

Köpeklerde Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarında Rehabilitasyon

Rehabilitation for Cranial Cruciate Ligament Insufficiency in Dogs

Neyran ALTINKAYA*, Ediz NECATİ

Uluslararası Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

Abstract

Cranial cruciate ligament (CCL) rehabilitation programs aim to restore normal joint kinematics, relieve pain, return the dog to full functionality, and improve neuroadaptation. The aim of this study is to help establish a long-term, multicenter, prospective standard treatment to determine the role of rehabilitation after CCL surgery in dogs. Postoperative rehabilitation programs should be individually designed according to the degree of tissue healing and the achievement of functional goals. Therapists must understand the stages of tissue healing, reassess the patient frequently, and use clinical reasoning skills to advance treatment individually.

Key Words: Dog, Rehabilitation, Cranial cruciate ligament

Özet

Köpeklerde ön çapraz bağ rehabilitasyonu programları normal eklem kinematiğini tekrar kazanmayı, ağrının giderilmesini, köpeğin tam fonksiyonelliğe geri döndürülmesini ve nöroadaptasyonu geliştirmeyi hedefler. Bu çalışmanın amacı köpeklerde ön çapraz bağ cerrahisi sonrası rehabilitasyonun rolünü belirlemek için uzun vadeli, çok merkezli, ileriye dönük standart bir tedavi oluşturulmasına yardımcı olmaktır. Postoperatif rehabilitasyon programları, doku iyileşmesine ve fonksiyonel hedeflere bağlı olarak bireysel şekilde tasarlanmalıdır. Terapistler doku iyileşmesinin aşamalarını tam olarak anlamalı, hastayı sık sık değerlendirmeli ve tedaviyi bireysel olarak ilerletmek için klinik akıl yürütme becerilerini kullanmalıdır.

Anahtar kelimeler: Köpek, Rehabilitasyon, Ön çapraz bağ

1. Giriş

Literatürde ön çapraz bağ (Cranial Cruciate Ligament-CCL) cerrahisi sonrası rehabilitasyonun faydaları birkaç makalede bildirilmiştir, ancak cerrahi ve konservatif tedavileri karşılaştıran araştırmaların sayısı çok azdır (1-6). Rehabilitasyon protokolleri geliştirmek için CCL cerrahisi sonrası doku iyileşme süreci iyi

bilinmelidir. Rehabilitasyon, normal eklem kinematiğini tekrar kazanmayı, ağrıyı azaltmayı, köpeğin tam fonksiyonelliğe geri döndürülmesini ve nöroadaptasyonu geliştirmeyi hedefler. Terapistler bu süreci iyi anlamalı ve fonksiyonel değerlendirmeye dayalı terapatik müdahaleleri seçerken klinik akıl yürütme becerilerini kullanmalıdır. Bu çalışmanın amacı köpeklerde

belirlemek için uzun vadeli, çok merkezli, ileriye dönük standart bir tedavi oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.

2. Farklı dokuların iyileşme süreleri

Deride, iyi kapatılmış insize yaralarda 24-48 saat içinde tam epitelizasyon gerçekleşir. Eğer yarada boşluk yoksa 10-14 günde yeterli kuvvet beklenir, ancak birçok yarada kuvvet %100'e ulaşamaz.

Kemiğin genellikle yaklaşık 12 haftada tam gücünü kazanması beklenir; iyileşme hızı ve türü hastanın yaşı ve cerrahi fiksasyona bağlıdır. Tibial plato osteotomisi (TPLO) ile tam kemik iyileşmesi beklenir.

Kas dokusunda lifler arasındaki boşluğun miktarı ve yaralanma derecesine bağlı olarak kasın normal kuvvetine dönmesi 6 hafta ile 6 ay sürebilir. Kasın kuvveti, esnekliği ve yeniden yaralanmaya direnci iyileşen lifler arasına yerleşen skar doku ile ilgilidir.

Tendon, bağ ve fasya genellikle daha az vaskülerdir ve dokunun tam gücüne ulaşması 1 yıl kadar sürer. İyileşme hızı ve derecesi dokunun vaskülaritesine ve yaralanma derecesine bağlıdır (7,8).

3. Cerrahi teknikler

Cerrahi stabilizasyon için kullanılan en yaygın teknikler; ekstrakapsüler ve osteotomi yöntemleridir (9-13). Tekniklerin sonuçları ve iyileşme süreci birkaç çalışmada karşılaştırılmıştır (14-18).

3.1 Osteotomi stabilizasyon teknikleri

Tibial osteotominin amacı dizde CCL yetersizliğine bağlı "dinamik" instabiliteyi düzeltmektir. Bu prosedürler yürüyüşün duruş aşamasında diz eklemine biyomekanisini düzelterek kraniyal tibial subluksasyonu ortadan kaldırmaya çalışır (10-13).

Bu nedenle, tedavinin ağırlık taşınmayan fazlarında kas kuvvetini yeniden kazanmak çok önemlidir. Ayrıca, son çalışmalar TPLO cerrahilerinin %30'unun, tibial tüberkül yükseltme

(TTA) cerrahilerinin ise %70'inin dizi yeterince stabilize etmediğini göstermiştir (19-21). Bu veriler cerrahi sonrası kas kuvvetlendirme egzersizinin gerekliliğini desteklemektedir.

3.2 Ekstrakapsüler stabilizasyon tekniği

Ekstrakapsüler stabilizasyonun amacı, CCL yetersizliği olan köpeklerde "statik" stabilizasyonu sağlamaktır. Fasya ve kaslar eklemi stabilize edene kadar yeterli stabilitenin sağlanması için kasları güçlendirmek için köpekler düşük şiddette egzersizler yapmalıdır. Cerrahi sonrası 8 hafta boyunca katı aktivite kısıtlamaları ve 3 aya kadar kısıtlı aktivite önerilir (22-24).

4. Değerlendirme

Rehabilitasyon sürecinde, terapist tarafından bireyselleştirilmiş fonksiyonel değerlendirmeler yapılmalıdır (25).

Kas kütlesi ya subjektif olarak kas simetrisi ile, ya da uyluk çevresi ölçümü ile objektif olarak değerlendirilir. CCL hastalığı olan köpeklerde genellikle cerrahi öncesi kas atrofi mevcuttur. Cerrahi sonrası erken ağırlık aktarma ve kas aktivasyonu sağlanmazsa kas kütlelerinin ameliyattan sonra azalması beklenir (2,26).

Normal eklem hareket (NEH) açıklığı gonyometre ile değerlendirilir (27). Diz, tarsal ve kalça eklemlerinin fleksiyon ve ekstansiyonu tedaviye yanıtı belirlemek için başlangıçta ve düzenli aralıklarla ölçülmelidir. Normal eklem artrokinematığı ve osteokinematığının restorasyonu optimal ekstremitte fonksiyonuna izin verir ve kinematik zincirdeki diğer eklemlerde kompensasyonu önleyebilir (28,29).

Yürüyüş, tam vücut hareketlerini içeren bir yöntem ile değerlendirilmelidir. Subjektif yürüyüş değerlendirmesi, objektif basınç ölçüm sistemleriyle zayıf korelasyon gösterir (30). Yürüyüş değerlendirmesi çok önemlidir ancak rehabilitasyondaki ilerlemeyi ölçmek için tek kriter olarak kullanılmamalıdır.

Statik ağırlık aktarma gözlemsel olarak, banyo tartısı veya ayak tabanı basınç ölçer ile değerlendirilir. Bu testler, izometrik kuvveti ve

ağırlık dağılımının simetrisini ölçer. Arka ekstremiteler arasında yaklaşık %6'lık bir fark normaldir. Daha büyük farklar yaralı ekstremitenin ağırlığının sağlam ekstremiteye kaydırıldığını gösterir (31).

4.1 Fonksiyonel testler

Oturma pozisyonu: Herhangi bir asimetri olup olmadığı, diz ve tarsusun pozisyonu, aktif NEH, otururken ekstremitenin fleksiyonu, dış rotasyonu ve abduksiyonu gözlenir.

Oturmadan ayağa kalkma: Köpeğin oturma pozisyonundan ayağa kalkma pozisyonuna geçişi ve hareket etmek için ekstremitelerini nasıl kullandığı gözlenir.

Yatmadan ayağa kalkma: Köpeğin ayağa kalkarken yaptığı manevralar, asimetri veya kompensasyonlar not edilir (25).

5. Rehabilitasyon

Hedefler belirlenirken sadece etkilenen ekstremitede değil tüm vücut göz önünde bulundurulmalıdır (Tablo 1).

Rehabilitasyon; ağrı yönetimini, terapatik modaliteleri, terapatik egzersizleri, manuel terapileri ve aktiviteye dönüş fazını içerir. En önemli bileşenlerden birisi köpek sahibinin eğitimidir. Terapistler, iyileşme döneminde köpek sahipleri ile cerrahtan daha sık iletişime girebilir. Terapist tam aktiviteye dönüş için kontrollü hareket paternleri ve ev ortamı konusunda köpek sahibine rehberlik etmelidir. Rehabilitasyon cerrahiden hemen sonra başlamalı ve köpek tam aktiviteye dönene kadar devam etmelidir.

Rehabilitasyon; yaralanma veya hastalık durumunda ağrıyı azaltmak ve işlevi eski haline getirmek olarak tanımlanmıştır. Ağrı yönetimi farmasötik ve farmasötik olmayan yöntemler; terapatik modaliteler (buz/kompresyon, nöromüsküler elektrik stimülasyonu) ve manuel terapiler dahil olmak üzere çok modelli bir yaklaşımı içerir (32-36).

Tablo 1. Rehabilitasyonun hedefleri ve tedavi yöntemleri

Post-op rehabilitasyon hedefleri	Ağrı yönetimi	Manuel terapi	Terapatik egzersiz	Terapatik modaliteler	Hasta sabırlı eğitimi
Ağrıyı azaltmak, inflamasyon, edüzyon, şişlik	X	X		X	X
Doku iyileşmesini kolaylaştırmak	X	X	X	X	X
Dokunun korunması-yüklenme dengesi	X		X		X
Kas esnekliğini arttırmak		X	X	X	
Eklem fonksiyonunu arttırmak		X	X		
Ağrıyı aktarma ve dinamik stabilizasyonu arttırmak		X	X		X
Propriosepsiyon		X	X		
Nöromüsküler paterni normalleştirme			X		
Kas kuvveti, endüransı ve kas kütlelerini arttırmak			X		
Kilo kontrolü (gerekiyorsa)			X		X
Kompansasyonları önlemek	X	X	X	X	X
Aktiviteye dönüşü hızlandırmak			X		X

5.1 Terapatik modaliteler

Terapatik modaliteler arasında termal (kriyoterapi ve ısı), elektromanyetik radyasyon (lazer ve elektromanyetik alan tedavisi), ses (ultrason, ekstrakorporeal şok dalgası tedavisi) ve elektroterapi (nöromüsküler elektrik stimülasyonu, transkutanöz elektrik stimülasyonu) bulunur.

Terapatik modalitelerin kullanım amaçları genel olarak doku iyileşmesini hızlandırmak için inflamasyonu, ağrıyı ve ödemi azaltmaktır ve doku iyileşmesinin fazına göre ayarlanır. Çoğu modalite etkisini en fazla inflamatuvar ve proliferatif faz sırasında gösterir (37).

5.2 Terapatik egzersizler

Terapatik egzersiz, rehabilitasyonun temel taşıdır. Belirlenmiş hedeflere (ağırlık aktarma, kuvvetin artırılması gibi) ulaşmak için egzersizler reçete edilmelidir. Egzersizler ayrıca aktif NEH'e, nöromüsküler iyileşmeye ve propriosepsiyona da odaklanmalıdır (38). Planlanan bir klinik program, mutlaka ev egzersizleri ile kombine edilmelidir. CCL rehabilitasyonu için geçerli olan tek bir protokol yoktur, ancak genellikle haftada iki veya üç seanstan başlayan iki veya üç haftalık programlar önerilir (1,2,5).

Egzersiz programının ilerletilmesi için "yüklenme" prensibine bağlı olarak vücuda ve yapıya kuvvet yüklenir. İlerleme, hastanın oturma veya yürüme gibi görevleri yorulmadan tamamlayabilmesine bağlıdır. İlerleme için egzersizler ve setler arasındaki molalar ve egzersizlerin uygun şekilde yürütülmesi çok önemlidir. Program ilerletilirken; egzersizin tekrar sayısı, süresi veya yoğunluğu (eğimli yüzey veya anstabil yüzey kullanımı) artırılır (38-40).

5.3 Manuel terapi

Manuel terapi, CCL cerrahisi sonrası tedavinin önemli bir bileşenidir. Ameliyattan hemen sonra başlamalı ve hedefe ulaşılan kadar devam ettirilmelidir.

Manuel terapiler; yumuşak doku şişliğini azaltmak için eflaruj, ağrıyı azaltmak ve artrokinematiği iyileştirmek için mobilizasyonlar ve masaj tekniklerinden oluşur (41). Terapistler uygun mobilizasyon teknikleri konusunda eğitim almalıdır.

5.4 Aktiviteye dönüş

Tam aktivitenin anlamı, köpeğin ev hayvanı veya atletik bir köpek olup olmamasına bağlı olarak değişir. Evcil köpekler, günlük yaşam aktivitelerini kontrollü yapılabiliyorsa tam aktiviteye dönebilirler. Köpek sahibi için beklentiler belirlenmeli, aktiviteler sonrası topallık oluşursa ne yapılacağına ilişkin talimatlar açıkça anlatılmalıdır. Köpek genelde cerrahi sonrası 1-2 gün dinlendirilir, ardından aktiviteler kademeli olarak başlatılır.

Spora dönüş, spora özgü bir kondisyon programı gerektirecektir. Bu programlar genellikle rehabilitasyon programına ek 8-12 haftalık programlardır (41).

5.5 Önemli noktalar

TPLO sonrası diz ve tarsus çevresinde yumuşak doku şişliği görülür; bu nedenle kriyoterapi ve diğer modaliteler tedaviye dahil edilmelidir. Kısmi ağırlık taşıma genellikle ameliyattan 24-48 saat sonra beklenir. Isı modalitesi kullanılacaksa, ışınlar metal implantlardan kaçınacak şekilde

uygulanmalıdır (42). Osteotomi sonrası sartorius, gracilis ve semimembranosus kaslarında limitasyon gelişeceğini düşünülerek gerekli modaliteler ve manuel terapiler tedaviye dahil edilmelidir.

TPLO'nun cerrahi sonrası patellar tendonu kalınlaştırma insidansı yüksektir (43). Kuadriseps kasının eksenrik kasılmalarının patellar tendon strainine neden olabileceği düşünülmektedir. Terapistler NEH tam olarak restore edilmeden otur-kalk egzersizi esnasında çok dikkatli olmalıdır. Birçok köpek ekstremitesine tamamen ağırlık aktarmaya başlasa bile, dokuların 8-12 haftadan önce tamamen iyileşmesi beklenmez.

Tibial osteotomi, ekstrakapsüler stabilizasyon tekniği ile birlikte uygulanmadığı sürece iç tibial rotasyonu düzeltmez. Bazı köpekler duruş fazı sırasında lateral tarsal deviasyon ve internal tibial rotasyon ile karakterize "pivot kayması" geliştirebilir (44). Bu yürüyüş bozukluğunun tedavisinde biceps femorisinin güçlendirilmesi, kuadriseps ve hamstringlerin normal kokontraksiyonu hedeflenir.

Ekstrakapsüler teknik uygulanan cerrahi vakalarda cerrahi sonrası ilk 3 hafta ağrı yönetimine, ağırlık aktarmaya ve izometrik egzersizlere öncelik verilmelidir. Diz eklemi, tırıs yürüyüşte normalde yaklaşık 15 derecelik bir iç rotasyondadır (36). Bu fizyolojik iç rotasyon çoğu aktivite sırasında fleksiyon ile birlikte. Ekstrakapsüler teknik iç rotasyonla beraber fleksiyonu da kısıtlayabilir. Bu nedenle NEH egzersizleri mutlaka uygulanmalıdır. Diz eklemine tam iyileşme süresi osteotomi prosedürlerinde olduğu kadar öngörülebilir değildir. Aktiviteye dönüş özellikle >15 kg köpekler için osteotomi prosedürlerine kıyasla daha geç olur (15).

6. Sonuç

Çalışmamız CCL ameliyatı sonrası rehabilitasyon için doku iyileşmesinin fizyolojik ilkelerine ve standartlara dayalı genel yönergeler sağlamaktadır. Bu çalışma çok merkezli, ileriye dönük, klinik deneyler temel alınarak geliştirilecek protokoller için temel oluşturabilir. Terapistler ve cerrahlar, kılavuzlar yayınlanana kadar köpekler

için rehabilitasyon programları geliştirirken bu çalışmada verilen temel ilkeleri takip edebilirler.

References

1. Marsolais GS, Dvorak G, Conzemius MG. Effects of postoperative rehabilitation on limb function after cranial cruciate ligament repair in dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 2002; 220: 1325-1330.
2. Monk ML, Preston CA, McGowan CM. Effects of early intensive postoperative physiotherapy on limb function after tibial plateau leveling osteotomy in dogs with deficiency of the cranial cruciate ligament. *Am J Vet Res.* 2006; 67: 529-536.
3. Romano LS, Cook JL. Safety and functional outcomes associated with short-term rehabilitation therapy in the postoperative management of tibial plateau leveling osteotomy. *Can Vet J.* 2015; 56: 942-946.
4. Bertocci G, Smalley C, Brown N, Bialczak K, Carroll D. Aquatic treadmill water level influence on pelvic limb kinematics in cranial cruciate ligament-deficient dogs with surgically stabilized stifles. *J Small Anim Pract.* 2018; 59: 121-127.
5. Baltzer WI, Smith-Ostrin S, Ruaux CG. Evaluation of the clinical effects of diet and physical rehabilitation in dogs following tibial plateau leveling osteotomy. *J Am Vet Med Assoc.* 2018; 252: 686-700.
6. Verpaalen VD, Baltzer WI, Smith-Ostrin S, Warnock JJ, Stang B, Ruaux CG. Assessment of the effects of diet and physical rehabilitation on radiographic findings and markers of synovial inflammation in dogs following tibial plateau leveling osteotomy. *J Am Vet Med Assoc.* 2018; 252: 701-709.
7. Hosgood G. Wound repair and specific tissue response to injury. In: Slatter D, ed. *Textbook of Small Animal Surgery.* 3rd ed. Philadelphia, PA: Saunders; 2003. p. 66-86.
8. Houglum P. Soft tissue healing and its impact on rehabilitation. *J Sports Rehab.* 1992; 1: 19-39.
9. Flo G. Modification of the lateral retinacular imbrication technique for stabilizing cruciate ligament injuries. *J Am Anim Hosp Assoc.* 1975; 11: 570.
10. Slocum B, Slocum T. Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. *Vet Clin N Am Small Anim Pract.* 1993; 23: 777-795.
11. Hoffmann DE, Miller JM, Ober CP, Lanz OI, Martin RA, Shires PK. Tibial tuberosity advancement in 65 canine stifles. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2006; 19: 219-227.
12. Kim SE, Pozzi A, Kowaleski MP, Lewis DD. Tibial osteotomies for cranial cruciate ligament insufficiency in dogs. *Vet Surg.* 2008; 37: 111-125.
13. Raske M, Hulse D, Beale B, Saunders WB, Kishi E, Kunze C. Stabilization of the CORA based leveling osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament injury using a bone plate augmented with a headless compression screw. *Vet Surg.* 2013; 42: 759-764.
14. Au KK, Gordon-Evans WJ, Dunning D. Comparison of short-and long-term function and radiographic osteoarthrosis in dogs after postoperative physical rehabilitation and tibial plateau leveling osteotomy or lateral fabellar suture stabilization. *Vet Surg.* 2010; 39: 173-180.
15. Nelson SA, Krotscheck U, Rawlinson J, Todhunter RJ, Zhang Z, Mohammed H. Long-term functional outcome of tibial plateau leveling osteotomy versus extracapsular repair in a heterogenous population of dogs. *Vet Surg.* 2013; 42: 38-50.
16. Christopher SA, Beetem J, Cook JL. Comparison of long-term outcomes associated with three surgical techniques for treatment of cranial cruciate ligament disease in dogs. *Vet Surg.* 2013; 42: 329-334.
17. Lazar TP, Berry CR, Dehaan JJ, Peck JN, Correa M. Long-term radiographic comparison of tibial plateau leveling osteotomy versus extracapsular stabilization for cranial cruciate ligament rupture in the dog. *Vet Surg.* 2005; 34: 133-141.
18. Gordon-Evans WJ, Griffon DJ, Bubb C, Knap KM, Sullivan M, Evans RB. Comparison of

- lateral fabellar suture and tibial plateau leveling osteotomy techniques for treatment of dogs with cranial cruciate ligament disease. *J Am Vet Med Assoc.* 2013; 243: 675-680.
19. Kim SE, Pozzi A, Banks SA, Conrad BP, Lewis DD. Effect of tibial plateau leveling osteotomy on femorotibial contact mechanics and stifle kinematics. *Vet Surg.* 2009; 38: 23-32.
 20. Kim SE, Lewis DD, Pozzi A. Effect of tibial plateau leveling osteotomy on femorotibial subluxation: in vivo analysis during standing. *Vet Surg.* 2012; 41: 465-470.
 21. Skinner OT, Kim SE, Lewis DD, Pozzi A. In vivo femorotibial subluxation during weight-bearing and clinical outcome following tibial tuberosity advancement for cranial cruciate ligament insufficiency in dogs. *Vet J.* 2013; 196: 86-91.
 22. Flo G, Piermattei D. The stifle joint. In: Brinker W, Piermatti D, Flo G, eds. *Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair.* 3rd ed. Philadelphia, PA: Saunders; 1997. p. 539-543.
 23. Cook JL, Luther JK, Beetem J, Karnes J, Cook CR. Clinical comparison of a novel extracapsular stabilization procedure and tibial plateau leveling osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament deficiency in dogs. *Vet Surg.* 2010; 39: 315-323.
 24. Tonks CA, Lewis DD, Pozzi A. A review of extra-articular prosthetic stabilization of the cranial cruciate ligament-deficient stifle. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2011; 24: 167-177.
 25. Hyytiainen HK, Molsa SH, Junnila JJT, Laitinen-Vapaavuori OM, Hielm-Bjorkman AK. Developing a testing battery for measuring dogs' stifle functionality: Finish Canine Stifle Index (FCSI). *Vet Rec.* 2018; 183(10): 324.
 26. Millis DL, Levine D, Mynatt T. Changes in muscle mass following transection of the cranial cruciate ligament and immediate stifle stabilization. In: *Proceedings of the First International Symposium on Rehabilitation and Physical Therapy in Veterinary Medicine; August 7-11, 1999; Corvallis, Oregon, p. 155.*
 27. Jaeger GH, Marcellin-Little DJ, Levine D. Reliability of goniometry in Labrador retrievers. *Am J Vet Res.* 2002; 63: 979-986.
 28. Tyler TF, McHugh MP, Gleim GW, Nicholas SJ. The effect of immediate weight bearing after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res.* 1998; 357: 141-148.
 29. Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1990; 18: 292-299.
 30. Quinn MM, Keuler NS, Lu Y, Faria ML, Muir P, Markel MD. Evaluation of agreement between numerical rating scales, visual analogue scoring scales, and force plate gait analysis in dogs. *Vet Surg.* 2007; 36: 360-367.
 31. Hyytiainen HK, Molsa SH, Junnila JT, Laitinen-Vapaavuori OM, Hielm-Bjorkman AK. Use of bathroom scales in measuring asymmetry of hindlimb static weight bearing in dogs with osteoarthritis. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2012; 25: 390-396.
 32. Rexing J, Dunning D, Siegel AM, Knap K, Werbe B. Effects of cold compression, bandaging, and microcurrent electrical therapy after cranial cruciate ligament repair in dogs. *Vet Surg.* 2010; 39: 54-58.
 33. Drygas KA, McClure SR, Goring RL. Effect of cold compression therapy on postoperative pain, swelling, range of motion, and lameness after tibial plateau leveling osteotomy in dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 2011; 238: 1284-1291.
 34. Kieves NR, Bergh MS, Zellner E. Pilot study measuring the effects of bandaging and cold compression therapy following tibial plateau levelling osteotomy. *J Small Anim Pract.* 2016; 57: 543-547.
 35. Von Freeden N, Duerr F, Fehr M, Diekmann C, Mandel C, Harms O. Comparison of two cold compression therapy protocols after tibial plateau leveling osteotomy in dogs. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere.* 2017; 45: 226-233.
 36. Johnson JM, Johnson AL, Pijanowski GJ, et al. Rehabilitation of dogs with surgically treated cranial cruciate ligament-deficient stifles by use of electrical stimulation of muscles. *Am J Vet Res.* 1997; 58: 1473-1478.

37. Prentice WE. *Therapeutic Modalities: For Sports Medicine and Athletic Training*. New York, NY: McGraw-Hill Higher Education; 2009.
38. Foster S. *Canine Cross Training: Building Balance, Strength and Endurance in Your Dog*. Wenatchee, WA: Dogwise Publishing; 2013. p. 6-10.
39. Haff GG, Haff EE. Resistance training program design. In: Coburn JW, Malek MH, eds. *NSCA's Essentials of Personal Training*. 2nd ed. Champaign, IL: National Strength & Conditioning Association (USA), Human Kinetics; 2012. p.347-388.
40. Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med*. 2007; 37: 145-168.
41. KirkbyShaw K, Alvarez L, Foster SA, Tomlinson JE, Shaw AJ, Pozzi A. Fundamental principles of rehabilitation and musculoskeletal tissue healing. *Vet. Surg*. 2020; 49: 22–32.
42. Joensen J, Demmink JH, Johnson MI, Iversen VV, Lopes-Martins RA, Bjordal JM. The thermal effects of therapeutic lasers with 810 and 904 nm wavelengths on human skin. *Photomed Laser Surg*. 2011; 29: 145-153.
43. Mattern KL, Berry CR, Peck JN, De Haan JJ. Radiographic and ultrasonographic evaluation of the patellar ligament following tibial plateau leveling osteotomy. *Vet Radiol Ultrasound*. 2006; 47: 185-191.
44. Gattineau M, Dupuis J, Plante J, Moreau M. Retrospective study of 476 tibial plateau levelling osteotomy procedures: Rate of subsequent “pivot shift,” meniscal tear, and other complications. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2011; 24: 333-342.