



Atlarda Ön ve Arka Bacağın Denge Mekanizması

Yasin DEMİRASLAN^{1✉}, Sami ÖZCAN¹

1. Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Kars, Türkiye.

Özet: Atlar, hayatlarının büyük bir kısmını ayakta geçirirler. Uzun süre ayakta duruş, ön bacakta pasif denge unsurlarıyla, arka bacakta pasif denge unsurları ve ek olarak kilitleme mekanizması ile karşılıklı mekanizma sayesinde gerçekleşir. Denge unsurları esas itibarıyla yoğun bağ dokusu içeren, kasın gövdesindeki yükü üzerine alan, yorulmayan tendo ve ligament'lerden oluşur. Bacaklardaki denge mekanizmasının anlaşılabilmesi için ligament'lerin kaslar kadar gerilemediğini, tendoların ligament'lere oranla gerilmeye daha az dayanıklı olduğunu ve ligament'lerin, eklemlerin flexion haline gelmesini engellemede önemli bir rol üstlendiğini bilmek gerekir. Ön bacakta pasif denge mekanizmasına katılan kaslar m. serratus ventralis, m. biceps brachii (lacertus fibrosus), m. extensor carpi radialis, m. extensor digitorum communis, m. flexor digitorum superficialis, mm. flexores digitorum profundi ve m. interosseus medius'tur. Arka bacağın pasif denge mekanizmasına katılan kaslar ise m. gastrocnemius, m. peroneus tertius, m. flexor digitorum superficialis ve mm. flexores digitorum profundi'dir. Sonuç olarak, atlar için denge mekanizmasının ne denli önemli olduğu ortaya konulmuş ve bacakların vücut ağırlığı altında dengelerini sağlamalarının, çok az yorulan, enerji depolama kabiliyetleri oldukça yüksek olan ve üzerlerindeki yükü kemik dokulara aktarabilen denge unsurları sayesinde gerçekleştiği, mekanizması ile birlikte detaylıca anlatılmıştır.

Anahtar kelimeler: At, Biyomekanik, Denge mekanizması, Denge unsurları.

The Balance Mechanism of the Fore- and Hindlimbs in Horses

Abstract: The horses spend a large part of their lives in standing. Standing for a long time occurs with the passive balance elements of the fore- and hindlimbs, including locking and reciprocal mechanisms. The balance elements are comprised from the restless tendons and ligaments including mainly the connective tissue, loaded on the burden in the muscle body. In order to understand the balance mechanism in the legs, one has to know that ligaments do not regress as much as the muscles, and tendons are less enduring to strain than ligaments, and ligaments play an important role in preventing transformations of joints into flexion. The muscles being involved in the passive balance mechanism of the forelimb are m. serratus ventralis, m. biceps brachii (lacertus fibrosus), m. extensor carpi radialis, m. extensor digitorum communis, m. flexor digitorum superficialis, mm. flexores digitorum profundi and m. interosseus medius. The muscles being involved in the passive balance mechanism of the hindlimb are m. gastrocnemius, m. peroneus tertius, m. flexor digitorum superficialis and mm. flexores digitorum profundi. Consequently, it has been put forth that how the mechanism of balance is important for horses and further told in detail with its mechanism that the legs acquire equilibrium under the body weight by means of stay apparatus, which get tired barely, has a high capacity of storing energy and can transfer its burden to bony tissues.

Key words: Balance mechanism, Biomechanics, Horse, Stay apparatus.

GİRİŞ

Ayağın en önemli fonksiyonları hareketi sağlamak ve ayakta durmak için vücuda desteklik yapmaktır (Frandsen, 1976). Özellikle, koşup-yürüyebildikleri sürece varlığı benimsenen atlar için ayağın önemi tartışılmazdır. Atlar hayatlarının büyük bir kısmını ayakta geçirirler (Dallaire, 1986; Boyd ve ark., 1988; Frandsen ve ark., 2009). Bu hayvanların ayakta kalma süreleri diğer hayvanlara oranla oldukça fazladır (Pilliner ve ark., 2002; Budras ve Röck, 2009). Bacakta, hareket boyunca enerjinin depolanıp, daha sonra salınmasını sağlayan ligamentöz yapılara *denge unsurları* denir (Şekil 1, 2) (Frandsen ve ark., 2009). Atların uzun süre ayakta durmasını sağlayan faktörler; ön ve arka bacaklardaki pasif denge unsurları ile birlikte kilitleme mekanizması (locking mechanism) (Smallwood, 1992; Dyce ve ark., 2002) ve karşılıklı mekanizma (reciprocal mechanism)'dir (Frandsen ve ark., 2009). Ayakta durma-denge mekanizması, ata arka bacakları üzerinde dinlenebilme imkanı verir (Çalışlar, 1988). Bu durumu sağlayan denge unsurları esas itibariyle yoğun bağ dokusu içeren, yorulmayan, kasın gövdesindeki yükü üzerine alan tendo ve ligament'lerden oluşur (Pasquini, 1995). At, sakın bir şekilde ayakta dururken, vücut ağırlığının çoğu tendo, ligament ve derin fascia'lara yüklenmektedir (Dyce ve ark., 2002). Bu yapılar kassel enerjinin azlığında, çok az enerji harcayarak dinlenebilmeyi sağlamaktadır (Frandsen ve ark., 2009). Ayrıca tendo ve ligament'lerde laktik asit üretimi az olduğundan, yorulma hissinin oluşması uzun zaman alır. Bu nedenle at yorulmadan uzun süre ayakta kalabilmektedir (Çalışlar, 1988). Arka ve ön bacakta bulunan ligamentöz yapılar üzerlerindeki yükü kemik dokuya aktarmak suretiyle, harcanılacak enerjiyi en az seviyede tutarlar (King, 1997). Böylece atlar ayakta kalabilme yeteneklerini kullanarak, derin olmaksızın uyuyabilirler (Smallwood, 1992).

Bacaklardaki denge mekanizmasının anlaşılabilmesi için ligament'lerin kaslar kadar gerilemediğini, tendoların ligament'lere oranla gerilmeye daha az dayanıklı olduğunu ve

ligament'lerin, eklemlerin flexion haline gelmesini engellemede önemli bir rol üstlendiğini bilmek gerekir. Ayrıca yük bacağına bindiğinde, bacak eklemleri çökmeye meyleder. En düşük kas aktivitesiyle, çökmenin önüne geçmek için ligamentöz yapıdaki denge unsurları bacak eklemlerini çaprazlar (Frandsen ve ark., 2009).

Ön bacakta pasif denge mekanizmasına katılan kaslar m. serratus ventralis, m. biceps brachii (lacertus fibrosus), m. extensor carpi radialis, m. extensor digitorum communis, m. flexor digitorum superficialis, mm. flexores digitorum profundi ve m. interosseus medius'tur. Arka bacakta ise m. gastrocnemius, m. peroneus tertius, m. flexor digitorum superficialis ve mm. flexores digitorum profundi'dir (Frandsen, 1976; Smallwood, 1992; Pilliner ve ark., 2002).

Ön ve arka bacakta bulunan ve pasif denge mekanizmasına katılan ligament'ler ise lig. intersesamoideum, lig. sesamoideum rectum, ligg. sesamoidea obliqua, ligg. sesamoidea collateralia, ligg. sesamoidea cruciata ve ligg. sesamoidea brevia'dır (Frandsen, 1976; Çalışlar, 1988; Dyce ve ark., 2002).

Ön Bacağın Denge Unsurları (Passive Stay Apparatus of the Forelimb)

Vücut ağırlığının % 60'a yakını ön bacaklar taşır (Pilliner ve ark., 2002). Ön bacakta denge aygıtlarını oluşturan ligament ve tendo yapıları, art. cubiti, art. humeri ve parmak kemik dizisini sabitleyen, art. metacarpophalangea'yı ve ossa carpi'yi kilitleyen. Bu karışık sisteme pasif, otomatik veya etki – tepki sistemi de denebilir (Şekil 1) (Stashak, 2002).

Ön bacağın kemiksel çatısı, scapula ile costae arasında uzanan m. serratus ventralis ile birlikte gövdenin ön kısmını destekler (Frandsen, 1976; Dyce ve ark., 2002; Budras ve Röck, 2009). Bu kasta bulunan tendinöz yapı, kas kasılmadan bile vücudun desteklenmesinde özel bir yeteneğe sahiptir. Sağ ve sol m. serratus ventralis thoracis kasıldığında vücut ön

bacak seviyesinden askıya alınır ve kasın scapula'ya tutunduğu yerden (facies serrata) vücut ağırlığının çoğu ön bacağı aktarılır (Smallwood, 1992; Pasquini, 1995; Frandson ve ark., 2009). Ön bacadaki dikey destek çizgisi facies serrata'nın merkezinden başlar. Bu çizgi art. humeri'nin arkasından geçerek, art. cubiti boyunca ilerler. Çizgi art. carpi, art. metacarpophalangea ve art. interphalangea proximalis'in önünden geçer. Destek çizgisindeki küçük sapmalar ön bacağın kemiksel dizisinin çökmesine neden olabilmektedir (Dyce ve ark., 2002). Bu nedenle ön bacağın denge unsurları destek çizgisinin geçtiği noktaları sabit tutma prensibiyle çalışır.

Ön bacağın desteklenmesinde m. biceps brachii oldukça önemli rol oynar. Çünkü art. humeri bu kasın başlangıç tendosu ile çaprazlanmıştır (Şekil 1-2). M. biceps brachii, scapula'nın tuberculum supraglenoideale'sinden başlar, radius'un tuberositas radii'sinde sonlanır (Budras ve Röck, 2009). Bu kasın yapışma tendosu m. extensor carpi radialis'in fascia profunda'sı ile bağlantılı olan lacertus fibrosus'u da içerir. Kasın bu özelliği scapula, humerus, antebrachium ve metacarpus'un proximal'i boyunca ligamentöz bir hat oluşturur (Şekil 1-2,6,10) (Frandson ve ark., 2009). Bu hat sayesinde yük bacağına bindiğinde art. humeri flexion'dan korunur (Pasquini, 1995; Budras ve Röck, 2009; Frandson ve ark., 2009) ve art. cubiti sabitlenir (Smallwood, 1992; Dyce ve ark., 2002; Stashak, 2000). Böylece lacertus fibrosus sayesinde hayvan uzun süre ayakta kalma ve bu pozisyonda istirahat edebilme imkânı bulmaktadır (Dursun, 2000). Ayrıca bacağın art. humeri seviyesinde vücut yükünün kemik dokuya aktarılmasıyla dengenin oluşturulması da sağlanır. M. biceps brachii'nin başlangıç tendo'sundaki yük, humerus'un sulcus intertubercularis'ine fazlaca baskı yapmakta ve böylece yük kastan kemiğe aktarılmaktadır. Aslında, bu tendo kalıbının tuberculum intermedium ile birlikte eklem kilidine neden olduğu da düşünülmektedir. M. biceps brachii'nin yapışma tendosunda bulunan yük ise m. extensor carpi radialis ve lacertus fibrosus sayesinde

os metacarpale III'ün extremitas proximalis'ine aktarılmaktadır (Şekil 1) (Smallwood, 1992; Dyce ve ark., 2002). Böylece art. humeri'nin flexion olmasını sağlayacak güç m. biceps brachii'nin tendosuyla kemik dokuya aktarılmakta (Pilliner ve ark., 2002; Goldfinger, 2004) ve art. humeri flexion'dan korunmaktadır. M. biceps brachii üzerine aldığı yük ile bacağın çöküşünü engellerken, art. carpi'ye ait extensor tendoların hareket kabiliyetlerini artırıp, bu eklem sabit kalmasına yardım ederek ön bacağın dengesine dolaylı yoldan da katkı sağlamaktadır (Smallwood, 1992; Dyce ve ark., 2002).

Yük bindiğinde ön bacağın dengeyi sağlaması için art. cubiti'nin sabit kalması gerekmektedir. Bunu sağlayan sistem, m. flexor digitorum superficialis et profundus'tan, art. carpi'yi etkileyen tendoların pasif gerilmelerinden ve dış merkezli olarak lig. collateralia (laterale et mediale) 'dan meydana gelmektedir (Şekil 1-5,7,8,9) (Dyce ve ark., 2002). Bu sistem sayesinde eklem cranial, caudal, lateral ve medial yönlerden sabitlenir ve flexion-extension yapamaz. Literatürde (Frandson ve ark., 2009) art. cubiti'nin sabitlenmesinde m. triceps brachii'nin caput longum'unun da etkisinin olduğu belirtilmektedir.

Denge mekanizmasının vazgeçilmez parçalarından bir tanesi de art. carpi'nin flexion ve hiperextension'unun engellenerek, eklem sabit kılınmasıdır. Bu durumun sağlanmasında rol alan faktörler ise oldukça fazladır. Lig. carpale palmare ve ossa carpi sayesinde art. carpi'nin hiperextensionu engellenir (Pasquini, 1995; Dyce ve ark., 2002). Art. carpi'nin flexion'u ise mm. flexores digitorum profundi ve m. flexor digitorum superficialis'in tendolarının lig. accessorium'ları (Şekil 1-9,11) (Smallwood, 1992; Stashak, 2002.), m. extensor carpi radialis'in tendosu ve lacertus fibrosus sayesinde önlenir (Şekil 1-6,10) (Pasquini, 1995). Ayrıca bu yapılar eklem sabitlenmesine de yardımcı olurlar (Frandson ve ark., 2009). Art. carpi'nin sabitlenmesinde lig. collateralia laterale et mediale'nin

de etkisinin olduğuna dair bilgiler vardır (Stashak, 2002).

Denge mekanizmasının bacağıın distal'inde kalan kısmı, yük bacağıa bindiğinde art. metacarpophalangea'yı kilitlemek ve art. interphalangea proximalis et distalis'in daha az extension olmasını sağlamakla ilgilidir. Art. metacarpophalangea'nın hiperextension'u asıcı unsurlar sayesinde engellenir. Bu asıcı unsurlar m. interosseus, os sesamoidea proximale ve ligg. sesamoidea distalia'dan oluşur (Şekil 1-13,14,16,17,18) (Smallwood, 1992; Smith ve ark., 2002; Budras ve Röck, 2009; Frandson ve ark., 2009). Yük bacağıa bindiğinde bu yapılar gerilir ve topuk ekleminin geriye çökmesi engellenir (Frandson, 1976; Sack, 1989; Pasquini, 1995; Dyce ve ark., 2002; Stashak, 2002). Bu etki m. flexor digitorum superficialis'in tendosu, m. flexor digitorum profundus'un tendosu ve lig. accessorium (kontrol ligamenti)'un gerilmesiyle güçlenir (Dursun, 2000; Pilliner ve ark., 2002; Smith ve ark., 2002; Swanstrom ve ark., 2005). Digital flexor tendolar kasıldığında at ayakta dururken art. metacarpophalangea'nın açısındaki değişiklik minimal seviyede tutulur (McGuigan, 2001; Wilson ve ark., 2002). M. flexor digitorum superficialis'in lig. accessorium'u radius'un distal ucunun arkasından başlar ve ossa carpi yakınlarında tendoya katılır. Bu yapı *radial* veya *proximal kontrol ligamenti* olarak bilinir (Şekil 1-9). Mm. flexores digitorum profundus'un lig. accessorium'u art. carpi'nin kapsülünden başlar ve os metacarpale III'ün ortasında tendoya katılır. Bu ligament'e *carpal* veya *distal kontrol ligamenti* de denir (Şekil 1-11). Radial ve carpal kontrol ligamentleri phalanx distalis ve radius arasında enerjinin depolanmasını ve ayakta durma sırasında salınmasını sağlayan ligamentöz bir hat oluşturur (Frandson ve ark., 2009). Ayrıca radial kontrol ligament'i dinlenme sırasında, m. flexor digitorum superficialis'teki yükü radius'a, carpal kontrol ligament'i mm. flexores digitorum profundus'deki yükü os metacarpale III'e aktarır (Pasquini, 1995). Böylece kaslardaki yük kendinden daha dayanıklı olan kemiğe

aktarılmış olur. Ayrıca bu yapılar art. metacarpophalangea ile art. interphalangea distalis'in maksimum gerilmesi sırasında yükü pasif olarak taşıyarak hiperextension'un önüne geçerler (Riemersma ve ark., 1986; Swanstrom ve ark., 2004). Art. interphalangea proximalis'in hiperextension'unun engellenmesinde asıcı unsurlardan m. interosseus medius'un extensor kolları kilit rol oynamaktadır (Rooney ve ark., 1969; Jansen, 1993; Budras ve Röck, 2009). Bu rol extensor kolların m. extensor digitorum communis'e tutunmasından kaynaklanır. M. interosseus medius ile m. extensor digitorum communis'in tendosunun extensor kollar aracılığıyla tutunması art. metacarpophalangea ve parmakları sabitlenmektedir (Şekil 1-15) (Stashak, 2002). Ayrıca tırnağın zemine basışı sırasında meydana gelen çarpışmada phalanx distalis'in processus extensorius'unu çeken m. interosseus medius'un extensor kolları, ayak seviyesini koruması ve çarpışmanın etkilerini ortadan kaldırmasıyla denge mekanizmasına bir diğer yönden katkı sağlar (Dyce ve ark., 2002).

Art. metacarpophalangea'nın açısının artması, eklemin hiperextension'unun önüne geçen tendo ve ligament'lerdeki yükün artmasına ve denge unsurlarının zarar görmesine neden olur (Rooney ve ark., 1978; Riemersma ve ark. 1988; Shomaker ve ark., 1991). Klinik olarak düşünülürse topuk ekleminin açısının artmasına neden olabilecek her durum (tendo yaralanmaları, nallama vs.), atın daha çabuk yorulmasına yol açacaktır.

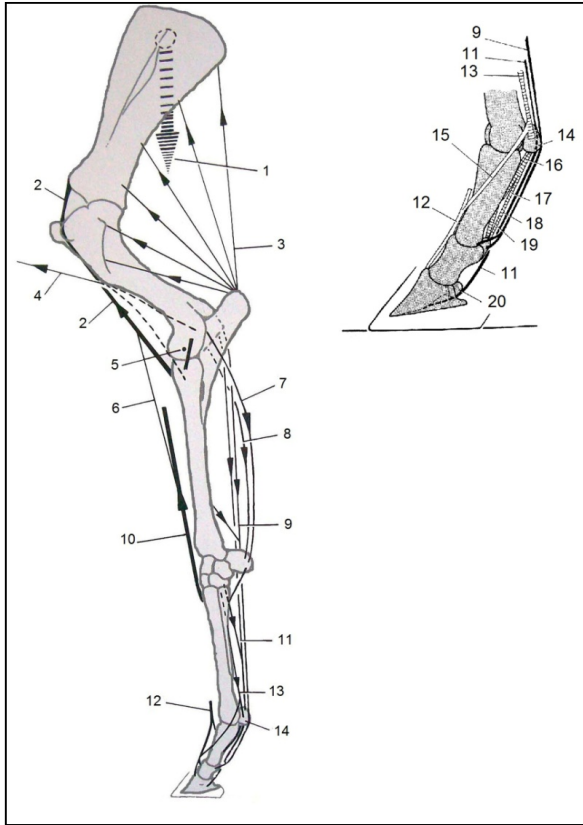
Bacakların denge mekanizmasında ligg. sesamoidea proximales et distales'in vazgeçilmez rolleri vardır. Ligg. palmaria ve ligg. sesamoideum rectum sayesinde art. interphalangea proximalis'in hiperextension'u engellenir (Şekil 1) (Frandson, 1976; Pasquini, 1995; Stashak, 2002). Aynı zamanda ligg. sesamoidea distale sayesinde, phalanx media ve phalanx proximalis'teki yükler phalanx distalis'e aktarılarak, art. interphalangea proximalis'in extension'u sınırlanır (Wright, 1993; Denoix, 1994). Bu esnada gergin olan mm. flexores digitorum

profundi'nin tendosu ilave etki yaparak, fonksiyonun güçlenmesini sağlar. Art. interphalangea proximalis'in öne doğru flexion'u m. flexor digitorum superficialis'in tendosu ile de engellenir (Riemersma, 1988; Pasquini, 1995; Dyce ve ark., 2002; Stashak, 2002).

Bacakların dengede durması ve vücut yükünü uzun süre taşımasında tırnağın düzgün bir şekilde yere basması önemlidir. Bu fonksiyon mm. flexores digitorum profundi'nin tendosundaki gerilimin, art. interphalangea distalis'i flexion'a yönlendirmesiyle gerçekleşir (Dyce, ve ark., 2002).

Şekil 1: At sol ön bacağınaın denge aygıtlarının lateral'den görünüşü.

Figure 1: The Lateral view of the stay apparatus of the left forelimb of horse.



1. Vücut ağırlığı, 2. M. biceps brachii'nin internal tendosu, 3. M. triceps brachii, 4. M. brachiocephalicus ve fascia brachialis, 5. Art. cubiti'nin dönme eksenini ve lig. collaterale laterale, 6. Lacertus fibrosus, 7. M. ulnaris lateralis, 8. M. flexor carpi ulnaris, 9. M. flexor digitorum superficialis ve radial kontrol ligamenti, 10. M. extensor carpi radialis, 11. Mm. flexores digitorum profundi ve carpal kontrol ligamenti, 12. M. extensor digitorum communis, 13. M. interosseus, 14. Ossa sesamoidea proximales, 15. M.

interosseus medius'un extensor kolu, 16. Ligg. sesamoidea cruciata, 17. Ligg. sesamoidea obliqua, 18. Lig. sesamoideum rectum, 19. Lig. palmare axiale, 20. Os sesamoideum distale (Os naviculare) (Dyce ve ark., 2002).

1. Body weight, 2. internal tendon of M. biceps brachii, 3. M. triceps brachii, 4. M. brachiocephalicus and fascia brachialis, 5. Rotation route of Art. cubiti and lig. collaterale laterale, 6. Lacertus fibrosus, 7. M. ulnaris lateralis, 8. M. flexor carpi ulnaris, 9. M. flexor digitorum superficialis and radial control ligament, 10. M. extensor carpi radialis, 11. Mm. flexores digitorum profundi and carpal control ligament, 12. M. extensor digitorum communis, 13. M. interosseus, 14. Ossa sesamoidea proximales, 15. Extensor branch of M. interosseus medius, 16. Ligg. sesamoidea cruciata, 17. Ligg. sesamoidea obliqua, 18. Lig. sesamoideum rectum, 19. Lig. palmare axiale, 20. Os sesamoideum distale (Os naviculare) (Dyce et al., 2002).

Arka Bacanın Denge Unsurları (Passive Stay Apparatus of the Hindlimb)

Arka bacakta denge mekanizmasının önemli belirleyicilerinden destek çizgisi, caput ossis femoris'ten başlar. Bu çizgi distal yönde ilerler ve art. genu'nun arkasından, art. tarsi, art. metatarsophalangea ve art. interphalangea proximalis'in önünden geçer. Eğer arka bacakta, bahsedilen destek çizgisinde küçük değişiklikler olursa, art. metatarsophalangea ve art. interphalangea proximalis'in hiperextension'u, art. genu ve art. tarsi'nin flexion'u söz konusu olur. Dolayısıyla arka bacağın kemiksel çatısı böylesi bir durumda çöker (Dyce ve ark., 2002). Arka bacağın denge mekanizması art. genu'nun kilitlemesine, art. tarsi'nin flexion, art. metatarsophalangea ve art. interphalangea proximalis et distalis'in hiperextension olmamasına bağlıdır (Şekil 2).

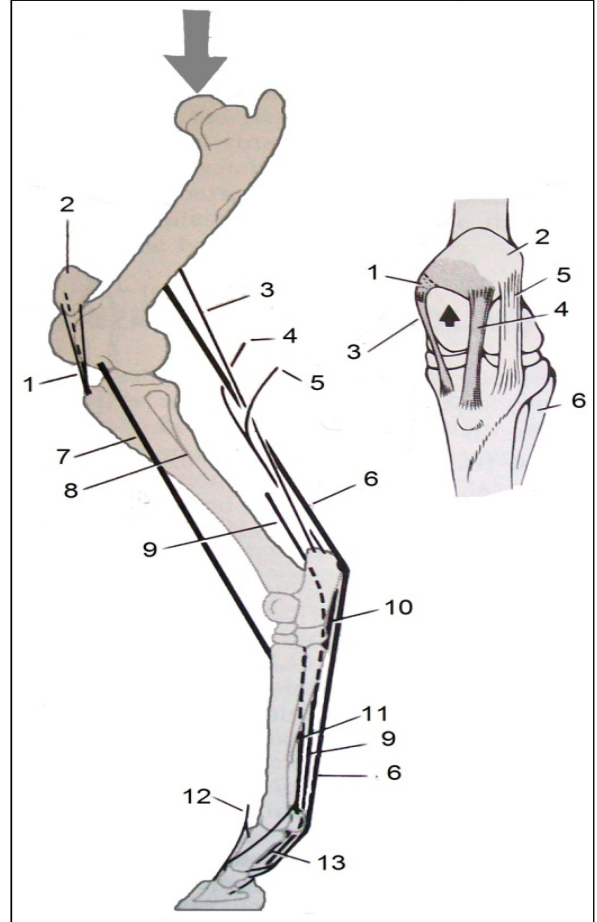
Arka bacağın denge mekanizmasında art. genu ve art. tarsi'nin sabitlenmesi gereklidir. Bu sabitlenme ise kilitleyici mekanizma (locking mechanism) ve karşılıklı mekanizma (reciprocal mechanism) sayesinde gerçekleşmektedir (Şekil 2) (Dyce ve ark., 2002; Frandson ve ark., 2009). Normalde, art. genu'nun hareketi esnasında patella femur'un trochlea'sı üzerinde aşağı yukarı kayar (Frandson ve ark., 2009). Art. genu'nun kilitleyici mekanizmasında, patella dinlenme pozisyonuna getirilir ve 15 derece kadar içe doğru döner (Dyce ve ark., 2002). Bu durumda patella'nın güvenliği, trochlea'nın medial yumrusu üzerindeki (Stashak, 2002; Budras ve Röck,

2009), lig. patellare mediale ve parapatellar kıkırdak tarafından sağlanır (Şekil 2-1,3) (Smallwood, 1992; Dyce ve ark., 2002; Frandson ve ark., 2009). Böylece art. genu sabitlenir (Pasquini, 1995; Budras ve Röck, 2009). Patella bu durumda yer değiştirmeye karşı sıkıca dayanır ve vücut ağırlığının büyük bir kısmı kilitli olan art. genu'ya yüklenir (Dyce ve ark., 2002). Kilitleme sırasında kas aksiyonu gerçekleşmez (Frandson ve ark., 2009). Patellar kilit dolaylı yoldan art. coxae'yı da hareket edemez duruma getirir (Pasquini, 1995). Kilitleme mekanizmasının çalışmadığı durumda, art. genu ve art. tarsi flexion olur, patella lateral'e döner ve kullanım alanı sınırlandığından dolayı denge mekanizması için gerekli destek sağlanamaz (Smallwood, 1992). Art. genu kilitlenirken, vücudun arka çeyreğinin ağırlığının bir kısmı da art. tarsi'yi flexion'a zorlar. Bu durum m. flexor digitorum superficialis tendosunun gerilmesiyle tolere edilir (Şekil 2-6) (Dyce ve ark., 2002). Böylece art. tarsi extension'da tutulur ve bacağın pasif dengesi desteklenir (Pasquini, 1995). Ayakta durmak için yapılan kilitlenme geçici olup, at hareket ettiğinde tekrar açılır. Kalıcı kilitlenmede ise art. genu, ancak lig. patellare mediale'nin kısmi rezeksiyonuyla fonksiyon kazanabilir (Dyce ve ark., 2002).

Arka bacakta pasif dengenin sağlanmasında çok önemli bir yeri olan karşılıklı mekanizma m. peroneus tertius ve m. flexor digitorum superficialis'in tendosu tarafından oluşturulur (Şekil 2-6,7) (Stashak, 2002; Frandson ve ark., 2009). Bunlardan ilki crus'un dorsal tarafında, ikincisi plantar tarafında bulunur (Frandson, 1976; Dyce ve ark., 2002). M. peroneus tertius ve m. flexor digitorum superficialis'in tendosu art. genu ve art. tarsi'nin karşılıklı uyum içerisinde çalışabilmesine imkan sağlar (Çalışlar, 1988). Öyle ki eklemin bir tanesi gerildiğinde veya büküldüğünde, diğeri de bu hareketlere benzer hareketler yapar (Frandson, 1976; Dyce ve ark., 2002). Ayrıca crus'un plantar'ındaki m. gastrocnemius ve bu kaslarla bağlantılı fibröz bant fonksiyon bakımından m. flexor digitorum superficialis'e benzediğinden dolayı karşılıklı mekanizmanın iç parçası olarak kabul edilir (Şekil 2-3) (Çalışlar, 1988).

Şekil 2. A. At sol arka bacağının denge aygıtlarının lateral'den görünüşü. B. At sol diz ekleminin cranial'den görünüşü.

Figure 2. A. The Lateral view of stay apparatus of the left hindlimb of horse. B. The cranial view of the left stifle joint of horse.



A. 1. Lig. patellaria, 2. Patella, 3. M. gastrocnemius ile bağlantılı fibröz bant, 4. M. semitendinosus'un tarsal tendosu, 5. M. biceps femoris'in tarsal tendosu, 6. M. flexor digitorum superficialis, 7. M. peroneus tertius, 8. Fibula, 9. Mm. flexores digitorum profundi, 10. Lig. plantare longum, 11. M. interosseus, 12. M. extensor digitorum longus, 13. Lig. sesamoidea.

A. 1. Lig. patellaria, 2. Patella, 3. Fibrous band connected with M. gastrocnemius, 4. tarsal tendon of M. semitendinosus, 5. tarsal tendon of M. biceps femoris, 6. M. flexor digitorum superficialis, 7. M. peroneus tertius, 8. Fibula, 9. Mm. flexores digitorum profundi, 10. Lig. plantare longum, 11. M. interosseus, 12. M. extensor digitorum longus, 13. Lig. sesamoidea.

B. 1. Fibrokartilaginöz parapatellar doku, 2. Patella, 3. Lig. patellare mediale, 4. Lig. patellare intermedium, 5. Lig. patellare laterale, 6. Fibula. (Dyce ve ark., 2002).

B. 1. Fibrocartilaginous parapatellar tissue, 2. Patella, 3. Lig. patellare mediale, 4. Lig. patellare intermedium, 5. Lig. patellare laterale, 6. Fibula. (Dyce ve ark., 2002).

Arka bacakta art. tarsi'nin distal'inde kalan destek mekanizması, ön baktaki destek mekanizmasına büyük oranda benzemektedir (Şekil 2)

(Pilliner ve ark., 2002). Ancak mm. flexores digitorum profundus'un tendosuna ait lig. accessorium'un (*tarsal kontrol ligament'i*) çok zayıf olması veya hiç olmaması ön ve arka bacakta destek mekanizmasının en belirleyici farklılığıdır (Barone, 2000; Budras ve Röck, 2009; Frandson, ve ark., 2009). Bu durumu, mm. flexores digitorum profundus'un, art. tarsi ve m. flexor digitorum superficialis'in tendosunun ortası düzeyinde, m. flexor digitorum superficialis'in tendosu ile yaptığı proximal ve distal yapışmalar süspanseder. Böylece lig. accessorium'un fonksiyonuna benzer bir fonksiyon gerçekleştirilmiş olur (Dyce ve ark., 2002; Frandson ve ark., 2009). Dolayısıyla phalanx distalis ile ossa tarsi arasında ligamentöz bir hat oluşur. Arka bacakta m. flexor digitorum superficialis'e ait bir lig. accessorium yoktur. Bu durumu ise m. flexor digitorum superficialis'in tendosunun tuber calcanei'ye tutunması tolere eder. Dolayısıyla ön bacakta phalanx media ile radius arasında oluşan ligamentöz hat, arka bacakta phalanx media ile tuber calcanei arasında gerçekleşmiş olur. Böylece kasın üzerindeki yük kemik dokuya aktarılır (Şekil 2) (Frandson ve ark., 2009).

SONUÇ

Sonuç olarak; atların ayakta durma süresinin günün 19 saat'lik bir kısmını kapsadığı (Frandson ve ark., 2009) düşünülürse, ayakta dururken dengelerini nasıl ve hangi anatomik yapılarla sağladıkları derleme konusu olmuştur. Derleme sonucunda, atlar için denge mekanizmasının ne denli önemli olduğu ortaya konulmuş ve bacakların vücut ağırlığı altında dengelerini sağlamaları, çok az yorulan, enerji depolama kabiliyetleri oldukça yüksek olan ve üzerlerindeki yükü kemik dokulara aktarabilen denge unsurları sayesinde gerçekleştiği, mekanizması ile birlikte detaylıca anlatılmıştır.

KAYNAKLAR

Barone R., 2000. Arthrologie et myologie. In "Anatomie comparée des Mammifères Domestiques". Tome second, 4th ed., 791-793, Vigot, Paris.

- Boyd LE., Carbonaro DA., Houpt KA., 1988. The 24-hour time budget of Prezewalski horses. Appl. Anim. Behav. Sci., 21, 5-17.
- Budras KD., Röck S., 2009. Veteriner Anatomi Atlası (At), I. Baskı, 16-32, Medipress Matbaacılık Ltd. Şti., Malatya.
- Çalışlar T., 1988. Evcil hayvanların anatomisi (Genel). 18-125, İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları No: 10, İstanbul.
- Dallaire A., 1986. Sleep as behavior. Equine Prac., 2, 591-607.
- Denoix JM., 1994. Functional anatomy of tendons and ligaments in the distal limbs (manus and pedis). Vet. Clin. North Am., Equine Prac., 10, 273-322.
- Dursun N., 2000. Veteriner Anatomi I. 189-278, Medisan yayınevi, Ankara.
- Dyce KM., Sack WO., Wensing CJG., 2002. Text Book of Veterinary Anatomy, 3th ed., 600-625, Saunders an Imprint of Elsevier Science.
- Frandson RD., 1976. Evcil Hayvanların Anatomi ve Fizyolojileri (Çeviri; Aysan, İ.), Erzurum.
- Frandson RD., Wilke WL., Fails AD., 2009. Anatomy and Physiology of Farm Animals, 7th ed., Wiley – Blackwell, Iowa.
- Goldfinger E., 2004. Animal Anatomy for Artists (The Elements of Form). Oxford University Press.
- Jansen MO., Buiten A., Bogert AJ., Schamhardt HC., 1993. Strain of the musculus interosseus medius and its rami extensorii in the horse, deduced from in vivo kinematics. Acta Anat., 147, 118-124.
- King C., 1997. Equine Lameness. Equine Res. Inc., 397-727.
- McGuigan MP., 2001. The Scope for Adjustment of Distal Limb Mechanics in the Horse (Equus caballus). PhD Thesis, University of London.
- Pasquini C., Spurgeon T., Pasquini S., 1995. Anatomy of Domestic Animals, Systemic and Regional

- Approach, 7th ed., Sundz Publishing.
- Pilliner S., Elmhurst S., Davies Z., 2002. *The Horse in Motion*. 1th ed., Blackwell Publishing Company, Oxford.
- Riemersma DJ., De Bruyn P., 1986. Variations in cross-sectional area and composition of equine tendons with regard to their mechanical function. *Res. Vet. Sci.*, 41, 7-13.
- Riemersma DJ., Bogert AJ., Schamhardt HC., Hartman W., 1988. Kinetics and kinematics of the equine hindlimb: in vivo tendon strain and joint kinematics. *Am. J. Vet. Res.*, 49, 1353-1359.
- Rooney JR., Quddus MA., Kingsbury HB., 1978. A laboratory investigation of the function of the stay apparatus of the equine foreleg. *J. Equine Med. Surg.*, 2, 173-180.
- Rooney JR., 1969. *Biomechanics of Lameness in Horses*. 53-56, Baltimore, W&W, Ontario, Canada.
- Sack WO., 1989. The Stay-Apparatus of the Horse's Hindlimb – Explained. *Equine Prac.*, 11, 31-35.
- Shoemaker RS., Bertone AL., Mohammad LN., Arms SW., 1991. Desmotomy of the accessory ligament of the superficial digital flexor muscle in equine cadaveric limbs. *Vet. Surg.*, 20, 245-252.
- Smallwood JE., 1992. *A Guided Tour of Veterinary Anatomy (Domestic Ungulates and Laboratory Mammals)*. W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- Smith RKW., McGuigan MP., Hyde JT., Daly ASG., Pardoe CH., Lock AN., Wilson AM., 2002. In vitro evaluation of nonrigid support systems for the equine metacarpophalangeal joint. *Equine Vet. J.*, 34, 726-731.
- Stashak TS., 2002. *Adams' Lameness in Horses*. 5th ed., Lippincott, W&W, Philadelphia.
- Swanstrom MD., Stover SM., Hubbard M., Hawkins DA., 2004. Determination of passive mechanical properties of the superficial and deep digital flexor muscle-ligament-tendon complexes in the forelimbs of horses. *Am. J. Vet. Res.*, 65, 188-197.
- Swanstrom MD., Zarucco L., Stover SM., Hubbart M., Hawkins DA., Driessen B., Steffey EP., 2005. Passive and active mechanical properties of the superficial and deep digital flexor muscles in the forelimbs of anesthetized Thoroughbred horses. *J. Biomec.*, 38, 579-586.
- Wilson AM., McGuigan MP., Su A., Bogert AJ., 2002. Horses damp the spring in their step. *Nature*, 44, 895-899.
- Wright IM., 1993. A study of 118 cases of navicular disease: treatment by navicular suspensory desmotomy. *Equine Vet. J.*, 25, 501-509.