AB, sabit kemik, BC, hareketli kemik, B eksen; DE, kas; BC', BC'nin diğer pozisyonu, DE, DE pozisyonunu alır; DEB VE DE'B kasılma açıları; HEGF ve H'E'G'F'.

Şimdi deneysel olarak görülür ki, DE üzerinde herhangi nokta seçersek, F gibi ve BC'ye ikisi dikey, üçüncüsü paralel olan doğrularla HEGF dikdörtgenini kursak, EG kenarının uzunluğu doğru olarak kasın kuvvetinin faydalı kısmını (iş gören) temsil eder, HE etkisiz kısmı, diyagonal FE de toplam kasılma kuvvetini temsil eder. (Şekil 7) Diyagramda açıkça görülür ki, kasılma açısı DE değişirse, dikdörtgenin kenarlarının uzunluğu da değişir; E noktasının E' ne hareket ettirilmesiyse ortaya çıkan daha büyük bir kasılma açısıyla, kenarların nisbi uzunluğu tersine dönerek H'E'G'F' şeklini alır.

EG kenarının EF diyagonaline oranı, DEB açısının her bir ölçüsü için sabittir ve açının farklı ölçüleri için oranlar hesaplanmıştır. Bu orana açının sinüsü denir. Kasın toplam kuvvetiyle kasılma açısının sinüsünü çarpmak suretiyle her açı için faydalı bileşim bulunabilir. Matematiksel ifade;

$$f = fx's'dir. Burada$$

$$f = Etkili kuvvet F = Toplam kuvvet s = Kasılma açısının sinüsü .$$

Bu formülün kas hareketi problemlerine nasıl uygulandığını göstermek için, farzedelim ki, yaklaşık 25 derecelik bir açıyla kaldıraca asılan DE kası 50 Kg.'lık bir kuvvetle kasmaktadır. Sinüs tablosundan 25 derecenin sinüsünün 0,422 olduğunu buluruz. Değerleri formüle yerleştirirsek şöyle olur;

$$f = 50 \times 0,422 \text{ bu da } 21,1 \text{ Kg olarak etkili kuvveti verir. Kaldıraçın uzunlamasına hareket eden kuvveti bulmak için HFE açısının buluruz (90o-25o=65) derece) ve önceki gibi devam ettiririz.}$$

$$f = 50 \times 0,906, \text{ ya da } 45,3$$

Bu yüzden, bu durumda, diyagonal 50 Kg'ı ve iki kenar 45,3 ve 21,1 Kg. temsil eder.

Faydalı kuvvet bileşimini düzgünce "döndürücü bileşim" çünkü kaldıraçın eksenli etrafında dönme meydana getirir, kaldıraç kolu uzunluğu boyunca olan kuvvet bileşimi ise "sabitleştirici bileşim" olarak adlandırılır (3,4,7), çünkü bir çok durumda kemik ucunu eklem yerine daha sağlam bir şekilde oturarak sistemin sabit kalmasına yardımcı olur.

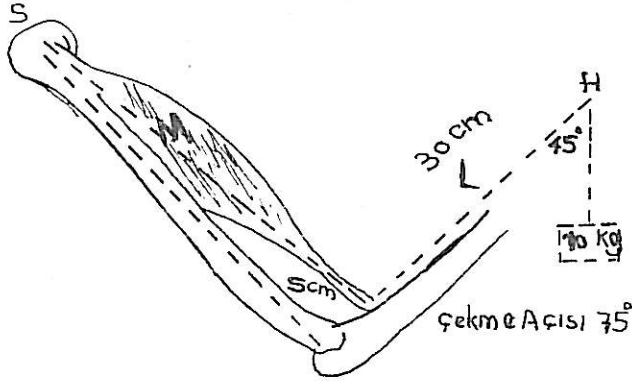
Bir dayanak noktası eklem 90 dereceden az bir açıyla esnediği durumlarda, döndürücü olmayan ya da sabitleştirici kuvvet bileşimi artık kemiğin ucunu eklem içine sokmaya meyletmez, aksine, eklem dışına çıkarmaya ve bu suretle sabitliğini azaltmaya meyler. Böyle bir durumda dahi bir sabitleştirici bileşim olarak adlandırılabilir, ancak değeri negatif olur. Humerus başının gevşek bir şekilde yerinde olduğu omuz kısmında sabitleştirme özellikle önemlidir. Nisbeten büyük bir sabitleştirici kuvvet bileşiminin yokluğunda, belli hareketlilikle yapılan uğraşlar eklem çıkmasına yol açabilir. Çıkma ihtimalinin kesin olduğu daha hareketli durumlarda supraspinal kas, bu maksat için nisbeten büyük bir kuvvet sağlamak suretiyle, çok büyük ölçüde yardımcı bulunur. Diğer bazı durumlarda, kalça gibi, sabitleştirici bileşimin büyük olmasına gerek yoktur, çünkü oyuk derindir ve kalça kemiğinin başı kuvvetli, sıkı bağlarla sağlamca yerinde tutulur. Bir çok pozisyonda vücudun ağırlığı da kalça kemiğinin başını yuva içinde tutmaya meyler.

Sabitleştirici kuvvet bileşimi, faydalı iş yapmada kullanılmayacağından, madem ki makinenin verimliliği söz konusu onca enerji boşa gider. Sabitleştirici kuvvet, döndürücü kuvvete oranla nisbeten

büyük ise, şarntların böyle olduğu her harekette, hareketin verimliliği ister istemez düşük olur.

Direnç açısı:

Kas gibi, direnç de çeşitli açılarda hareket eder (4,8). Şekil 8'de görüldüğü gibi ağırlık daima aşağı doğru düşey olarak hareket eder. Eldeki bir ağırlık, kaldıraç yatay pozisyonda iken aşağı doğru çekme 90 derecedir. Oteki pozisyonlarda daha düşük açılarda hareket eder. Bu durumlarda da kaldıraçın kuvveti iki bileşime ayrılır; kaldıraça dik açılarda hareket eden bir etkilili bileşime ve ona uzunlamasına hareket eden bir etkisiz bileşime ayrılır. Şekildeki gibi, dirsek ekleminde hareket eden bir kasın eldeki ağırlığı kaldırmak için harcamak zorunda olduğu kuvveti araştıralım.



Şekil: 8- Eldeki bir ağırlığı kaldırmak üzere dirsek ekleminde hareket eden bir kasın hareket şartları. S: Omuz. E: Dirsek. M: Kas. H: El. L: Kaldıraç.

Kaldıraç yasasından: $F_m \times 1m = F \times 1$

Sinüs 45 derece = $0.707 F_m \times 0,965 \times 5 = 10 \times 0.707 \times 30$

Sinüs 75 derece = $0.965 F_m \times 4.825 = 212.1$

$F_m = \frac{212.1}{4.825}$ buradan

$F_m = 43.95$ Kg. kuvvet olarak toplam kasılma kuvveti elde edilir.

Kaldıraç yapısı etkisi:

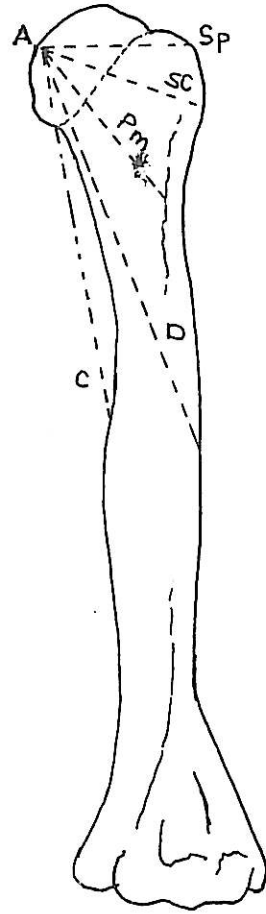
Bir kaldıraçın iki kolu, diğer iki noktadan ek-sene uzanan iki düz doğrudur. Bazen bu iki kol tek ve aynı düz doğrudur. Ancak genellikle böyle değildir (3). Humerus'ü ele alalım, omuz ekleminin eksenini olarak iş gören scapula ile temas noktası, kemik şaftının 2.5 veya 3 cm. yanında bulunur (1,2,4,7).

Çoğunlukla, üzerinde bir çok kuvvetin hep birden etki ettiği karmaşık bir kaldıraç oluşturacak şekilde, elimizde bir esas direnç ve bu yüzden, her biri kendi kas-kolu (kuvvet-kolu) ile hareket eden bir çok kasla birlikte, bir direnç-kolu (Yük-kolu) vardır. Eksen açısının kaldıraç kuvveti yasası üzerinde hiç bir etkisi yoktur. Çünkü kaldıraç sert bir çubuktur ve düz olsada olmasa da aynı şekilde hareket eder. Birleşik kas hareketi problemlerini çözmek için her birini sanki direnç üzerine kendi başına etki ediyormuş gibi ayrı ayrı hesaplayıp sonra sonuçlarını toplayabiliriz ya da her bir kuvvetin kendi koluyla çarpıp kaldıraç yasasını uygulamadan önce sonuçları toplayabiliriz. bunu bir örnekle göstereyim. (Şekil: 9).

Şekil: 9- Humerus üzerinde kaldıraç kollarının gösterilişi.

A : Eksen Sp, supraspinatus'un kaldıraç kolu, Sc (Subscapularis)'in kaldıraç kolu, Pm (Pectoralis major)

D (deltoid), C (Coracobrachialis).



Farzedelim ki, iki kas (Sp ve D) her biri 50 Kg.'lık bir kuvvetle Humerusu çekiyorlar, Sp'deki kuvvet-kolu 3 cm. ve çekme açısı 60 derecedir.

D'deki kuvvet-kolu 13 cm. ve açısı 15 derecedir. Bunların kolun aşağısında 35 cm.'lik bir mesafede üstesinde geleceği direnç ne kadardır:

Sp için sonuç: $3 \times 50 \times 0.866$ ya da 129.9

D için sonuç: $13 \times 50 \times 0.255$ ya da 167.7

İkisinin toplamı: 297.6

Kaldıraçlar yasasından: $297.6 = 8.50$ Kg.

35 etkilili dirençtir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- 1- FENEIS, H., Anatomu sözlüğü. Çev. Dr. Kamuran Birvar. ark. Sermet Mat. Kırklareli-Vize. 1990.
- 2- FEREMBACH, D., Techniques Anthropologiques, I.P.H. Laboratoire d'Anthropologie Biologique. Paris. 1974.
- 3- HOCHMUTH, G., Biomechanics of Athletic movement. Sportverlag Berlin. 1984.
- 4- RASCH, P.J. and R.K. BURKE, Kinesiology and Applied Anatomy, The science of human movement by Lea and Febiger-Philadelphia. 1959
- 5- RICHARDS-SEARS, JEHR-ZAMANSKY, Mekanik, Isı ve Termodinamik. Çev. Prof. Dr. F. Domanıç ve ark. Çağlayan Kitabevi-Istanbul 1974.
- 6- TANNER J.M., The Physique of the olympic Athlete. George Allon and Unwin Ltd. London. 1964
- 7- Tittel, K., Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen. Gustav Fiskcher verlag. 1962
- 8- Wirhed, R., Sport-Anatomie und Bewegungslehre F.V. Schattauer verlag-Stuttgart-New York. 1984.