

Genel Biyomekanik ve Biyostatik

İsmail Hakkı NUR¹

¹Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye

Geliş tarihi/Received: 15.5.2014, Kabul Tarihi/Accepted: 15.8.2014

Özet

Canlılar üzerine etkiyen kuvvetler ve ivmeler ile Biyomekanik analizi yapmak hem uzmanlık işi hemde sofistike tekniklerle mümkün olmaktadır. Hayvanlarda diğer cansız varlıklar gibi aynı fizik yasalarına tabidir. Biomekanik; biyodinamik ve biyostatik olarak iki alt disipline ayrılır. Biodinamik : biyokinematik ve biyokinetik olarak iki alt disipline ayrılır. Biyokinematik hareketin analizini yapmaktadır. Biyokinetik ise hareketlerdeki değişiklikleri analiz eder. Örneğin. Koşan bir köpeğin bacaklarındaki kuvvetin dağılımı gibi hareketin analizini yapar. Biyostatik, düzgün bir hat üzerindeki bir hayvanın dinlenme veya hareket halinde iken hem kendisi hemde organları üzerine dengeye etki eden kuvvetlerin analizini yapar. Örneğin: Denge halindeki bir atın art. humeri ve art. coxae eklemindeki açıların 45° olması ön ve arka Mt/Mc'un yere dik basması demektir. Bu açı 45° den az yada 90° den fazla olması halinde bu kemiklerin yere dik olması mümkün olmayacağı için; kalça, diz, karpal ve tarsal eklemlerde denge bozulacaktır.

Anahtar kelimeler: Biyomekanik, Denge, Anatomi, Veteriner

General Biomechanics and Biostatistics

Abstract

Biomechanics deals with forces and accelerations acting on living organisms, the analysis of which is made possible by a variety of specialized and sophisticated techniques . Animals are subjected to the same physical laws and rules as inanimate bodies; hence, the subdivision of biomechanics is analogous to that of physical mechanics and is distinguished by two subdisciplines: Biodynamics and biostatics. Biodynamics is subdivided into biokine-matics and biokinetics. Biokinematics analyzes motions without taking into account the forces which cause these motions. Biokinetics studies the changes in motion caused by an unbalanced system of forces and determines the force required to produce any -desired change of motion — the analysis of the forces in the legs of a running dog is a good example of this topic. Biostatics deals with forces and their equilibrium acting upon animals and their organs in a state of rest or in motion at uniform velocity in a straight line. For example; In the balanced horse, the humerus is at 45 degrees, as are the femur, scapula, and pelvis. The cannons, both front and rear, are perpendicular to the ground. In the unbalanced horse, the humerus and the pelvis are somewhat less than 45 degrees, while the femur and the scapula are somewhat more than 90 degrees. A horse in this balanced frame will usually have his legs straight under him which means less stress on the suspensories, hocks, stifles, knees, poll and hip.

Key Word: Biomechanic, Equilibrium, Anatomy, Veterinary

İletişim/Correspondence

İsmail Hakkı NUR: Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Kayseri-Türkiye,
E-posta: hnur_55@hotmail.com

GİRİŞ

Biyomekanik kısaca biyolojinin konusunu oluşturan varlıkların davranışlarında mekaniğin kullanılmasdır. Daha doğrusu biyomekanik canlı organizmanın kuvvet, hareket ve duruşu ile meşgul olur. Hayvanlar da genel fizik kanunlarına tabidir. Bunun için, biyomekaniği biyodinamik ve biyostatığe ayırmak yerinde olur. Biyodinamik'de biyokinematik ve biyokinetığe ayrılır. Biyokinematik; hareket ve harekete sebep olan kuvvetleri inceler. Örneğin; yürüyüş halindeki bir atın bacağındaki hareketi inceler. Biyokinetik ise kuvvetteki değişiklikleri inceler ve istenilen hareketi yapmak için gerekli kuvveti tayin eder. Örneğin; koşan bir köpekte bacak hareketlerinin analizi ve kuvvet dağılımlarını inceler.

Biyostatik, linear hareket veya duruş halinde (istirahatte) hayvanın veya insan vücudunun veya organlarının üzerine etki eden kuvvetlerle, bunların dengesini inceler.

Biyomekanik hayvanların yapısal özelliklerini ve hareketlerini analiz etmek için kuvvetli bir vasıtaysa da hayvan vücudunun yapısındaki duruma uyma değişikliklerini izah edebilmekte aciz kalır. Çünkü hayvanlar, tabii çevrede hayatlarını idame ettirmek için çaba sarf ederler ve çevreye adaptasyon için çeşitli davranışlar gösterirler. Ancak bunların birkaçı mekaniksel tabiattadır. Örneğin; bir hayvanın avını yakalaması olayında önce süratini arttırır, bunun için hayvanın lokomotor sisteminde mekaniksel olarak belirli bir uyum meydana gelir. Aynı zamanda hayvanda, avının yerini tespit etmek, avını izlemek için iyi gelişmiş duyu sistemine de ihtiyaç duyar. Ayrıca avı yakaladıktan sonra avını öldürmek için dişlerini ve pençelerini kullanması da gerekir. Bunlar oluşurken hayvanın vücudunda circulation, inspirasyon, expiration, neurohormonal sistemdeki değişiklikler oluşur. Bütün bunlar bir koordinasyon içinde oluşur. Bu nedenle veteriner pratikte

biyomekaniğin özel bir ehemmiyet taşıdığını belirtmek yerinde olur. Örneğin; atın tırnağının düzeltilmesi, ayağa özel nal takılması uzun yıllarla tecrübe edilmiş, aksaklıklar giderilmeye çalışılmış, yenilikler geliştirilmiş ve şuurlu bir biyomekanik geliştirilmesine çaba gösterilmiştir. Canlı hayvan üzerinde mekanik proseslerin işleyişinin bilinmesi veteriner hekim talebeleri için, pratisyenler için büyük bir avantaj demektir (3).

Biyomekanik bu adı taşımadan çok önce, eski bir tarihe sahiptir. Birkaç örnek vermek icap ederse:

Aristotle (MÖ-384-322): Parts of Animals. Movement of Animals. Progression of Animals adlı kitabında kasların hareketini incelemiş ve onların geometrik analizlerini yapmıştır.

Bergamalı Galen (129-199): Vücudun bütün organları yapısal açıdan yapmaları gereken hareketleri en iyi şekilde yapmak üzere şekillendirilmiştir. O halde tüm vücut yapısal işlemler olarak düşünebilir demektir.

Leonardo da Vinci (1452-1519): Kasların bir yay gibi çalıştığını ileri sürmüştür. ayakta durma, yürüme, oturma ve atlamanın mekniğini incelemiştir.

William Harwey (1596-1650): kalbin çalışmasını, iç yakımlı bir makinenin çalışmasına benzetmiştir. Gözün analizini yapmıştır.

Otto Frank (1865-1944): Kalp mekaniniğin anlaşılmasına çalışmıştır.

Starling (1866-1926) Zarlarda kütle taşımını ve vücutta su dengesi konusunda çalışmaları vardır (1).

Örneğin: W. Harvey 1619'da kalbin ve kanın hareketlerinin ne olduğunu biliyordu. Fakat buluşları ancak inceden inceye tatbik ettikten sonra 1628'de yayınladığı "**Exercitatio Anatomica de Matu Cordis et Sanguinis in Animalibus**" adlı eserinde yayınladı.

O zaman büyük dolaşım biliniyordu, ancak konunun o devirdeki önemi kantitatif bir ispata dayanmasıdır. Harvey bir yandan vücuttaki kan miktarını, öte yandan kalbin bir saatte iletebileceği kan miktarını hesaplıyor ve şayet kan vücudun içinde tüketiliyorsa vücudun bu sürede bu miktarı yetiştiremeyeceğini göstererek, kanın tekrar kalbe dönmesi gerektiğini ispat ediyordu.

Son yıllarda yapılan biyodinamik ve biyostatik araştırmalar göstermiştir ki, insan ve hayvanlarda destek ve lokomasyona hizmet eden kemiklerin şekilleri, genetik tabanın dışında kemiklerin mekanik kuvvetlere (stress) karşı gösterecekleri reaksiyonlara, kemiğin makro arkitektürüne ve kemiği oluşturan trabeküler yapıya (mikroarkitektür) sıkı sıkıya bağlıdır.

Form ve fonksiyon birbiri ile sıkı sıkıya ilişkilidir. Yani iskeleti teşkil eden kemiklerin her birinin formu onun fonksiyonuna uygundur.

Bilindiği gibi bütün kemikler kuru olarak canlı ağırlıklarının ortalama % 7-8.5'u kadardır. Erkek bireylerde kemik ağırlığı dişilerden biraz fazladır. Testere ile kesilen bir kemiğin kesit yüzlerinde iki kısım görülür. Dış tarafta (perifer) sıkı dokulu bir kabuk tabakası (substantia compacta) vardır; bu kısım üzerinde ince birtakım çizgiler görülür ki, bunlar kemiğin gördüğü işle yakından ilgisi olan, kemik içindeki özel bir yapıya, struktura aittir.

Kireci giderilmiş bir kemiğin kabuk kısmı üzerinde bir iğne ile yarıklar ve delikler meydana getirmek mümkündür. Mürekkebe batırılmış bir iğne, kireci giderilmiş kemiğin kabuk kısmına batırılıp da kemik en elverişli bir yöne doğru çekilecek olursa, kemik üzerinde bir yarık meydana gelir ki, bu yarık yukarıda adı geçen ince çizgileri takip eder, yani kemik lamellerini birbirinden ayırır. Bu çizgiler daha sonra iğne ile meydana getirilen yarıklar arasındaki kitleler ve bunların yönleri kemik üzerine yapılan baskı ve çekmelere uyar. Bunlar iç içe geçmiş birçok silindirik şeklindeki, kemik lamellerinin meydana

getirdiği borular sistemidir. Uzun kemiklerin dış kabuk (compacta) kısımlarında bulunan bu lameller, Havers kanallarının etrafını sarmışlardır. Bu sisteme **Osteone** adı verilmiştir. Bunlar uzun kemiklerde genel olarak kemiğin uzun eksenini boyunca seyrederek; bunların durumları yassı kemiklerde çok karışıktır. Örneğin; yüz kemiklerinde bunlar son kesici dişlerle köpek dişinden burun ve alın kemiklerine (Glabella) doğru çıkan, baskı çizgileri halinde görülürler.

Kemiklerin iç taraflarında sünger görünüşünde gevşek dokulu bir kısım vardır, burası kemiğin **substantia spongiosa** 'dır. Substantia spongiosa karma karışık yönlerde bulunan birçok kemik kırımları ile lamellerden meydana gelmiştir. Başın yassı kemiklerinde substantia spongiosa (*Diploe*) iki kompakt kemik lameli arasında kalmıştır. Spongiosa içindeki kemik kırımları ve lamelleri ve vücut ağırlığının basma ve kasların çekme tesirleri yönünde yerleşmişlerdir.

Baskılara karşı koymak maksadı ile matematik temellere dayanarak hazırlanmış, içerilerde birtakım mukavemet telleri (münhaniler) bulunan kırımlara benzeyen spongiosa yapıları betonarme inşaatında kullanılan demirleri andırır. Spongiosa içerisinde görülen bu çizgiler kemik üzerinde yapılan basınca ve çekmelerin yönüne uygundur.

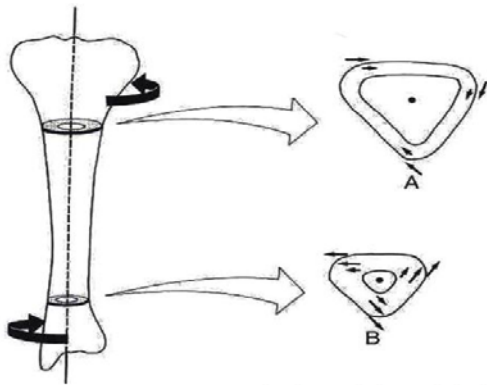
Uzun bir kemiğin ortalarında oldukça derli toplu olan ve kırımlardan sayıca az bir kemik iliği boşluğu, buna karşılık olarak da dış tarafta bu boşluğu çevreleyen kuvvetli bir kabuk kısmı (**substantia compacta**); aynı kemiğin uç kısımlarında ise, gittikçe incelen compacta yerini spongiosa'nın arttığı, kuvvetlendiği görülür.

Bir kemiğin nihayet kısmı yalnız bir yönden tazyike uğruyorsa baskı yönlerini gösteren çizgiler birbirlerine paralel olarak bulunurlar. Bunlar, çekmelerle ilgili çizgilerle birer dikey açı yaparak çaprazlaşırlar.

Tavla zarı şeklinde olan kemiklerle, yassı kemikler karşılaştıkları baskı ve çekme tesirlerine göre, meydana gelmiş spongiosa kirişleri, çeşitli yönlerden gelen baskı ve çekmelerin cins ve yönlerine göre, az veya çok karışıktırlar. Kemiklerde spongiosa şu kısımlara ayrılabilir:

1. Yalnız bir maksat için kullanılan kemiklerdeki borulu spongiosa; bu boruların duvarlarında delikler vardır. Örn: Omurların gövde (corpus) kısımlarında embriyonal uzun kemikler olduğu gibi
2. lamelli spongiosa; küçük bilek kemiklerinde olduğu gibi; bu kemikler daima aynı bir yüzey yönünde ve başka açılar altında baskılara maruz kaldıklarından bu durum meydana gelmiştir.
3. Uzun extremitte kemiklerinde görülen ağ şeklindeki spongiosa. Bunların bir veya birkaç yönde baskıya maruz kalan kısımlarında kemik boşluk ve açıklıkları aşağı yukarı aynı büyüklük veya çaptadırlar. Bu bakımdan kemiklerin yapılışında iki olasılık söz konusudur.

a) Baskı ve çekmelere uymak üzere kemikler minimum materyalle yapılmıştır,



Şekildeki Tibia kemiğine gelen döndürme gücünde görüldüğü gibi, kemiğe bir kuvvet geldiğinde buna karşılık olarak 2. bir zıt kuvvet şekillenir. Bu sayede kemiğin kırılmaksızın dengede kalmasına Şır denir. A) Kemiğin üst kısmında döndürmeye yönelik bir güç B) Alt kısım sabit. Çünkü eksen üzerindeki kemik materyalin eksenenden uzaklamaya çalışır. Ve sistem dengede kalır (Frankel, V.H and Burstein, A.H. 1970. Orthopaedic Biomechanics. Philadelphia. Lea & Febiger)

Kemiğin Geometrik etkisi (11).

b) Kemiklerin bu kuvvetlere karşı koyabilmesi için özel bir yapı sistemi vardır.

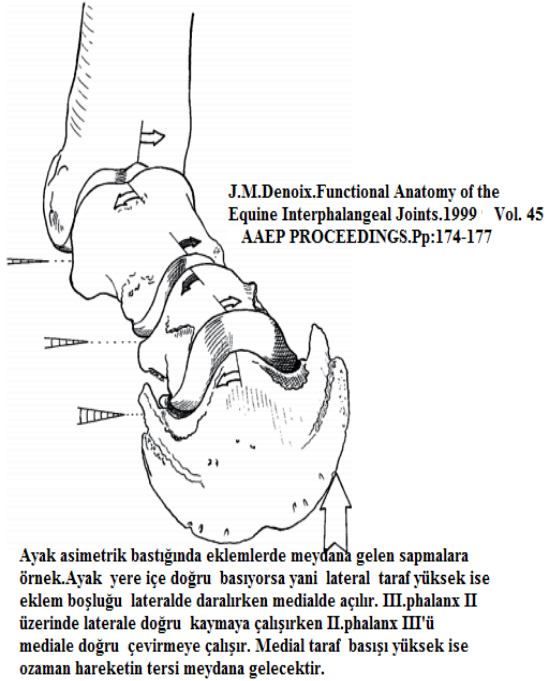
Kısaca sayısal mekanik analizler, destek ve hareket aparatını oluşturan kemiklerde bir konstruksiyon prensibinin geçerli olduğunu göstermektedir. Bu suretle, kemiklerin karşılaştıkları tehlikeler elastiki komponentlerden oldukça zayıftır. Kemiğin uzunluğu, substantia spongiosa'sının trajektorial arkitektürü kuvvetlere karşı en iyi reaksiyonları vermektedir (9,11). Bu bakımdan spongios substansın kemiklerdeki dağılımı önemli bir sorundur. Bu iş, büyük bir materyal tasarrufu ile sağlanmaktadır. Bu görüşe göre: Spongiosa'nın trajektoriyel yapısından dolayı, her bir osteon veya trabekül dirence aksial yönde gelen kuvvete karşılık vermektedir. Bu bazen böyle olmayabilir, ancak kesinlikle söylenebilir ki, kemiklerdeki substantia spongiosa'nın artışı veya azalışı, yer yer baskı ve çekmeden doğan gerilim gücüne uyacak biçimdedir. Spongiosa kalınlığının dağılımı da vücut üzerine düşen güçle orantılı olarak, quantitatif ve geometrik bir uygunluk göstermektedir. Yalnız, trabeküllerin kalınlık, sıklık ve sayısı her yerde, sadece trabekülü etkileyen kuvvetin büyüklüğü ile orantılı değildir. Aynı zamanda her bir spongiosa elementi trabekül, baskı ve çekmelere axial yönde uymaktadır. Başka bir deyimle spongiosa, eğilmeyen bir ağ şekillendirir. Kemiğin spongioz kısmının nisbi kesafetinin yayılışı, kemiğin ekonomik bir yapısı olup olmadığını, ayrıca kemiğin minimum materyal kullanarak maksimum dayanıklılık elde edilip edilmediğini gösterir (12).

Kuvvetler ve Vektör

Kuvvet, doğru bir hat üzerinde vücudun uniform olan bir hareketi ve dinlenme durumunda bir değişiklik husule getiren sebeptir. Kuvvet şu özellikleriyle belirlenir:

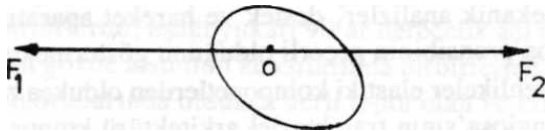
- 1- Büyüklüğü: Bu, kilogram yahut Newton ile gösterilir (1 kg. = 10 N.).
2. Tatbik noktası,
3. Hareket hattı.

Horizontal bir hatta göre 45 derece ile 0 noktasından hareket eden 5 kg.lık bir kuvvet uzunluk boyunca 5 ayrı bir birim olarak temsil edilir. Vücut daima bir



denge halindedir. Vücuda eşit iki zıt kuvvet tatbik edilirse bu kuvvetler birbirlerini dengeli bir biçimde etkiler ve vücut dengede bulunur.

Kaide olarak her bir kuvvete karşı eşit fakat aksi bir kuvvet doğar, yani her aksiyona bir reaksiyon meydana gelir. Örneğin; hayvanın bacağına bir kuvvet tatbik edilirse, buna karşı hayvanın bacağına bunu kaldırmak için bir kuvvet doğar. Burada mekanik kuvvet rol oynar ve mekanik kuvvet iki türlü ölçülür, a) Skolar değerler, b) Vektoral değerler. Birincide yalnız kuvvetin miktarı, ikincide ise kuvvetin yönü bulunur. Ölçüler trigonometrik olarak hesaplanır. Yani vektoral değerler skolar değerler gibi matematiksel olarak (toplama ile) hesaplanamaz (3,12).



İki eşit ve zıt olan F_1 ve F_2 kuvvetleri gövdenin O noktasında dengeyi korurlar.

MİKROSKOPİK YAPILARIN (DOKULARIN) BİYOMEKANİĞİ

Statik açıdan kemikler içi dolu veya boş çubuklardır. Bunlar daima ağırlık ve tazyiklere maruzdurlar. Lokomotor sistemin mikroskopik yapılarının bazı özellikleri izah edilebilir. Bugün belli kesitlerde streslerin muhtevasını ortaya koymak ve hesaplamalarını yapan metotlar zor ve zaman alıcıdır. İlk zamanlarda kemikler stearin yahut parafinden ince bir tabaka ile kaplanmış ve yük verilince karakteristik çatlaklar meydana geldiği görülmüştür. Burada streslerin hareket hatları fissuraların istikametine 45°'lik bir açıda olduğu çizilebilmiştir. Daha sonra bu metod modifiye edilerek parafin yerine cam, plexiglas, colluloid, suni phenolformaldehid, resin, bakalit kullanılmıştır. Kemikler bu maddelerin biriyle sarılarak yük tatbik edilince polariskopta tetkik edilmiş ve burada esas streslerin istikameti siyah çizgiler halinde işaretlenmiştir. Split line olarak tanımlanan diğer metod da ise küçük iğne darbeleri ile kemiğin dekalsifiye edilmiş tabakasına yada eklem kırıkdağının olduğu alana yapılan çiziklerle şekillenen yarıklara boya maddesinin yayılması ile havers kanallarının şekillendiği yerlerdeki kollagen ipliklerin birbirine düzenli olduğunun belirlenmesi de basit uygulanabilir işlemlerden biri olarak kullanılmıştır (3,12).

Cartilago Articularis'in Biomekanikliği:

Eklem kırıkdağları mucopolisakkarit içine gömülmüş kollagen ipliklerden olan extracelluler matrix ile cellüler kısımdan (chondrocytler) oluşur. Normal bir kartilagoda üç bölge vardır.

Taşıyıcı superficial bölge. Burada uzun birbirine paralel kollagen bantlar bulunur.

İntermediar bölge. Burası "S" şeklinde kıvrık ipliklerden oluşur.

Derin bölge ki burada ip ağları daha sıkı ve iplikler yüze doğru radier istikamettedir.

Kollagen bantlar kıl şeklindedir. Eklem yüzüne paralel uzanan iplik uçları yüzde tajental tabaka dediğimiz yüzeysel tabakayı oluşturur. Bu yüzlek tabaka yükü, ağırlığı yayma özelliğine sahiptir. Orta tabaka enerji deposu ve deforme olma özelliğindedir. Derin tabaka cartilago'yu altındaki tabakaya bağlar (3,12).

MORFOLOJİ İLE BİYOMEKANİK ARASINDAKİ MÜNASEBET

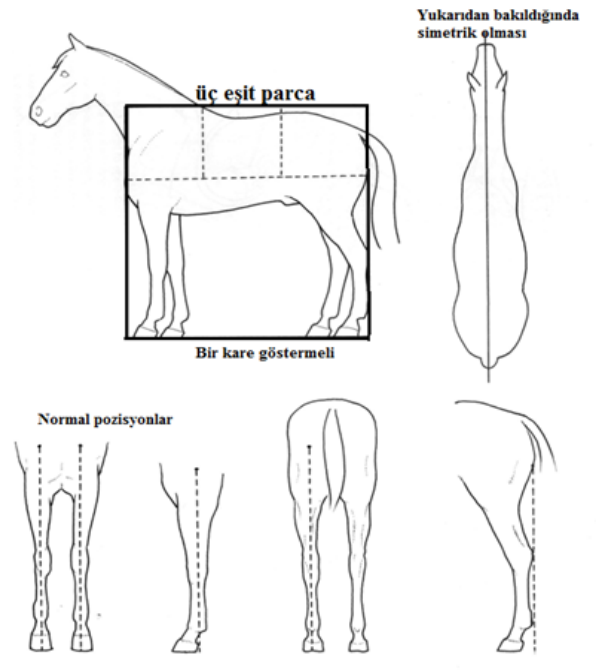
Destek dokusunun gelişmesi ve stresler arasındaki münasebet fazlasıyla münakaşa edilebilecek bir konudur. Eski teorilere göre destek dokularının gelişimi streslere bağlıdır. Çekme stresi bağ dokunun şekillenmesine, ezme stresi cartilagoların şekillenmesine bir nedendir. Mezenşim hücreleri, bu hususta esas rolü oynar. Streslerin şekillerine göre hücreler şekil değiştirirler. Hücreler arasındaki collagen iplikler yayılma istikametinde birbirine paraleller biçiminde yer alırlar. Örneğin: Bir kemik kırığında iki tarafında değişik gelişme olur. Şöyle ki; gerilme stresinin meydana geldiği kırık tarafında kollagen bir substans olduğu halde baskının, tazyik stresinin olduğu tarafta cartilaginöz materyal teşekkül eder.

Şu halde esas destek dokusunun oluşumunda:

- 1.Kollagen ipliklerden oluşan koruyucu çatının oluşumu ile neticelenen mezenşimal hücrelerin linear gelişmeleri ile kombine olan şekil değişikliği rol oynar.
- 2.Kartilaginöz dokunun oluşumunu doğuran şekil değişikliği dışındaki iç tazyikin (Hydrostatic basınç) artması rol oynar. Bu destek dokusu mutlaka mekanik istirahat şartlarında kemikleşebilir (3,12).

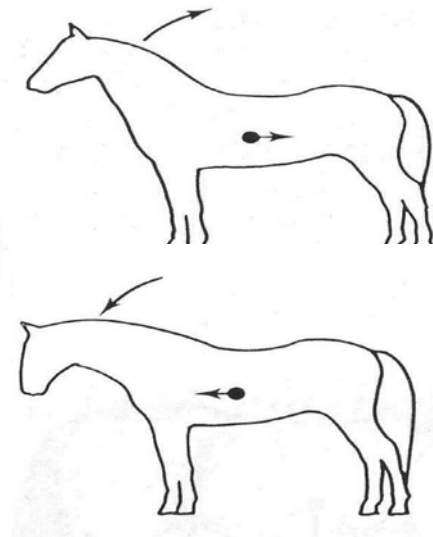
Gövdenin Arkitektürü ve Ağırlık merkezi

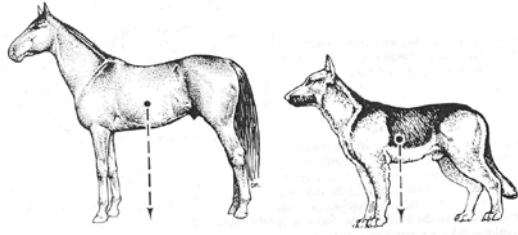
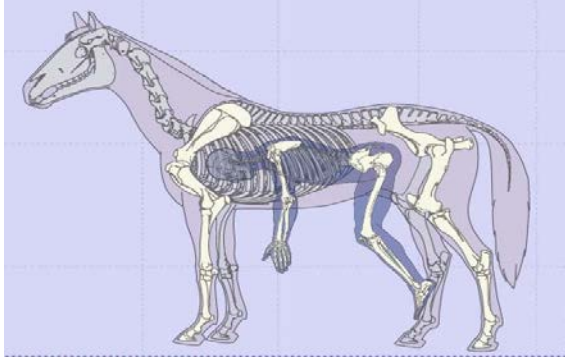
Vertebra'lı hayvanlarda vücudun axis'i kemik, cartilago, bağ dokudan oluşur. Filogenetik serilerde değişiklik silsilesi az olmaktadır. Aşağı vertebralılar daha ziyade suda yaşayanlardır. Bunlarda lokomotor



sistem, davranışların fiziksel özelliği ile yakından ilgilidir ve vücut hareketi yukarıya doğru olan bir kuvvetle yakından ilgilidir. Bu kuvvet vücudun taşıdığı suyun ağırlığına eşittir(3,12).

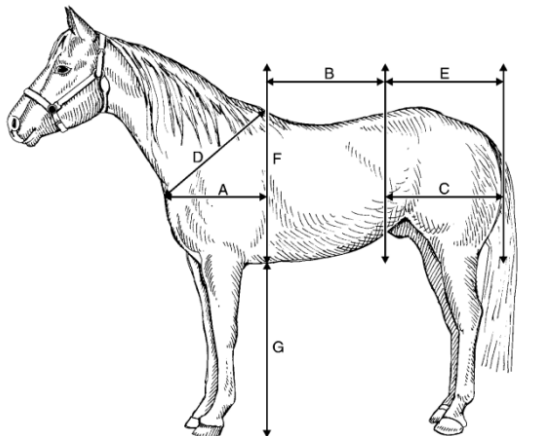
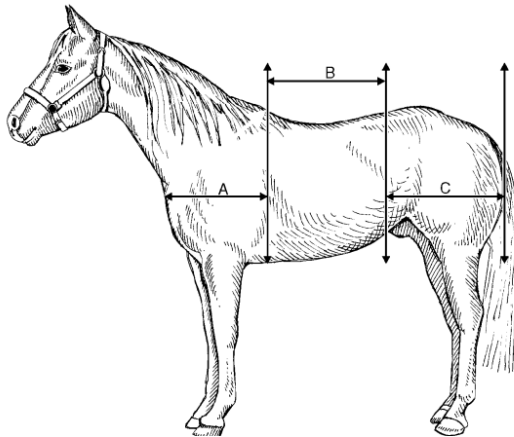
Yüksek vertebra'lılarda (hem karada hem suda yaşayan) vücudun axis'i vücudun ağırlığını taşır. Keza axis arka bacakların lokomotor kuvvetini de nakletmek mecburiyetindedir. Çünkü hayvanlarda yer çekim istikameti ile itici kuvvet arasında bir dengeleme mevcuttur.





Ağırlık merkezi

Başın ağırlığı ve hareketi ağırlık merkezinin yer değiştirmesine olan etkisine dair resim



Yapılan araştırmalarda köpeklerde vücudun ağırlık merkezi; proc.xiphoideus'tan geçirilen yere paralel düzlemde gövde uzunluğunun yaklaşık %43.72 'si ön kola daha yakın yerde yada 9. İntercostal aralık seviyesinde, atlarda ise omuz eklemine ön ucundan başlayan ve tuber ishii'nin arka ucunda sonlanan hat üzerinde vücut ağırlığının yaklaşık %42.86'nı omuz eklemi arkasına düştüğü yada bir başka ifade ile omuz ekleminden 38 cm geride dirsek eklemine üstünde olduğu görülmektedir. Bu seviye yer çekimine karşı vücudun hem baskı yaptığı hem de dengede olduğu noktadır. Buradan ön bacaklarda ki taşınan yükün arka bacaklardan daha yüksek olduğu (yaklaşık %55) gerçeği ortaya çıkmaktadır. Köpeklerde ise bu ortalama olarak vücut ağırlığının 2/3'üne denk gelmektedir. Hayvanlarda ağırlık merkezinin belirlenmesinde baş ve boynun ağırlığını hatırlamak gerekir. Bu nedenle köpeklerde gövdenin ön ve arkası arasındaki oran 60:40 dır. Atlarda ise bu oran 55:45 yada köpeklerdeki gibi 60:40 oranındadır. Ön bacaklar sadece yerden gelen darbeleri almakla kalmaz aynı zamanda vücudun ileri itilmesinde de önemli rol oynar(23). Başın hareketi ağırlık merkezinin aktarılmasında önemli rol oynar. Başın öne ve aşağı doğru hareketi ağırlık merkezinin öne doğru kaymasına dolayısıyla ön bacağa aktarılmasına, yada başını kaldırması ağırlık merkezinin arka bacaklara aktarılmasına önemli katkı sağlar (26)

Yandaki resimde görüleceği gibi atın vücut ölçümlerine baktığımızda omuz başı bölgesinden (A) geçirilen ve budun arkasına kadar uzanan (B ve C) hayali çizgi üç ayrı bölmeye eşit olarak ayrılıyorsa atın dengesi yerinde demektir. Buna ilave olarak; atın omzu eğimli olmalıdır (D).But seviyesin uzun daha olduğunu görürüz (E). Omuz başından itibaren çekilen bu hattaki ölçümlere " kalp çevresi derinliği ve "bacak uzunluğu" tanımlanır (6,13).

Denge tüm atlı disiplinlerin temeli olduğuna göre ön bacaklar üzerinde daha hassas durulur. İlerideki satırlarda daha detaylı görüleceği üzere atın dengede olması demek; humerus ve scapula arasındaki açı ile femur'un pelvis ekleminde ki açının yaklaşık 45° olmasıdır. Bu sayede metacarpus / metatarsus' ların yere dik olarak bir iz düşüm gösterdiği görülür. Eğer scapula-humeral açı ile femur açısı 45° den az yada 90° den fazla olduğunda ön ve arka mt/mc kemiklerinin yere iz düşümü dik olmayacaktır. Buda önde carpal ve arkada tarsal eklemine daha fazla yük binmesi ve daha fazla strese kalması demektir. Bunun sonucu olarak çeşitli topallıklar ve laminitis vakaları görülecektir(16).

Bilindiği gibi dengenin optimum olması için ligament ve tendonların yaralanmaları hakkında fikir sahibi olmak gerekir. Bunu bilmek demek tendonların ve ligamentlerin yapıları, lokalizasyonu ve fonksiyonu, kopmalarını ve nasıl iyileştiğini bilmek demektir. Çünkü atlarda alt bacaklarının yaralanma riski çok yüksektir.

Tendonlar: Atın uyumasından, yürümesine, atlamasından koşmasına kadar bütün hareketleri tendonlar sayesinde yapar. Tendon ve ligament yaralanmalarının sporcu atların kariyerlerinin geleceği için kırık olgularından daha tehlikeli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya konulmuştur. Tendonların 3 önemli fonksiyonu vardır.

- Eklemlerde flexion veya extension hareketini yaptırır
- Eklemlerin stabilizasyonunu ve desteğini sağlarlar
- Yerden gelen şokların absorpsiyonu sağlarlar.

Tendonlar fibroz connectiv dokudan yapılmış kalın bantlardır. Yaş ağırlığının %70 'i sudur. Tendonların tabakaları arası, proteinler, elastik iplikler su ve fibroblast (collagen iplikleri yapan hücreler) ile doludur.

Tendonların 4 önemli kan kaynağı vardır:

-Kaslar

-Kemik

-Synovial kılıf (eğer varsa). Difüzyonla beslenme.

-Paratendon (eğer kılıf yoksa)

Kemik ve kaslar tendonların %25 ini kan gereksinimini sağlarken geri kalan %75 lik kısım kılıf veya paratendonlarla sağlanır. Tendonların beslenmesi kanla ve oksijenle olmaktadır. Kansız doku ölü dokudur. Tendonların beslenmesinde synovial kılıf varsa, sinovyal difüzyonun arteriyel dolaşım ile olan beslenmeden daha etkili olduğu sonucuna varılmış ve difüzyonun arterden arındırılmış yapılarda tendonun beslenmesi için yeterli olduğu belirtilmiştir. Tendonlar sadece kasılmış kasların yarattığı gücü kemiklere iletmekle kalmaz, aynı zamanda deforme olup, daha sonra tekrar orijinal uzunluklarına dönebilirler. Tendonun gerici kuvvetlere karşı ilk cevabı liflerinin düzleşmesidir. Bu durum temel olarak kollajenin elastik özelliklerine bağlıdır ve kuvvet-deformasyon (stres-strain) eğrisinin başlangıcını oluşturur. (7,22).

Ligamentler:Ligamentler kemiği kemiğe bağlar. Atlarda en fazla incinen yaralanan ligament, lig. suspensorium dur.

Ligamentler kompozisyon olarak tendonlara benzerler. Ligamentler kemik yada kırık dokuyu bağlayan fibröz tabiatlı bantlardır. İskelet sistemini desteklerler. Tendonlara benzemezler. Hareketlere yardımcı olmazlar. Fakat atlarda eklemlerin stabilizasyonunda destek verirler. Ligamentler vücut ağırlığını kaldırmak için eklemlerde yeterince güçlü bir bağlantı kurarlar. Atlardaki Mc/Mt'un arkasında bulunan lig.suspensorium yerden gelen şokların absorbe edilmesinde önemli rol oynar (20).

TENDON İYİLEŞMESİ

Tendon iyileşmesi başlıca iki şekilde olur.

- Sinovyal sıvı destekli içsel (intrensik) iyileşme (Tendonun kesik uçlarından oluşan kendi iyileşme kapasitesi)

2- Çevre dokulardan hücre migrasyonu ve granülasyon dokusu destekli dışsal (ekstrenik) iyileşme.

Tendon iyileşmesinde her iki süreçte etkilidir.

İçsel İyileşme: İntrenik iyileşme, sinoviyal sıvı difüzyonu ve tendonun içsel damarlanması ile olmaktadır. Yüzeysel tabakada herhangi bir yapışıklık olmadan fibroplazi ve yeni kollajen yapımı olur.

Dışsal İyileşme: Dışsal iyileşme fibroblast ve yangısal hücre onarıcı dokusunun hasarlı bölgeye tendon dışından ilerlemesi olarak özetlenebilir (28).

Sporcu atların tendonun kollajen tipi, tendonun hücreliliği ve tendonun lif kıvrım modelinin ve tendonun sağlamlığını etkileyen şeylerin tümünün esasen normal haline dönmesi en azından 6 ay gerektirir. Spor atlarında, hastaların mümkün olduğu kadar çabuk atletik fonksiyonlarına kavuşmasına ve tendinitisin nüks etme ihtimalini minimize etmekte yardımcı olmak için sporcu insanlara uygulanan metodlara benzer prensiplerin çoğu uygulanabilir (4,20,22).

Hareket esnasında Columna veterbralis'in Thoracolumbal bölgesindeki değişimler.

Modern görüşe göre columna veterbralis; axis, vertebralar, intervertebral diskler ve ligamentlerden dolayı değişen bir eğrilik gösterir (sırt yüksek sonra bele doğru eğilme gibi). Bu curvatura'lar vertebral ligamentlerle sabit tutulur, ancak kaslar ile gerekli değişiklikler yapılabilir (26).

Bilindiği gibi thoracolumbal seviyede hareketlilik 6 tip gösterir.

1. **Dorsoventral flexion ve extention:** Bu vertebral bir düzlemde olur ve hayvanın arka kısmı gerilir veya bükülür.

2-**Lateral bükülme:** Horizontal düzlem üzerinde olur. Gövde sağa sola doğru eğilir.

3-**Axial rotasyon** (Örneğin: Sağa dönme sırasında corpus vertebranın orta-ventral yüzünde sağa doğru

kayması ile bunu izleyen vertebralarında hareket etmesi ile sağa doğru bir yöneliş yapması yada tersi hareket yapması)

4-**Transversal kayma**

5-**İskelet sisteminin sıkıştırılmaya yada gevşemeye uyarlı olması**

6-**Vertical kayma**

İlk üç hareket Atlarda thoracolumbal sistemde her bir eklemden predominant olarak bulunan hareketlerdir.Thoracol bölgedeki rotasyonlar genelde lateroflexion hareketlerdir.Lumbal bölgede rotasyonun sınırları için herhangi bir limit yoktur(32).

Son üç hareket az çok bu işteki yapıların fiziksel özelliklerinden dolayı pek yapılamaz, yani yapılan harekete karşı konulur. Muscular kontrol, intrinsic (Hypaxial ve epoxial) ve extrinsic kaslarla yapılır(3).

Kasların teşkil ettiği kas bantları şunlardır:

1- Dorsal bant (apaxial kaslar): Bunlar columna veterbralis'in dorsal ve dorsolateral'ini örter ve columna veterbralis'i düzeltmeye çalışırlar.

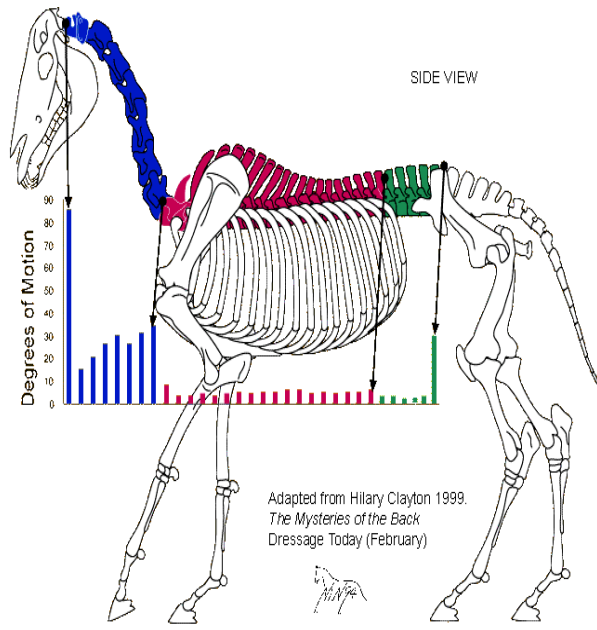
2- Ventral bant: İki şekilde görülür,

a) Fasıllı olup boynun ventral'inde (M. longus colli + M. longus capitis), göğüs, sacral, lumbal omurların ventral'inde (Psoas grup)

b) Düz fasılsız olan ise oblik, doğru ve transversal olarak yer alırlar.

Boyundaki kas bandı apaxial kasların yardımıyla boynu bükerek ve boynun eğriliğini sabit tutarlar.

Bilindiği gibi en büyük dorsoventral hareketlilik, lumbosacral eklem seviyesinde ve birinci interthoracic eklem seviyesinde olur. Axilar rotasyonun ve lateral bükülmenin olduğu alan 9.ve 14. thoracal omurlar seviyesindedir. Caudal thoracal bölüm ile lumbal omurlar son hareket alanını oluştururlar (10,17,19, 30).



Thoracolumbal bölgedeki hareketlilik ; Corpus vertebra'nın yüksekliğine ve genişliğine, eklem yüzlerinin genişliğine, şekline, bel omurlarının proc. transversus'ları arasındaki ekleme ve proc. spinosus'un yüksekliğine ve yönelimine bağlıdır.

Dorsoventral hareketlerin şekillenmesini supraspinal ligament'in elastik yapısı ile birlikte proc. spinosus'un hacmi, şekli ve eğimi belirlemektedir(10). Flexion ve extension hareketliliği eklem yüzlerinin radial tarzda eğimleri, proc. spinosus'un yüksekliğinin azlığı, İntervertebral diskin kalınlığı, interspinous ligamentler belirler.

Lateral bükülmeler ve axial gerilme veya sıkıştırmalar ise; Thoracolumbal bölgenin en büyük kısmını oluşturur. Orta thoracal bölge, proc. spinosus'ların kısalığı, asternal kaburgaların varlığı, eklem yüzlerinin şekli ve birbirlerine olan teğetleri, lig.longitudinalis ventralis'in inceliği bu hareketliliğe izin veren önemli anatomik oluşumlardır (29,30). Sternal kaburgaların varlığı axial rotasyonda sınırlayıcı bir etkiye sahiptir. Bu etki lateral bükülmeler için tam izah edilmemiştir. Lumbal bölgedeki facetlerin arasındaki iç kilit sistemi yani

Tablo-1: Equide'lerde Columna vertebralis'in farklı anatomik yapılarının flexion ve Extension sırasındaki davranışları (5,31)

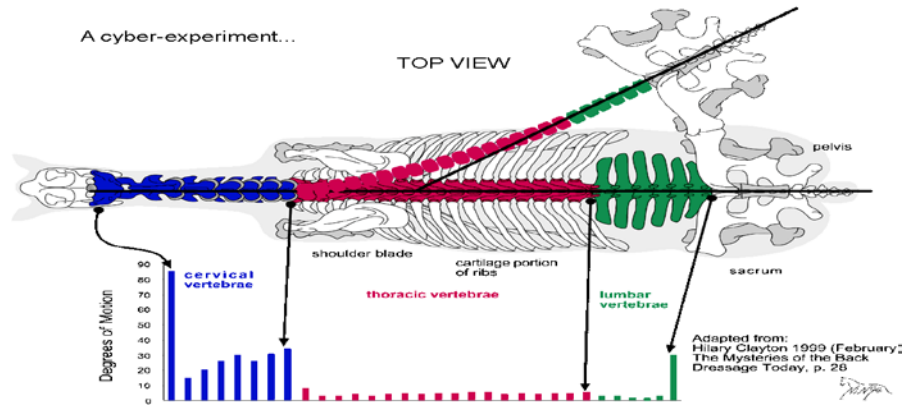
Flexion	Extension
Disklerin bükülmesi	Disklerin bükülmesi
Lig.longitudinalis dorsalis'in gerginliği ve bükülmesi	Lig.longitudinalis ventralis'in gerginliği
Eklem yüzü üzerindeki basıncın artması ve capsula articularis'teki gerginliğin etkisi ile proc. articularis caudalis'in cranial'e kayması	Eklem yüzü üzerindeki basıncın artması ve eklem capsula'sındaki gevşemenin etkisi ile proc. articularis caudalis'in caudal'e kayması
Lig.interspinalis'lerdeki gerginlik le bükülmeye meyletmesi ile lig.supraspinosus'un gerginliğinin artması ile proc. spinosus'un cranioventral yönde kayması	Lig.interspinalis'lerdeki gevşeme ile interspinal aralığın artması ile proc. spinosus'un caudoventral yönde kayması
Lig.flavum'daki gerginlik	

bağlantıları lumbal bölgedeki hareketliliğin limitlerini belirlemektedir (30).

Dorsoventral flexion ve extension, çok az miktardaki axial rotasyon ve lateral bükülmeye proc. spinosus'lar arasındaki açılma yanı sıra supraspinal ligamentlerin yapısı L6-S1 arasında oldukça belirleyici faktördür (17).

Doğuma yakın bir zamanda yavrunun columna vertebralis'i birçok dayanıklı oluşumlardan meydana gelir. Örneğin: nucleus pulposus, anulus fibrosus. İki bitişik vertebra arasındaki rotasyon merkezi nucleus pulposus'dadır. Normal şartlar altında corpus vertebra'lar merkezi bir baskı altındadır. Ancak bu sistem baskıları dağıtır ve vertebra'ların zarar görmesini önler.

At istirahatetken m. flexor digitalis profundus bu kemiğin üzerinden geçer ve kemiğe bir tazyik yapar. Kemik bir yüklenmiş olur. Hareket halinde bu flexor tendo kemiğin üzerinde distal istikamette kayar. Normal şartlarda sesamoid kemiği ile tendo arasında friksiyon azdır.



Tablo 2: Rotasyon ve lateral'e doğru bükülme esnasında Columna vertebralis'in thoracal ve lumbal bölgesindeki farklı mekaniksel davranışları (5,31)

	Columna vertebralis'in Thoracal bölümünün SAĞ tarafı	Columna vertebralis'in Thoracal bölümünün SOL tarafı
Sol tarafa flexion	1-Proc. articularis'in ayrılması 2- Proc. art. caudalis'lerin craniomedial'e kayması 3-Capsula articularis'in gerginliği 3-Costae'lardaki hareketliliğin artması	1-sol proc.art. caudalis'lerin sola kayması 2-Capsula articularis'teki gerginliğin orta sertlikte olması 3-Costae'lardaki kilitlenme
Sola rotasyon	1-Proc. articularis'lerin ayrılması 2-Proc.art. caudalis'lerin laterale kayması 3-Capsula articularis'te gerginlik	1-Sol Proc. articularis'lerin sağa kayması 2-Capsula articularis'te gerginlik
	Columna vertebralis'in lumbal bölümünün SAĞ tarafı	Columna vertebralis'in lumbal bölümünün SOL tarafı
Sol tarafa flexion	1-Proc. articularis'lerin lateral kısımlarında ayrılma 2-Sağ proc. art. caudalis'in craniomedial olarak kayması 3-Capsula articularis'te gerginlik	1-Sol proc. articularis'in lateral kısımlarında sıkışma ve bükülme 2- Sol proc. articularis'in caudal 'in caudale kayması 3-Capsula articularis'te gevşeme
Sola rotasyon	1-Sağ Proc. articularis'lerin lateral kısımlarında sıkışma 2- Sağ Proc. articularis caudalis'in cranioventral'e doğru kayması 3-Capsula articularis' de gevşeme	1-Proc. art. 'in lateral kısımlarında ayrılma 2-Sol proc.art. caudalis'in mediale kayması 3-Capsula articularis'de gerginlik
	Columna vertebralis'in Thoracal bölümünün SAĞ tarafı	Columna vertebralis'in Thoracal bölümünün SOL tarafı
Sol tarafa flexion	1-Proc. articularis'in ayrılması 2- Proc. art. caudalis'lerin craniomedial'e kayması 3-Capsula articularis'in gerginliği 3-Costae'lardaki hareketliliğin artması	1-sol proc.art. caudalis'lerin sola kayması 2-Capsula articularis'teki gerginliğin orta sertlikte olması 3-Costae'lardaki kilitlenme

Ayağın destek aygıtı da bacağı ve topuğu destekler, yere basılması neticesi doğan darbeyi (sadme) azaltır ve bilek, topuk ve ayak eklemlerinin aşırı olarak gerilmesini önler.

Ön bacağın destek aygıtı distal yönde, lig. intersesamoideum, lig. sesamoideum collaterale, lig. suspensorium (M. interosseus medius) ile sesamoida'ların ventral'inde ki lig. sesamoideum rectum, lig. sesamoideum obliqua, lig. sesamoideum

profundus (lig. sesamoideum decussatum), lig. sesamoideum brevia'dan oluşur.

Proximal yönde hayvanı devamlı olarak yorulmadan ayakta tutan sistem, ön tarafta m. biceps brachii'nin tendosu, m. extensor carpi radialis'in tendosu ve ikisi arasındaki lacertus fibrosus, arka tarafta; m. serratus ventralis'in fibröz kısmı, m. flexor digitalis superficialis ve bunun caput radialis'i, m. flexor digitalis profundus ve bunun caput carpalis'i, m.

Tablo-3: Tek tırnaklılarda çeşitli segmentlerde hareketin çeşitliliği ve harekete etki eden faktörler (32).

Vertebral Bölge	Hareketin Çeşidi	Hareketi arttıran yada azaltan faktörler
1.thoracic eklem	F/E>>LB,AR	Arttıran Faktörler: F/E için: T1'in Düz,oval eklem yüzleri, proc. spinosus'un alçaklığı, intervertebral diskin kalınlığı ve inter spinal ligamentlerin zayıflığı. Azaltan Faktörler: LB ve AR: Sternal costa'lar, supraspinöz ligamentlerin sağlamlığı, bütün eklem yüzlerinin radial olarak dizayn olması Azaltan Faktörler: F/E için: Proc.spinusus'un yüksekliği, facies articularis'lerin küçük, düz ve teğet şeklindeki temas seviyesi.
Thoracic bölge (Cranial bölüm)	F/E <LB,AR	AR için : Sternal kostalar
Thoracic bölge (Medial bölüm)	F/E <LB,AR	Arttıran Faktörler: LB ve AR: Proc. spinosus'ların kısalığı, asternal costa'lar, proc.articularis'lerin biçimi, lig.longitudinalis ventralis'in ince olması. Azaltan Faktörler: F/E için: Facies articularis'lerin birbiri ile olan teğet şeklindeki temas seviyesi
Thoracic bölge (Caudal bölüm) ve Thoracolumbal eklem	F/E ≤ LB,AR	Azaltan Faktörler: F/E için: Hareketin derecesi arttıkça radial olarak düzelenmiş facetlerin yüzündeki temasında artması. LB,AR için: Facetlerin temas yüzlerinin radial olarak düzelmesi
Lumbal Bölge	F/E ≥ LB,AR	Azaltan Faktörler: F/E için: Proc. spinosus'un yüksekliği ve genişliği, inter spinal ligamentlerin darlığı, supraspinosus ligamentin esnekliğindeki düşüklük, lig.longitudinalis ventralis'in güçlü olması. LB ve AR için: Facet'lerin birbirine temas yüzeylerinin radial olarak dizayn edilmiş olması, lateral eklemelerin varlığı ve birleşmesi.
Lumbosacral eklem	F/E >LB,AR	Arttıran Faktörler: F/E için: Bir eklem çukurluğunun olması, proc.spinusus'ların genişliği, interspinal ligamentlerin zayıflığı, vertikal olarak dizayn edilmiş eklem yüzlerinin küçüklüğü, intervertebral disklerin kalınlığının ve yüksekliğinin giderek artması Azaltan Faktörler: LB ve AR için: Vertikal olarak dizayn edilmiş eklem yüzlerinin küçük, yassı olması, eklem yüzlerinin arasındaki teması seviyesi

F : Flextion E : Extention LB : Lateral Bükülme AR : Axial rotasyon

interosseus medius (lig.suspensorium) atın ön bacağında destek aygıtını teşkil eden bu oluşumlar hayvanın ayakta yorulmadan uzun müddet durabilmesini sağlar (3,7,12).

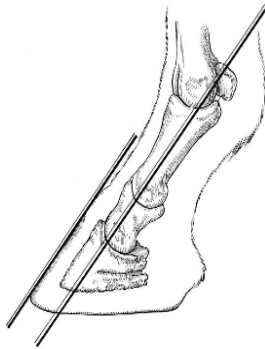
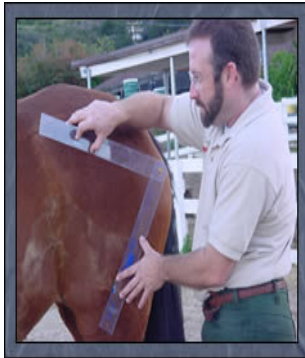
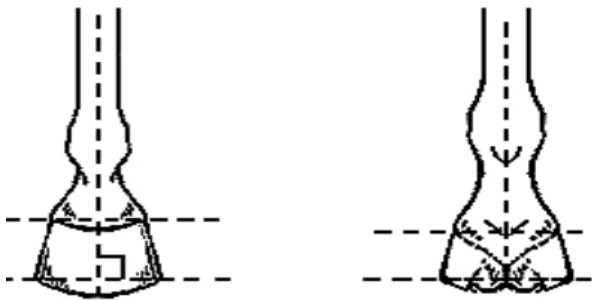
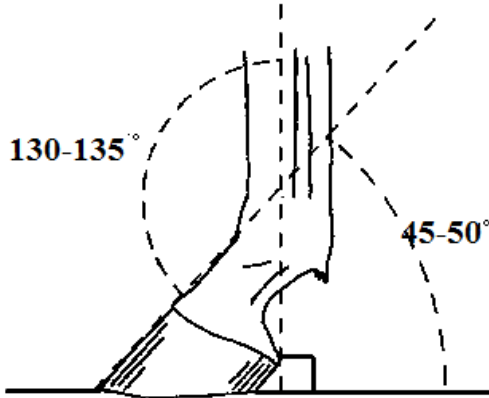
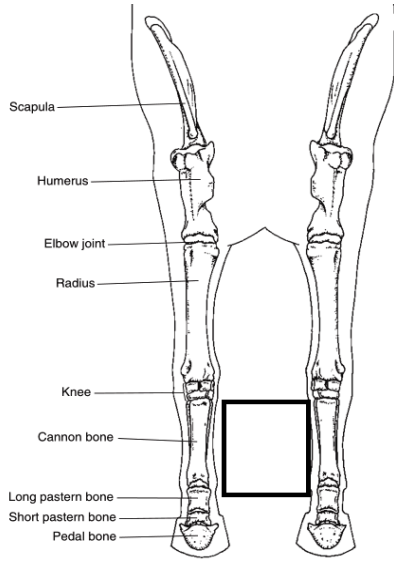
Bilindiği gibi ayağın şekli oranı birbiriyle uyum içinde olmalıdır. Tınağın dengesi başlı başına bir olaydır.

Tırnağın dengesine (balansına) baktığımızda:

- 1- Metacarpus/metatarsus' un ortasından yere bir hat düştüğümüzde topuğun hemen arkasına düşmeli, yada önden yada arkadan

mt/mc ortasından indirilen dikme tırnağı iki eşit yarıya bölmeli

- 2- Tırnak duvarı sıcak olmamalı
- 3- Ökçeler ayağı tam olarak ikiye ayırmalı
- 4- Toynak her iki tarafında aynı şekil ve boyutta olmalı
- 5- toynak-phalanx aksı uyum içinde olmalı. İdeal toynak açısı önde 45-50 ° ve arka ayaklar için 50-55 ° olmalıdır.
- 6- Tırnak duvarının açısı, topukdaki gibi aynı olmalıdır(19,23).



Ayağın yere düzgün basıp basmadığının tespitinin yapılmasında Equipometry olarak tanımlanan iskelet noktalarının konformasyonunu (ölçümlerini) almaktır. Noktalar kemiklerin segment uzunlukları ve kritik açıların sınırlarını ölçmek için kullanılır. Segment uzunlukları ve açıları yolu ile hareket aralığını, alt ekstremitelerdeki bir asimetri veya sapmaları, düzensiz hareketleri, birçok osteo hastalık ve / veya topallıkların tespitinde önemli bir araçtır.

Yandaki resimde uygun bir toynak açısı görülmektedir. Tırnak ve phalanx pirima uyum içindedir. Parmakların 1.pahalanx'ın ekseninden geçirilen hayali bir çizginin tırnak ön duvarına paralel olarak aşağı inmelidir (15).

ÖN BACAĞIN BİOMEKANİK ÖZELLİĞİ

Yukarıdaki satırlardan hatırlayacağımız gibi ön bacakların en önemli rolü vücut ağırlığının büyük bir kısmını taşıdığını bilmemizdir. Bunda omuz kemerinin iskelet yapısının yükü hafifletici bir rol oynamasıdır. Bu eylem sadece scapula tarafından değil aynı zamanda bazı türlerde clavicula'nın varlığı da etkin olmaktadır.

Ön bacağın yapısına baktığımızda biyomekanik olarak bazı özellikler dikkatimizi çekmektedir. Örn: Scapula'nın angulus ventralis'inin ideal olarak 45° de olması, omuz ekleminin çok güçlü olması yanında yerden gelen darbeleri karşılayacak derecede açılabilir yapıya sahip olması, omuz ekleminin flexion ve extensiyon hareketleri yanısıra biraz rotasyon, abduction ve adduction hareketlerini yapabilir olması, dirsek ekleminin tek yönlü hareket sahibi olması, Carpal eklemin 2 sıra halinde 7 veya 8 kemikten oluşu ile sadece flexion ve extensiyon hareketini yapması, yanal ve rotasyon hareketlerini yapmaması önemlidir. Ayrıca türler arasında bazı önemli farklılıklar vardır. Yük çeken atlarda metacarpus diğer türlere göre daha yuvaraktır. Ayrıca bu atlarda omuzlarda meydana gelen gerilme daha fazla olduğu

gibi 1. Phalanx daha kısadır . Safkan atlarda ise hem 1. Phalanx hemde adımlar daha uzundur(23). İdeal yapı nasıl olur ona baktığımızda ideal omuz açısının horizontal yüzey ile 45°, benzer şekilde de tırnak ile phalanx'lar arasındaki ideal açının da 45 ° olması, bacaklardaki kuvvet dağılımının dengede olduğunun en önemli işaretlerinden biridir. Benzer şekilde humerus'un yatay düzlemlerle olan açısı 60 ° ise yerden gelen darbeleri ideal olarak absorbe eder demektir. Omuzun bu eğimi kalçanın da dengesi demektir. Dirsek eklemimin vücuda yakın oluşu adımın uzunluğunu sınırlandıran faktörlerden biridir. **Dirsek eklemi omuz ile aynı düzlemde olmalıdır ne içerde nede dışarda bulunmamalıdır.** Ön bacaklar düz bir hat çizmelidir. Önden bakıldığında, bir çekülün düştüğü düzlem gibi omuz noktasını ve toynakları ikiye bölmesi gerekir. Bu şu demektir; bacaklar sütun gibi düzgün ve yürüme sırasında kuvvetin bacaklara eşit dağılımı anlamına gelmektedir. **Yada bir başka ifade ile atın ayakları arasındaki boşluğun kare gibi olması demektir.** Yandan bakıldığında scapula'nın ortasından indirilen dikme yanda tırnağın orta noktasından aşağı geçmesi gerekir. Scapula'nın orta noktasından bu işlemi yapmak zor ise dirsek topuk ekseninden bu işlem yapılabilir(23).

Bilindiği gibi scapula vücuda kaslar aracılığı ile synsarcosis tarzında “**YAY ve KİRİŞ**” şeklinde bağlanır. Kaslar ve tendonlar gövde için bir amortisör görevi yaparak ağırlığı süspans ederler. M. Serratus ventralis iki scapula arasında beşik gibi bir hareketliliğe ve bu sayede gövdenin hareketinden doğan aşırı gerilmeden omuzları korumuş olur. Bu şu demektir ; Gövdenin ağırlığı bacaklara dik olarak aktarılırken vücut ağırlığının yapmış olduğu baskılar sonucunda bacaklarda herhangi bir sapma meydana gelmeksizin omuzun biri yukarı kalkarken diğerinin düşmesi demektir.

M. serratus ventralis'in thoracal parçası özellikleri bakımından kuvvetli tendinöz bir yapıya sahiptir.

Dolayısıyla bu kas efor sırasında minimal seviyede enerji harcayarak ağırlığı daha rahat taşımaya neden olmaktadır.

Kuvvetin ön bacaklarda tırnağın yer ile olan temasında ve atlamalarda daha da artacağı kesindir. Ancak; hem eklemler hemde kaslar yükün dağıtılmasında önemli rol oynarlar. Büyük hayvanlarda kas ve fibröz dokuya stres faktörünün büyük kuvvet olarak yansıdığı türlerde bu strese karşı bir direnç şekillenir. Eklemlerin hareketleri bilindiği gibi eklem yüzeyi, ligamentler, fascia ve kapsulları ile sınırlıdır. Ligamentlerden özellikle dirsek eklemindeki collateral ligamet sonlanırken çatallanma özelliği gösterir ve öyle sonlanır. Bu sonlanma ile daha geniş bir alana kuvvet uygulaması demektir. Buda hareket sırasında az bir kuvvetle ağırlığın yükünü daha kolay yenmesine neden olur. Yani; dirsek eklemimin flexion kabiliyetinin artması eklem üzerindeki yükün alınması demektir. At her ayağı üzerinde yük taşırken, tendonun eşit bir uzatması (zorlanma) tarafından sağlanan gerilme ya da yüklenme sırasında bir atın tendonu 1 inç'ten 3 inç'e kadar gerilir ya da kısalabilir. Tendon kapasitesinin ötesine zorlandığı zaman sonuç yaralanmadır. Çok ciddi tendon yaralanmaları ön ayaklarda ortaya çıkar. Çünkü, atın ağırlığının %60-65'i ön tarafta taşınır. İkincisi, at hızla koşarken attığı her adımda hayvanın bütün ağırlığının tek bacağa indiği bir nokta vardır. Bu, tüm suspensor aparatların yanı sıra, sıra dışı bir gerilmeyle bu bacadaki flexor tendon üzerine aktarılır (25).

Atlarda tendo-ligament yapısında olan bu yapılara “**duruş aparatı-yada destek aparatı**” denir. Kaslarda minimal enerji ile maksimum efor elde edilmesine neden olur. Bir atın yorulmaksızın ayakta durarak dinlenmesi bu demektir. Duruş aparatları sayesinde enerjisinin %90 muhafaza eder. Normalde bir ligament kemiği kemiğe bağlarken **Check ligamentler kemiği tendona bağlandığı için ligament**

gibi değil tendon gibi görev yapar(8). Dinlenme olayına baktığımızda; Vücut ağırlığı m.serratur ventralis insertion yolu ile omuzun flexion hareketine yardım eder. Bu düzenleme ile omuz öne doğru flexion hareketiyle çıkarken buna m.biceps brachii ile m.supraspinosus'un izometrik olarak kasılır. Bu arada. M.flex. dig. superficialis / profundus tendoları, topuk ekleminin dorsoflexion' una etki eder. Diğer önemli faktör de omuz-dirsek ekleminin izometrik kontraksiyonları vücuda tespiti (fikzasyonu) dir. Carpus, radius'un uzun eksenini boyunca gelen kuvvete karşı predisposedir ve m.biceps'in tendosundan ayrılan ancak elastik olmayan incik kemiğinde sonlanan lacertus fibrosus tarafından tutulur. Biceps'teki gerilme carpus'u extensiyona karşı korur yani fixe eder. Çünkü carpus'un arka kısmına baktığımızda: superficial ve profund tendoların check (accessor) ligamentleri bulunmaktadır. Bu ligamentlere birde os carpi accessorium'un kendi ligamentide katılarak extensiyona engel olur. Her iki check (accessor) ligament metacarpophalangeal eklemi "NORMAL" pozisyonda tutar. Ve eklemi öne doğru extensiyonuna engel olur. Normal duruşta en önemli denge unsuru III.Mt /Mc'un plantar/ palmar yüzünde bulunan suspensor ligament'in yer almasıdır. Suspensor ligament topuk eklemi için asıl destek ligamentidir. Yürüyüş sırasında topuk eklemindeki darbeleri azaltmaya ve aşırı extensiyonuna engel olmasıyla karakterizedir. Bu fonksiyona suspensor ligament'e M.flex. dig. superficialis ve profund tendolarda katılır. Locomotion sırasında iki check ligament ile carpal eklem sınırlandırılır. Bilindiği gibi Suspensor ligament dışarıdan bakıldığında bir ligament gibi görünür fakat ligamentin yaklaşık %10'u kas liflerinden oluşur, liflerin çoğu tip-I'dir ve çoğunlukla yüzeyin altında görülür ve gevşek demetler halinde sıralanmıştır. Tip-I kas lifleri yavaş kontraksiyon zamanına sahiptir ve yorgunluğa yüksek bir dirençleri vardır. Biraz tip-2 kas lifleri de bulunur,

bütün kas liflerinin yaklaşık %5'i, suspensor ligament boyunca dağılmıştır Tip-2 kas lifleri hızlı kontraksiyon zamanına sahiptir (27).

Bu ligamentler;

Radius'un distal ucu ile m.flexor dig.superficialis arasındaki proximal check ligamenti.

Carpus ile m.flex.dig. profundus tendosu arasındaki distal check ligamenti.

Her iki check ligament bağlı olduğu flexor tendoların (superficial ve profund) kopması halinde topuğun süspansiyon ligamentlerinin etkisinde kalacağını göstermektedir.

Check(destek) ligamentler için Anatomik bilgivi hatırlıyalım:

M.flexor dig. superficialis tendosu:

Origin:

- Humerus'un epicondylus medialis'inden
- Radius'un caudal ve distal yüzü üzerinde ve radius'un medial kenarından orijin alır.

İnseriton: Phalanx media'nın proximal kısmının ve phalanx pirimanın distal kısmının arka yani palmar yüzünde sonlanır.

Superficial tendonun radius'tan çıkan parçası güçlü fibröz bir bant ihtiva eder. Buna superficial tendonun **accessory ligament'i** [radial-superior(proximal)-check(destek) ligament] denir.

M.flexor dig.profundus tendosu:

Origin: a) Humerus'un epicondylus medialis'inden

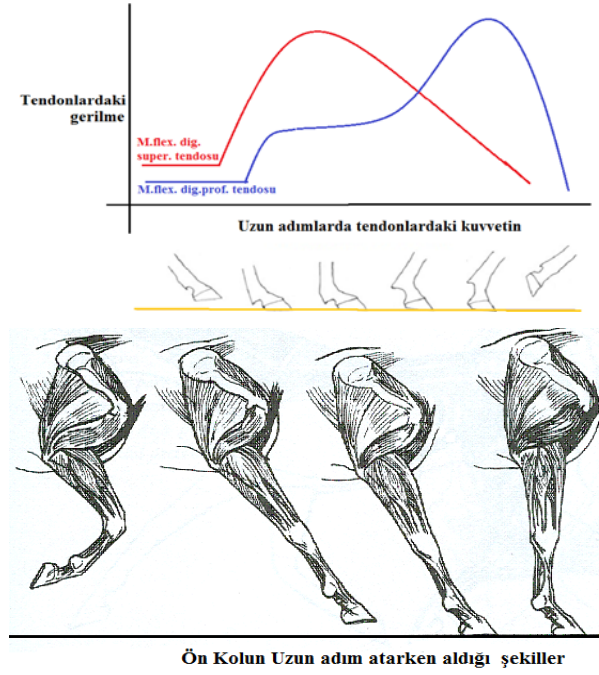
- Olecranon'nun medial yüzünden
- Radius'un arka yüzünün ortasından orijin alır.

İnseriton: Phalanx distalis'in linea seminularis'ine ve cartila ungulea'nın hemen yanına bağlanır. Profund tendo seyri sırasında metacarpus'un ortası seviyesinde güçlü bir bantla bu kemiğe bağlanır. Bu bağa profund tendonun **ligamentum accessorium'u** [(subcarpal-carpal-inferior(distal)-check(destek) ligament]denir (7,23).

Lokomasyon boyunca omuz kemeri kasların kasılması ile ilk kalkış hareketini yapar. Bu arada M.brachiocephalicus kasılarak ön kol öne ve yukarı

doğru çekilmiş olur. Bu harekete m.trapezius ve m. omotransversus'ta destek verir. Çünkü lokomasyon sırasında scapulanın distal ucu, craniodorsale, caudal ucu ise caudoventrale doğru bir eğilme gösterir. Buna yürüyüşün " YÜZME SAFHASI-FAZI" denir. Bu safhada m.tricepsbrachii, carpal ve digital 'in extensor

kasları da açılmış uzamış olur. Buda ön kolun düz ve gergin olması anlamına gelmektedir. Artık ön kol ileri hareket edebilecek pozisyonun başlangıcındadır ve bu safhaya da "DURUŞ SAFHASI-FAZI" denilmektedir. Vücudun ağırlığı, bir bacak havaya kalktığı için arka bölgeye yani kalçalara yük aktarılmış olur.



Ön Kolun Uzun adım atarken aldığı şekiller

M.rhomboideus ve m.pectoralis profundus kasları scapulayı aksi istikamete doğru çevirirler. M.triceps bu arada dirsek ekleminin ekstensiyonuna yardım ederken m.biceps ve carpus'taki lacertus fibrosus ekstensiyon yapar.Topuk eklemi de ekstensiyon yaparak bu eyleme uyar.

Kısaca; Ön kol yerden kaldırılır. Bunun için m.flex.dig.superficialis tendosu ve lig. suspensorium da gevşer. Bu aşamada topuk eklemi de aşırı gerilmiş olur. Böylelikle m.flex.dig. profundus tendosu ve

onun accesory (carpal- check) ligamentin de de bir gerilme olur. Bu olay ile tırnak yerden kaldırıldığı zaman phalangeal eklemlerin hemen fleksiyonuna neden olacak ve adım atılacaktır(18,21).

ARKA BACAĞIN BİYOMEKANİK YAPISI

Sacrum bilindiği gibi os ilium'un ala osis ili ile sıkıca bağlanmıştır. Sacroiliac eklem arka bacakların yükünü süspanse eder. Bu yapı gövde ağırlığını arka bacaklar üzerinden (tilmesini) aktarılmasını sağlayan bir etki yapar. Arka bacağın kasları ön bacağın kaslarından daha gelişmiş olduğu için vücudu ileri doğru hızla itmekten sorumlu bir özellik gösterir. Bu istikamete sagittal (ok istikameti) istikamet denir. Ön bacaklar vücuda kaslarla bağlandığı için vücudu sağa sola çevirebildiği gibi dönme hareketini de yaptırırlar. Arka bacaklar vücuda sağlam eklemlerle bağlandığı için dönme hareketi yapamazlar. Belin erector spina kasları sacroiliac eklemlerden orijin aldığı için ön ayaklarını kaldırma, kalkma hareketlerinde kuvvetin dağılımı dorsoventral

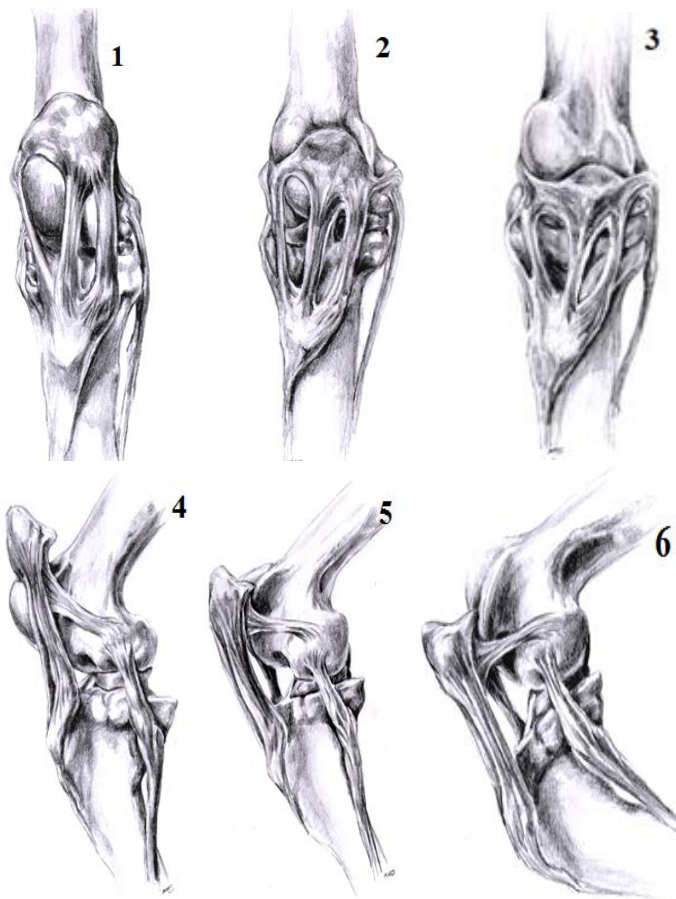
yönde olur. Bu sırada ard ayaklar yere kuvvetle temas eder.

Atlarda kasların yapılarından şekillenen collagen yapılar ile iskelet sistemine uygun pek çok modifikasyon, topuk ve diz ekleminin hareket bağlantılarına ve vücut ağırlığını taşınmasında rol oynayan kasların hareketlerine de yardımcı olur. **Patellar kilit mekanizması** hem diz eklemi hemde topuk eklemi immobilize eden sistemdir.

Diz eklemindeki patella, ekleminin normal fleksiyon ve ekstensiyon hareketi sırasında patellar oluk içinde kayar. Extention sırasında patella, patellar oluğun üst kısmında iken femur'un medial ligamenti ile medial patellar ligament arasında bir bükülme yada sıkışma gösterir. Patella'nın trochlea femoris'in üst tarafında kalması ile diz eklemi extention sırasında kilitlenmiş olur. Diğer bir ifadeyle dinlenme halindeki diz eklemi

patella tarafından kilitlenmiş haldedir. Trochlea femoris'in medial kabartısının hemen üst tarafındaki çukurluğa fikse olmak için patella rotasyon(döngü) yapar. Bacağın bunu yapabilmesi için hafifçe uzatılmasıyla patella 15 ° derece mediale doğru rotasyon yaparak kitleleme sistemini gerçekleştirir. Parapatellar kıkırdak ve lig. patella medialis hem patellayı yerinde tutar hemde bu pozisyon sayesinde aşağıda görüldüğü gibi patella'nın sulcus trochlearis içinde kaymasını sağlar (2,14)

Bu mekanizma arka bacaklardan biri üzerinde vücut ağırlığını taşımasını kasların minimum bir eforla dinlenmesini sağlayarak yapar. Son araştırmalara göre bu olay tamamen pasif olarak şekillenen bir yapı



değildir. Çünkü; M.quadriceps femoris'in bir parçası olan m.vastus medialis kası aktif olarak bu olaya katılır. Vastus medialis, böyle bir pozisyonda medial

ve orta patellar ligamentlerin etkisiyle mediale doğru bir döngü ile sağlar. Kilit mekanizmasının açılması (boşalması) için ise, kalçanın quadriceps kasları aracılığı ile patella'yı yukarı doğru (proximal) çekerken vücut ağırlığı da diğer bacağa doğru yavaşça kaydırılır. Bu arada patella da hafifçe laterale doğru çekilir ve sulcus trochlearis içe sevk edilmiş olur. Böylelikle kilit sisteminin boşalması sağlanır. Eğer bu işlem tamamlanmazsa diz eklemi kilitli kalır. Bu durumda toynak eklemi (art.interphalangea distalis) fleksiyon durumunda kalacağı için hayvan parmağının ucuyla hem yere basmış hemde ayağını sürüklemiş olacaktır.

Arka bacakta yer alan, m. tensor fasciae lata, m. fibularis tertius, caudal olarak Mm. gastrocnemii, m. flexor digitalis superficialis ve profundus ile ön bacakta topuk eklemi bölgesinde belirtilen ligamentler destek aygıtını oluşturur. Arka bacakta art. genus flexion yaptığı zaman art. tarsi extension yapar. Bu mekaniksel olarak oluşur ve sistem hayvanın ayakta fazla yorulmasını da engeller. Çünkü çok az veya hiç kas ipliği ihtiva etmezler. Dolayısıyla yorgunluğu doğuran asit laktik oluşumu sınırlı kalır.

Atta ayakta durma mekanizması atın arka bacakları üzerinde istirahat edebilme imkânını sağlar. **Karşıtlar sistemde (reciprocal-karşılıklı olarak birbirinin yerine geçebilen)** m. fibularis tertius crus'un cranial'inde, m. flexor digitalis superficialis ve m.gastrocnemius kası ise crus'un plantar yüzünde yer alır. Her iki kas grubu art. genu ve art. tarsi'de hareketleri koordine ederler. Bu kaslarda muscular doku az olduğundan kasların hareketleri statik olarak kabul edilir. M.fibularis tertius'un bağlantısı nedeniyle normal olarak diz eklemine extention halinde tutmaya çalışırken topuk

ekleminde fleksiyona neden olur. Buna karşılık gelen karşıt sistemde ise diz eklemi ekstensiyona uğradığında topuk ekleminin de ekstensiyonuna neden olmaktadır. Crus'un plantar yüzündeki m. gastrocnemius bilindiği gibi çok kuvvetlidir. Bunun orijin ve insertion özelliği nedeniyle fonksiyonel açıdan bakıldığında m. flexor digitorum superficialis'inki ile beraber, birbirine uygun olarak çalıştığı görülür. Dolayısıyla **mm. gastrocnemii**, reciprocal sistemin bir **intrinsic parçasıdır**. M. fibularis tertius tarafından ortaya konan direnme ile mm. gastrocnemii'nin kontraksiyonunun ortaya koyduğu dinamik etki ortadan kalkar. Bu oluşum atın arka bacağının model analizinde mm. gastrocnemii'yi dinamik olduğundan çok statik olduğunu ortaya koyar. Ve kasın kontraksiyonu ile tibia üzerindeki stresleri azaltılır.

Yukarıdaki satırlardan hatırlayacağımız gibi:

- 1) Diz eklemindeki çökmeye karşı patellar kilit sistemi
- 2) Topuk ekleminin çökmesine yani fleksiyonuna karşı karşıtlar sisteminin devreye girmesi. Bu sistemde topuk ve diz eklemi sycronize çalışır. Diz eklemi patellar kilit sistemi ile fikse edildiğinde topuk ekleminde fikse edilmiş olur.
- 3) Topuk eklemi ve parmaklar arasında aşırı gerilme; ön bacakta benzer olarak sesamoid ligamentler, suspensory ligament(m.interosseus medius'un girişleri), superficial ve profund flexor kasların tendoları ile bu kasın accesory(tarsal-cehck) ligament ile sağlanır.

M.flexor digitorum superficialis tendosu çok güçlü bir insertion özelliği ile ayak bileğini **“nötür pozisyonunda”** tutar. Topuk eklemi ve phalangeal eklemlerin stabilizasyonu ve fiksasyonu ön bacakta benzer. Lokomasyon sırasında arka bacak kasların kasılması esas itibarıyla ön bacakta benzer. Yüzme fazında bacak eklemleri fleksiyon pozisyonundadır. Bu fazda iken m.tensor fascia lata,

m.iliopsoas, m.gluteus superficialis ve m.sartorius kasılır. M.iliopsoas kasının bu abductor etkisi, kalçanın iç kısmındaki (pectinosus, sartorius, gracilis) kasların kasılması ile dengelenir. Yüzme fazının sonunda eklem tekrar extention pozisyonuna döner. Görüldüğü üzere quadriceps kasları diz ekleminin stabilitesinde önemli bir rol üstlenir. Vücut, kalçanın ekstensor kasları (m. gluteus medius), dizin m.quadiceps femoris'i ile topuk ekleminin arkasında yer alan ve gastrocnemius kasları tarafından ileri itilir.

Bir hayvanın bütün vücudunun hareketi, vücut hareketlerinin koordinasyonu sonucu olur. Bu ileri, yana veya arkaya doğru bir hareket olabileceği gibi, lokalizasyonda bir değişiklik olmaksızın hareketlerin, uzanma, yuvarlanma, oturma, yükselmek yada şahlanmak olarak da olabilir. Atlarda savunma mekanizması da oldukça gelişmiştir. Yükselme gibi bir yada iki bacağını yerden kaldırarak geri hareketi yapması yine kasların kordinasyonu sonucu vücut ağırlığının yer değiştirmesi ile mümkündür. Uzun adımlarla yürüme sırasında duruş fazında tırnak yere temas etmektedir. Yüzme fazında ise tırnak yere temas etmez (18,21).

YÜCÜT BİYOMEKANİĞİNİN YAY VE KİRİŞ SİSTEMİNE BENZEMESİ

Vücutun biyomekaniği ya bir köprüye yada bir yay ve kirişine benzetilmektedir.

Köprü modelde: Bacaklar köprünün ayaklarını teşkil ederken köprünün üst kısmını omurlar kaburgalar ise yan askı bağlarına benzetilmektedir. Ancak köprüler sabit ayakları ya beton yada demirden oldukları için hareket yeteneğine sahip değildirler. Hayvanın yada insanın ayakta duruşu ve dengede kalması daha karmaşık ve kompleks fiziksel olaylar zinciri olduğunu unutmamak gerekir. Hayvanlarında diğer cisimler gibi dengede olabilmesi için çeşitli fizik yasalarına uymak zorundadır. Ve hayvanlar doğal ortamlarına uyum içindedirler. Bilindiği gibi köpekler ve yabani türleri avlarını hızlı bir şekilde

yakalayabilecek bir vücut sistemine sahip iken ruminantlarda zengin gıda içeriğini depolayacak bir sindirim sistemine sahip olmalarına rağmen yavaş sindirme olayı ile uzun mesafeler kat edebilecek bir yapıya sahiptir. Atlarda buna farklı bir örnektir. Çünkü bu türde kasların yorulmaksızın uzun bir zaman periyodunda çalışması, üzerindeki yükü taşıması için pasif destek sistemi vardır. Atlardaki kaslar vücut ağırlığı bakımından çok daha hafif, gıdayı hem daha hızla sindiren hemde daha yüksek enerji elde eden köpeklerden daha iyi gelişmiş bir destek sistemi vardır.

Pek çok araştırmacıya göre axis düzlemi boyunca vücudun kontrüksiyonunu çeşitli köprü sistemlerine benzetmişlerdir. Ancak son dönemlerde bu görüş yeterli açıklama yapamadığı ortaya çıkmıştır. **“YAY ve KİRİŞ”** teorisi daha doğru gelmektedir. Thoracolumbar vertebraların eklemleri, kasları ve ligamentleri, esnek bir yapı sağlar buna **“YAY”** denir. Abdominal kaslar ise **“ KİRİŞ-İP”**i şekillendirir. Özellikle thorax’tan pelvis’e kadar uzanan m.rectus abdominus çok önemli bir **“İP”** pozisyonundadır. Karın kasının kontraksiyonu yay’da bükülmeye neden olur. Sırtın üst kısmındaki eroktor spina (m. longus colli, m. iliocostalis ve m. spinali) kasları yayın düzgün olmasını sağlar. Karın organlarının ağırlığı da thoracolumbal bölgenin dışı doğru düzgün bir şekilde kavışmasını sağlarlar. Yayın bükülmesine ön bacağın protractor kasları ile arka bacağın retractor kasları da destek verir. Buna vücudun diğer kasları da katılarak bu sisteme destek verir. Atlar için çok belirgin olan bu özellik üzerinde bir binici varken Yay’ın arka kısmında(lumbosacral eklem seviyesinde bir değişiklik yaratmazken ön bölgedeki (thoracal) bükülmeyi karın kasındaki aşırı gerilmeden dolayı arttırdığı görülür.

Cervical bölgede de **“YAY ve KİRİŞ”** teorisini görmek mümkündür. Thoracolumbal bölgenin tersine bir bükülme gösterir. Cervical

vertebra’ların dizilişi, ligamentleri ve kasları boyun bölgesinin **“YAY”**ıdır. Lig.nuchae ise **“KİRİŞ-İP”** konumundadır. Başın indirme aktivasyonu ve ağırlığı Yay’ın düzleşmesine neden olurken lig.nuchae’nin flexion pozisyonunda gerginliğini oluşturur(18,21,24).



SONUÇ

Denge bütün atlı disiplinlerinde çok önemlidir. Kuvvetin bacaklara aktarılmasında, yerden gelen şokların absorpsiyonunda ve gövdenin sağa ve sola dönüşlerinde ön bacağın kirişlerden zengin kaslarla vücuda bağlanması ile gövdenin iki bacak arasında salınma maruz kalması, gerek ön bacaklardaki düzgünlük gerekse arka bacaklardaki ön bacaklara uygun açılma değerleri ve patellar kilit sisteminin çok önemli olduğu görülmektedir. Bacaklardaki duruş aparatları sayesinde atın yorulmaksızın hareket kabiliyetinin devamını sağlamasında vücudun genel yay-kiriş prensibi ile hareket ettiğini, bu sayede minimum enerji ile maksimum efor elde edilmesinde önemli anatomik oluşumlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Akkaş N. **Bilim ve teknik. (199).** Mayıs. Pp:20-24
2. Back W., Schamhardt H.C., Savelberg H.H.C.M, Van Den Bogert A.J, Bruin G, W. Hartman W., Barneveld A. How the horse moves: 2. Significance of graphical representations of equine hind limb kinematics. Equine Veterinary Journal. Volume 27, Issue 1, pages 39–45, January 1995
3. Çalışlar T. (1988). Evcil hayvanların anatomisi (Genel). İst. Üniv. Vet. Fak. Yayınları .Pp.28-42
4. Carol L. Gillis. (1997) AAEP Proceedings.Vol. 43 / 306-309
5. Clayton, H. (1999). The Mysteries of the Back. Dressage Today, 28
6. Conformation of horses Agriscience 334 Equine Science #8893-B TEKS: 119.66 (c)(2)(B).(https://utextension.tennessee.edu/williamson/4h/Documents/Horse/Hippology/Anatomy/conformationa.pdf)
7. Davis UC. (2009). Suspensory Ligament Injuries in Horses. <http://www.vetmed.ucdavis.edu/ceh/docs/special/Pubs-SuspBrochure-bkm-sec.pdf>
8. Dennis E, Equine Stay Apparatus. <http://www.equinevetchiropractor.com/horse-biomechanics/stay-apparatus>
9. Denoix JM. (1999). Functional Anatomy of the Equine Interphalangeal Joints. AAEP Proceedings 9 Vol. 45 . Pp. 174-177
10. Denoix, J.M (1999). Spinal biomechanics and functional anatomy. Vet. Clin. North Am. Equine Pract.,; 15: 27–60.
11. Frankel V.H and Burstein A.H. (1970). Orthopaedic Biomechanics. 188 pp, 24 cm, illus, Lea & Febiger, Philadelphia. (Arthritis & Rheumatism Volume 14, Issue 1, page 144, January/February 1971)
12. Getty R (1975). Sisson and Grossman's The Anatomy of the domestic animals. Fifth edition. Chapter 5. "Badoux,M.General Biostatics and biomechanics". W.B.Saunders Company.philadelphia-london.Pp.48-83.
13. Green J. Horse Anatomy (2006). Dover Publication.NY.USA. Pp.30.
- 14.<http://cal.vet.upenn.edu/projects/grossanat/large/menu/hplvlstslm.htm> Stifle locking mechanism
- 15.<http://www.equineequilibrium.com/biomechanics.php>
16. <http://www.schleese.com/TheBalancedHorse>
17. Jeffcott, L.B., Dalin, G. (1980). Natural rigidity of the horse's back bone. Equine Vet. J.,12: 101–108.
18. König H E,,Liebich HG. (2004). 4th. Edition.Veterinary Anatomy of Domestic Mammals: Textbook and Colour Atlas .Pp:257-262
19. Lenoir C . (2003). Les Defauts D'aplombs du Cheval : Origine, Consequences et Possibilites de Traitement. Toulouse, (http://oatao.univ-toulouse.fr/1085/1/debouch_1085.pdf)
20. Linda B. (2004). Schultz . Howell Equine Handbook of Tendon and Ligament Injuries. Chapter-2 Functional Anatomy of the Equine Foreleg and Hind Leg. - Horse & Rider magazine, Howel Book House. Wiley Pp-17-30 November.

21. **Nickel R, Schumer A, Seiferle E (1986).** Anatomy of the Domestic Animals. Verlag Paul Parey, Berlin. 444–466
22. **Nickisch F. (2007).** Achilles Tendon Anatomy: Verlag-London,5-16.
23. **Pilliner S., Elmhurst , S and Davis Z. (2002)** The Horse in Motion Blackwell Science. Chapter 3. Pp:19-5912 Sep 2002
24. **Rhodin M, A. (2008).** Biomechanical Analysis of Relationship Between the Head and Neck Position, Vertebral Column and Limbs in the Horse at Walk and Trot. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala 2008
25. **Sellnow L. (2006)** The Horse: Your Guide To Equine Health Care . Tendons and Ligaments: Anatomy and Physiology. Sep 01, 2006.
26. **Scerrit G.C., Mc Ielland J. (1984).** An introduction to The functional Anatomy of the limbs of the domestic Animals: Bristol. 1984. Chapter.9. forelimb of the horse anc. Pp.83-106 and chapter 14. Hindlimb of the horse and ox. Pp.156-170
27. **Soffler, C. & Hermanson, J.W. (2006).** Muscular design in the equine interosseus muscle. Journal of Morphology 267(6), 696-704.
28. **Strickland JW. (1999)** Flexor Tendon Acute injuries. Chapter 59. Operative Hand Surgery [Green DP. Edt] (4 th ed). Churchill and Livingstone, New York. 1999; 1851.
29. **Townsend, H.G.G., Leach, D.H., Fretz, P.B. (1983).** Kinematics of the equine thoracolumbar spine. Equine Vet. J., 15: 117–122.
30. **Townsend, H.G.G., Leach, D.H. (1984).** Relationship between intervertebral joint morphology and mobility in the equine thoracolumbar spine. Equine Vet. J., 16: 461–465.
31. **Vorgelegt C.C.A. (2010).** The Anatomy and Function of the equine thoracolumbar Longissimus dorsi muscle. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München. 2010.
32. **Zaneb H., Peham C., Stanek C. (2013).** Functional anatomy and biomechanics of the equine thoracolumbar spine: A review. Turk J Vet Anim Sci 37: 380-389.