

Veteriner Hekimlikte Tanı, Tedavi ve Rejeneratif Yaklaşımlar

Editör

FERDA TURGUT



BİDGE Yayınları

Veteriner Hekimlikte Tanı, Tedavi ve Rejeneratif Yaklaşımlar

Editör: FERDA TURGUT

ISBN: 978-625-8567-80-9

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2025-12-25

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



Veteriner hekimlik, günümüzde yalnızca tanı ve tedavi odaklı bir disiplin olmanın ötesine geçerek, rejeneratif tıp, ileri biyoteknolojik uygulamalar ve yenilikçi tedavi yaklaşımlarıyla sürekli gelişen multidisipliner bir alan hâline gelmiştir. Klinik pratiğin ihtiyaçları ile bilimsel araştırmaların ortaya koyduğu güncel verilerin bütünleştirilmesi, hem hasta yönetiminin iyileştirilmesi hem de mesleğin geleceğinin şekillendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu kitap, Veteriner Hekimlikte Tanı, Tedavi ve Rejeneratif Yaklaşımlar başlığı altında, veteriner tıbbın farklı alanlarında güncel, kanıta dayalı ve uygulamaya yönelik bilgileri bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. Eserde; kardiyoloji, oftalmoloji, onkoloji, cerrahi ve rejeneratif tıp gibi farklı disiplinlerde ele alınan konular, alanında uzman yazarlar tarafından bilimsel literatür ışığında hazırlanmıştır. Kedilerde hipertrofik kardiyomiyopatiden gözyaşı ferning testine, WNT/ β -katenin sinyal iletim yolunun epidural fibrozisteki rolünden elektrokemoterapi ve kök hücre uygulamalarına kadar geniş bir konu yelpazesi sunulmuştur. Ayrıca splenektomi ve orto-biyolojik intraartiküler tedavi yaklaşımları gibi klinik pratikte sık karşılaşılan konulara da güncel bakış açılarıyla yer verilmiştir.

Bu kitabın; veteriner hekimler, akademisyenler, lisansüstü öğrenciler ve klinik uygulamalarla ilgilenen tüm meslektaşlar için güvenilir bir başvuru kaynağı olacağına inanıyorum. Bilimsel katkılarıyla bu eserin oluşmasında emeği geçen tüm yazarlarımıza teşekkür eder, kitabın veteriner hekimlik literatürüne ve klinik uygulamalara faydalı olmasını temenni ederim.

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Ferda TURGUT

İÇİNDEKİLER

KÖK HÜCRE VE VETERİNER HEKİMLİKTE KULLANIMI ..	1
<i>NEVZAT EMRE ASLAN, MUHAMMED KAAN YÖNEZ</i>	
KEDİLERDE HİPERTROFİK KARDİYOMİYOPATİ	25
<i>NURİ MAMAK</i>	
EVCİL HAYVANLARDA GÖZYAŞININ NİTELİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ: GÖZYAŞI FERNİNG TESTİ	56
<i>KADRİ KULUALP, ZİYA YURTAL</i>	
WNT/B-CATENİN SİNYAL İLETİM YOLUNUN EPİDURAL FİBROZİS'TEKİ POTANSİYEL ROLÜ	74
<i>KADRİ KULUALP, ZİYA YURTAL</i>	
VETERİNER HEKİMLİĞİNDE ELEKTROKEMOTERAPİ ...	86
<i>EYUP TOLGA AKYOL</i>	
SPLENEKTOMİ	102
<i>İLKER ŞEN, BATUHAN ÇAĞRI DARICI</i>	
VETERİNER HEKİMLİKTE KEDİ VE KÖPEKLERDE DİZ EKLEMİ YANGISINDA GÜNCEL İNTRAARTİKÜLER ORTO-BİYOLOJİK (MSC, PRP, HA) MATERYAL UYGULAMASI	130
<i>AYHAN KOÇYİĞİT</i>	
KEDİLERDE KALİSİVİRÜS ENFEKSİYONU	152
<i>NURİ MAMAK</i>	
VETERİNERLİK ALANINDA MOLEKÜLER KENETLENMENİN KULLANIMI	184
<i>AHMET HARMANKAYA, AYL A ÖZCAN</i>	

BÖLÜM 1

KÖK HÜCRE ve VETERİNER HEKİMLİKTE KULLANIMI

Nevzat Emre ASLAN¹
Muhammed Kaan YÖNEZ²

Giriş

Organizmadaki ilk hücreler olarak bilinen kök hücreler, farklılaşma kapasitesine sahip olan ve kendi kendini yenileyebilen hücrelerdir (Özen & Sancak, 2014: 6; Ambrassio & ark., 2019: 7; Bulut & Belge, 2020: 6). Kemik iliği, periferik kan ve adipöz doku gibi terapötik potansiyele sahip birçok erişkin doku kök hücre kaynağıdır (Villaron & ark., 2004: 7; Kastrinaki & ark., 2008: 7; Rada, Reis & Gomes, 2011: 13). Bunun yanı sıra amniyotik membran, amniyotik sıvı ve plasenta gibi fetal membranlar da kök hücre kaynağı olarak kullanılabileceği belirtilmektedir (Perin & ark., 2007: 12; Barlow & ark., 2008: 13; You & ark., 2008: 4; Park & ark., 2012: 9). Kök hücreleri normal hücrelerden ayıran bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bunlardan ilki normal hücreler sınırlı sayıda çoğalabilirken, kök hücreler sınırsız bölünme ve çoğalma yeteneğine sahiptir. Bir diğeri, normal hücreler bir görevi yapmak üzere özelleşmişken, kök hücreler özelleşmemiş hücrelerdir. Son olarak ise normal hücreler bir başka hücre tipine farklılaşamazken, kök hücrelerin birçok farklı hücreye dönüşebilme yeteneği bulunmaktadır (Bianco & ark., 2013: 7). Kök hücrelerin farklı

¹ Res. Assist., Yozgat Bozok Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Cerrahi ABD, Orcid: 0000-0001-8970-7763

² Assist. Prof., Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Cerrahi ABD, Orcid: 0000-0001-9160-6363

hücrelere dönüşebilme yeteneğine plastisite adı verilmektedir (Gattegno-Ho, Argyle & Argyle, 2012: 8). Kök hücrelerin bu özelliklerinden dolayı hemen hemen tüm hayvan dokularını onarabileceği ve yeniden üretebileceği belirtilmektedir (Meirelles, Chagastelles & Nardi, 2006: 9). Bu bağlamda mezodermden ve nöro-ektodermden üretilen Mezenkimal Kök Hücreler (MKH) yaygın olarak kullanılmaktadır (Markoski, 2016: 12). Bu hücreler, büyüme faktörleri ve hormonların etkisiyle morfofizyolojik özellik kazanırlar (Ferraro, Celso & Scadden, 2010: 13). MKH ve progenitör hücreler hasar veya yaralanmalarda doku onarımı ve bakım için ana hücrelerdir. Kök hücreler dokulardaki hasara yönelir ve özelleşir ancak bu hücrelerin proliferatif kapasitesi sınırlıdır (Parekkadan & Milwid, 2010: 30; Shin & Peterson, 2013: 9). Veteriner hekimlikte kemik iliği ve adipöz dokudan izole edilen MKH, atlarda ve köpeklerde tendon ve ligament yaralanmaları, eklem hastalıkları gibi ortopedik hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Dehghan & ark., 2015: 9).

Kök Hücre Tipleri

Kök hücreler kendi kendini yenileyebilen ve başka hücrelere dönüşebilen özel hücreler olarak tanımlanır ve kaynaklarına göre embriyonik, uyarılmış pluripotent ve erişkin kök hücreler olarak sınıflandırılmaktadır (Takahashi & Yamanaka, 2006: 13; Voga & ark., 2020: 20). Farklılaşma ve gelişim fazları göz önüne alındığında ise totipotent, pluripotent, multipotent hücreler olarak sınıflandırılmaktadır (Wagers & Weissman, 2004: 9). Totipotent kök hücreler, embriyonun erken evresinde gastrulasyondan önce morula aşamasında görülür ve tüm embriyonik ve ekstra-embriyonik gelişim yeteneğine sahip hücrelerdir (Voga & ark., 2020: 20). Bu aşamadan sonra erken embriyonik gelişim sırasında hücre bölünmelerine bağlı olarak blastosist ile birlikte pluripotent yani Embriyonik Kök Hücre (EKH)'ler ortaya çıkar. EKH, üreme hücreleri ve ekstra-embriyonik dokular hariç organizmadaki tüm

doku hücrelerini meydana getirebilme yeteneğine sahip hücrelerdir (Evans & Kaufman, 1981: 2; Martin, 1981: 4). Pluripotent kök hücre aşamasından sonra görülen kök hücreler, multipotent kök hücreler olarak adlandırılmaktadır ve bu hücreler özel koşullar altında daha farklı hücre tipine dönüşebilmektedir (Bulut & Belge, 2020: 5). Farklı organ ve dokularda bulunan ve çok sayıda olabilen Hematopoietik Kök Hücreler (HKH) ve Mezenkimal Kök Hücreler (MKH), EKH'ye alternatif olan kök hücrelerdir. HKH; immün sistem hücreleri, eritrosit, trombosit gibi hücrelere farklılaşabilirken MKH'lerin ise kemik, kıkırdak, tendon, ligament, deri, kas, yağ ve bağ doku hücrelerine farklılaşabildiği belirtilmektedir. Ayrıca MKH'lerin, dokudaki yaralanmaya bağlı, endojen olarak aktive edildiği ve ölü hücreler ile yer değiştirdiği bildirilmektedir (Caplan, 1991: 9). Bunun yanı sıra MKH'lerin terapötik potansiyellerini, doku hücrelerine farklılaşmaları vasıtasıyla gösterdiği vurgulanmaktadır (Miyohara & ark., 2006: 6; Quinn & Flake, 2008: 8). Çok sayıda araştırmacı tarafından MKH'ler, hasarlı bölgede iyileşme sürecine katılan, immunomodülatör ve doku onarım mekanizmalarında primer rol oynayan rejeneratif yeteneği olan hücreler olarak tanımlanmaktadır (Niess & ark., 2016: 13). MKH'ler diğer kök hücre tipleriyle karşılaştırıldığında, kısa sürede çok sayıda hücre elde edilebilmesi ve tedavide en etkili kök hücre olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Dominici & ark., 2006: 2).

MKH'lerin Doku Kökeni

MKH'ler bugüne kadar birçok dokudan izole edilmiştir ancak MKH'ler kaynağına bağlı olarak farklılık gösterdiği için optimum kök hücre seçilirken doku iyileşmesi üzerine etkileri dikkate alınmalıdır. Köpek, kedi ve atlarda yaygın olarak kemik iliğinden izole edilmektedir (Voga & ark., 2020: 20). Bunun yanı sıra adipöz doku, synovial membran, synovium, synovial sıvı, umbilikal kordon, kas ve periost, gingiva ve periodontal ligament, periferik

kan, endometrium ve plasentadan da izole edilmektedir (Volk & Theoret, 2013: 12; Prado & ark., 2015; Sasaki & ark., 2018: 20). Farelerde ise beyin, dalak, karaciğer, böbrek, akciğer, kas, timus ve pankreastan izole edilmektedir (Meirelles, Chagastelles & Nardi, 2006: 9). Ancak günümüzde kemik iliği ve adipöz dokudan, diğer dokulara göre daha fazla MKH elde edildiği vurgulanmaktadır. Bu iki doku arasından ise kök hücre elde etmek için gereken minimal invaziv prosedürden dolayı adipöz doku öne çıkmaktadır (Voga & ark., 2020: 20).

Veteriner Hekimlikte Kök Hücre Kullanımı

Kök hücre tedavisi veteriner hekimlikte ilk olarak 1995 yılında Herthel tarafından uygulanmıştır. Bu amaçla atların sternumundan elde edilen saf kemik iliği doğrudan hasarlı ligamente enjekte edilmiş ve çalışma sonrasında fonksiyonel iyileşmenin gerçekleştiği raporlanmıştır (Bulut & Belge, 2020: 5). Daha sonra kullanımı yaygınlaşan kök hücreler, kedi ve köpeklerde kalp hastalıkları, ortopedik lezyonlar, kırık defektleri, merkezi sinir sistemi hastalıkları, göz hastalıkları, atlarda; ligament ve eklem hasarları, tendinitis, büyükbaş hayvanlarda; deri lezyonları, eklem hasarları gibi birçok alanda kullanılmıştır (Erol & Arıcan, 2008: 5). Kök hücrelerin kullanım alanları günümüzde daha da genişlemiş ve kas-iskelet sistemi hastalıkları, orodental hastalıklar, sindirim sistemi hastalıkları, karaciğer hastalıkları, kalp hastalıkları, renal hastalıklar, solunum sistemi hastalıkları, nöromusküler hastalıklar ve hasarlar, deri hastalıkları ve yara iyileşmesi, göz hastalıkları, reproduktif sistem hastalıkları gibi daha sistemsel olarak kullanıldığı görülmektedir (Voga & ark., 2020: 20).

Kas-İskelet Sistemi Hastalıkları

Tendon ve Ligament Hastalıkları

Tendon ve ligamentlerin, travmatik ve stres yaralanmaları fonksiyonel olarak skar dokusu oluşumu ile iyileşmektedir. Yaralanmaya bağlı olarak tendon veya ligamentin fonksiyonu ile birlikte fizyolojik yapısı ve yapısal sertliği bozulur (Dakin & ark., 2011: 5). Bu nedenle optimal tedavide normal yapı ve doku işlevini restore etmek amaçlanmaktadır. Geleneksel tedavide bandaj, kontrollü egzersiz ve bölgeyi soğutma uygulamaları yapılmaktadır (Petrov & ark., 2003: 9). Bunun yanı sıra farmakolojik olarak anti-inflamatuar ilaçlar ile birlikte lokal veya sistemik olarak kortikosteroid uygulamaları tedavi seçeneği olarak kullanılmaktadır ancak genellikle cerrahi müdahale gerekmektedir (Jann, Stein & Good, 1990: 5; Eliashar & ark., 2001: 3; Chan & Fu, 2009: 23). Ancak bu tedavi seçeneklerinin dokunun tam olarak iyileşmesine izin vermediği ve yaralanmanın tekrarlandığı belirtilmektedir (Chan & Fu, 2009: 23). Bu nedenle ideal tedavinin normal tendon matrisinin rejenerasyonunu hedeflemesi gerektiği ve bu yüzden MKH'nin potansiyel olarak bir alternatif olduğu vurgulanmaktadır (Smith & ark., 2003: 3; Renzi & ark., 2013: 5). Bununla birlikte kollajen liflerinin düzgün oluşumu, normal tendon aktivitesi ve yaralanmalardaki nüksün en aza indirgenmesinde başarılı bir tedavi seçeneği olduğu belirtilmektedir. Tendinopatiler için en uygun kök hücre kaynağının tendon olduğu belirtilmektedir (Filomeno, Dayan & Tourino, 2012: 7). Renzi ve ark., (2013) yaptıkları çalışmada, tendinit veya desmisit görülen 33 atı 2 gruba ayırmışlar ve ilk gruba MKH ile birlikte trombositten zengin plazma lezyon bölgesine enjekte etmişlerdir. İkinci gruba ise geleneksel tedavi uygulamışlar ve tüm atların antrenmanlara devam etme yetenekleri ve rehabilitasyon sürecine uyum yeteneklerini değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak MKH'lerin olumsuz hiçbir reaksiyona neden olmadığını 18 atın 13'ünün yarış müsabakalarına geri döndüğünü buna karşın grup 2'deki 12 atın spor aktivitesine devam edemediğini ve herhangi bir gelişme gösteremediğini vurgulamışlardır.

Eklem Hastalıkları

Kendi kendini onarma kapasitesi sınırlı olan kıkırdak doku lezyonlarında, özellikle atlarda, ağırlıklarından dolayı eklem yüzeyindeki fazla stres nedeniyle performans verimliliği oldukça etkilenmektedir (Frisbie & Stewart, 2011: 14). Eklem kıkırdağı, ligamentler ve menisküslerde oluşan hasarlar atların performans verimliliğini düşüren kötü prognozlu hasarlardır (Walmsley, Philips & Townsend, 2003: 4; Cohen & ark., 2009: 8). Marinas-Pardo ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada osteoartrit görülen 80 atta MKH tedavisi sonucu topallığın azaldığını belirtmişlerdir. Buna sebep olarak ise MKH'nin inflamasyonu, doku hasarını ve ağrıyı azaltan alternatif bir tedavi seçeneği olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Köpeklerde yapılan birkaç çalışmada ise osteoartrit vakalarında MKH'nin eklem fonksiyonlarını geliştirdiği belirtilmektedir (Voga & ark., 2020: 20).

Orodental Hastalıklar

Çiğneme problemi ve oral ağrının yaşam kalitesi üzerine olumsuz etki ettiği ve ağız hastalıklarının sistemik sorunlara da neden olduğu bilinmektedir (Babu & Gomes, 2011: 3). Diş çürükleri, periodental hastalıklar, oral mukozal lezyonlar, orofarengeal kanser gibi ağız hastalıkları dünya çapında önemli sağlık sorunları arasındadır (Petersen & ark., 2005: 8). Yapılan çalışmalarda MKH'lerin immunomodülatör olması ve farklılaşma potansiyeli nedeniyle diş ve periodental dokuların rejenerasyonu, alveolar defekt ve kemik dokunun onarımında önemli rol aldığı vurgulanmaktadır (Voga & ark., 2020: 20). Kedilerde görülen anoreksi, pityalizm, ağız kokusu ve kilo kaybına neden olan kronik gingivostomatitli kedilerde MKH tedavisinin başarılı olduğu bildirilmiştir (Bellei & ark., 2008: 3). Arzi ve ark., (2016) yaptıkları çalışmada kronik gingivostomatit görülen 9 kedide adipöz dokudan izole edilen MKH tedavisini 6 ay boyunca ayda bir kere intravenöz

uygulamışlardır. Tedaviye başlamadan önce ve tedavi sonrası alınan biyopsileri ve 0, 1, 3 ve 6. aylarda kan serum ve sitokin seviyelerini değerlendirmişlerdir. Tedavi süresini 7 kedinin tamamladığını bunlardan 5'inin tamamen iyileşme gösterdiğini 2 kedinin ise herhangi bir belirti göstermediğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak MKH'nin oral inflamasyonu azalttığını ve tedavide önemli bir seçenek olduğunu vurgulamışlardır.

Sindirim Sistemi Hastalıkları

İnflamatuvar bağırsak hastalığı etiyolojisi bilinmeyen otoimmün bir hastalıktır (Cerquetella & ark., 2010: 6). Tedavide kullanılan siklosporin ve steroide karşı bazı köpeklerin direnç gösterdiği belirtilmektedir. Buna karşın inflamatuvar bağırsak hastalığında, adipöz dokudan izole edilen MKH'nin intravenöz uygulaması sonucu kandaki albümin ve kobalamin düzeylerinde artış olduğu ve tedavide başarı oranının arttığı raporlanmıştır (Perez-Merino & ark., 2015: 6). İnflamatuvar bağırsak hastalığı kedilerde kronik kusma ve diyare ile birlikte görülmektedir. Webb ve Webb (2015) yaptıkları çalışmada inflamatuvar bağırsak hastalığı görülen 7 kediye MKH tedavisi uygulamışlar ve 5 tanesinin klinik olarak iyileşme gösterdiğini belirtmişlerdir. İnflamatuvar bağırsak hastalıklarında MKH'lerin immunomodülatör ve antiinflamatuvar etkileri nedeniyle alternatif bir tedavi olabileceği ancak güvenli ve etkili bir MKH tedavisi için daha fazla çalışma yapılması gerektiği vurgulanmaktadır (Voga & ark., 2020: 20).

Karaciğer Hastalıkları

Karaciğer hastalığı görülen köpeklerde yapılan çalışmalarda adipöz dokudan izole edilen MKH'lerin karaciğer hasarını onardığı, periferik kanda karaciğer enzim düzeylerinde bir düşüş olduğu ve bu nedenle MKH'nin karaciğer hastalıklarında kullanılabileceği belirtilmektedir (Yan & ark., 2019: 6). Karaciğer sirozu görülen köpeklerde yapılan bir çalışmada ise kemik iliğinden izole edilen

MKH intravenöz olarak uygulanmış ve karaciğerdeki fibrotik alanlarının azaldığı ve MKH'nin herhangi bir yan etkisi olmadığı belirtilmiştir (Matsuda & ark., 2017: 12). Karaciğer hastalıklarında MKH'lerin intravenöz uygulanmasının tedavide başarılı sonuçlar verdiği ancak yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olmasından dolayı MKH'nin güvenilirliği ve etkililiği üzerine daha fazla çalışma yapılması gerektiği belirtilmektedir (Voga & ark., 2020: 20).

Renal Hastalıklar

Kronik böbrek hastalığı kedilerde sıklıkla görülen bir hastalıktır. Özellikle geriatrik kedilerde kronik tübülointerstisyel nefrit, tübüler atrofi ve intersitisyel fibroz ile karakterizedir. Günümüzde etkili tek tedavi seçeneği renal transplantasyon olarak belirtilmektedir (Adin & ark., 2001: 6). Bu nedenle yapılan çalışmalarda MKH'lerin etkisini araştırmak amacıyla intrarenal ve intravenöz uygulamalar yapılmış ancak kedilerde herhangi bir iyileşme ve yan etki görülmediği belirtilmiştir (Voga & ark., 2020: 20). Vidane ve ark., (2017) yaptıkları çalışmada kronik böbrek hastalığı görülen kedilerde, kedi amniyotik membrandan izole edilen MKH ile tedavi uygulamışlar ve renal fonksiyonların önemli derecede düzeldiğini, serum kreatinin konsantrasyonunun azaldığını idrarın özgül ağırlığının arttığını belirtmişlerdir. MKH'nin renal hastalıklar üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmaların sınırlı olduğu, elde edilen veriler heterojen olduğundan klinik etkinlik ve güvenilirlik konusunda daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır (Voga & ark., 2020: 20).

Kardiak Hastalıklar

Kök hücre tedavisi beşeri hekimlikte akut veya kronik miyokard enfarktüsünde birkaç yıldır kullanılan tedavi yöntemlerinden birisidir (Wernly & ark., 2019). Ancak miyokard enfarktüsü hayvanlarda nadiren görülen bir hastalıktır bunun yanı sıra büyük ırk köpeklerde dilate kardiyomiyopati en sık görülen kalp

hastalığıdır (Voga & ark., 2020: 20). Pogue ve ark., (2013) yaptıkları çalışmada dilate kardiyomyopati görülen Doberman ırkı köpeklerde kök hücre tedavisinin etkinliğini araştırmışlar ve adipöz dokudan türetilen MKH'nin yararlı bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Küçük ırk köpeklerde ise en yaygın görülen kalp hastalığı dejeneratif kapak hastalığıdır (Fox, 2012: 23). Petchdee ve Sompeewong (2016) yaptıkları çalışmada süt dişlerinden izole edilen kök hücrenin dejeneratif kapak hastalığı üzerine etkisini araştırmışlar ve sol ventrikülde iyileşme olduğunu belirtmişlerdir.

Solunum Sistemi Hastalıkları

Solunum sistemi hastalıkları veteriner hekimlikte yaygın görülen hastalıklardır. Özellikle atlarda astım, tekrarlayan hava yolu tıkanıklıkları, inflamatuvar hava yolu hastalıkları sık görülen ancak etkin bir tedavinin olmadığı ciddi hastalıklardır. Kortikosteroidlerin ve bronkodilatör ilaçların kullanımıyla kontrol edilebilen hastalıklar, saman tozu ve polenlerin etkisiyle solunum yetmezliğine sebep olabileceği ve ilaçların olumsuz yan etkileri nedeniyle yeni tedavi seçeneğine ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Voga & ark., 2020: 20). Barussi ve ark., (2016) yaptıkları çalışmada tekrarlayan hava yolu tıkanıklığı gözlenen atlarda kemik iliğinden türetilen mononükleer hücreleri intratrakeal olarak uygulamışlar ve inflamatuvar yanıtın iyileştiğini, interlökin-10 seviyesinin arttığını belirtmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları ile kedi ve köpeklerde yapılan solunum sistemi çalışmaları ile pozitif korelasyon bulunduğu ve kök hücre tedavisinin uygulanabileceği belirtilmektedir.

Nöromuskuler Hastalıklar ve Yaralanmalar

Veteriner hekimlikte ve beşeri hekimlikte en sık görülen nöromuskuler yaralanma omurilik yaralanmalarıdır. Köpeklerde spinal travmaya bağlı oluşan omurilik hasarında kemik iliğinden izole edilen MKH'ler lokal olarak uygulandığında yürüyüş ve nosisepsiyonda, hafif ile orta dereceli iyileşmeler olduğu

belirtilmektedir (Besalti & ark., 2016: 8). Başka bir çalışmada ise omurilik yaralanmaları üzerine standart ilaç tedavisi ile kök hücre tedavisinin etkinliği karşılaştırılmış ve kök hücre tedavisi uygulanan grupta önemli ölçüde iyileşme olduğu vurgulanmıştır (Bhat & ark., 2019: 13). Bunların yanı sıra köpeklerde doğal olarak oluşan dejeneratif intervertebral disk hastalığında uygulanan MKH'nin klinik olarak etkisinin olmadığı ve rejeneratif etki belirlenemediği bildirilmiştir (Steffen & ark., 2017: 8). Yapılan bir başka çalışmada ise MKH'den türetilen nöral doku, paraliz görülen bir köpeğe nakledilmiş ve kademeli olarak motor fonksiyonların geliştiği belirtilmiştir (Wu & ark., 2018: 19). Ancak deneysel çalışmalar ile spontan yaralanmalardaki patoloji farklılık göstereceğinden daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir (Voga & ark., 2020: 20).

Deri Hastalıkları ve Yara İyileşmesi

Yara iyileşmesindeki başarısızlığın, genellikle hücresel mekanizmanın yetersizliğinden kaynaklandığı bilinmektedir. Bu nedenle MKH'lerin antiinflamatuvar ve rejeneratif potansiyelleri nedeniyle uygun bir tedavi seçeneği olacağı belirtilmektedir (Ojeh & ark., 2015: 25). Köpeklerde, koyunlarda, keçilerde ve atlarda MKH'nin yara iyileşmesi üzerine olumlu etkileri olduğu bilinmektedir (Voga & ark., 2020: 20). Spaas ve ark., (2013) yaptıkları çalışmada enfekte yara görülen ve standart tedavilere yanıt vermeyen 4 atta, periferik kandan izole edilen MKH'yi sistemik olarak uygulamışlar ve dört vakanın hepsinde 4 hafta içinde kabuk oluşumu ve doku büyümesi görüldüğünü belirtmişlerdir. Yara iyileşmesine ek olarak MKH'nin atopik dermatit görülen köpeklerde kullanıldığı ve klinik olarak iyileşme ve kaşıntının azaldığı raporlanmıştır (Hall & ark., 2010: 14).

Göz Hastalıkları

Kornea ülseri gibi mevcut yöntemlerle tedavi edilemeyen hastalıklarda kök hücre tedavisi, oftalmolojide yeni bir araştırma alanı bulmaktadır. Marfe ve ark., (2012) yaptıkları çalışmada geleneksel tedaviye yanıt vermeyen kornea ülseri ve retina dekolman vakası gözlenen 3 atta periferik kandan izole edilen kök hücre tedavisi intravenöz, subkonjonktival, lokal olarak oftalmik artere veya göz damlası şeklinde uygulanmıştır. Tedaviden sonra epitel yüzeylerinde belirgin iyileşme olduğu ve inflamasyonda azalma olduğu belirtilmiştir. Buna ek olarak subkonjonktival uygulamanın bağışıklığın gelişmesine yol açtığı, gözdeki yüzey düzensizlikleri ve neovaskülarizasyonda azalmaya sebep olduğu raporlanmıştır (Davis, Schnabel & Gilger, 2019: 8). Yayınlanan çalışmalara göre; ülserler, keratokonjunktivitis, immün aracılı ve eozinofilik keratit ile üveit olguları için MKH'nin rejeneratif etki gösterdiği ve yenilikçi bir tedavi metodu olduğu belirtilmektedir (Voga & ark., 2020: 20).

Reprodüktif Sistem Hastalıkları

Beşeri ve veteriner hekimlikte fertilité sorunlarını çözmek amacıyla birçok çalışma yapılmaktadır. Araştırılan yöntemlerden biri de MKH'nin etkinliğidir ancak ovaryum içine yapılan enjeksiyonlarda kısırakların yumurtalık fonksiyonlarının iyileştirilemediği veya eski haline getirilemediği belirtilmektedir (Grady & ark., 2019: 13). Benzer şekilde dejeneratif testis hastalıklarında intratestiküler enjeksiyonların da aygırlarda olumlu etkisi olmadığı raporlanmıştır (Papa & ark., 2020: 8). Ancak köpeklerde yapılan bir çalışmada adipöz dokudan izole edilen MKH'nin spermier üzerine olumlu etkisi olduğu ve hasarlı sperm sayısında azalma meydana geldiği belirtilmektedir (Qamar & ark., 2019). Ciddi ekonomik kayıplara neden olan endometritis tedavisinde MKH kullanımı önerilmiştir. Ancak MKH'nin 21 gün kadar uterusda kaldığı ve bu sürenin yeterli düzeyde olmadığı belirtilmiş ve MKH'nin immunomodülatör ve antiinflamatuvar etkisinin araştırılması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu

raporlanmıştır (Voga & ark., 2020: 20). Bunun yanı sıra üremeye ek olarak çiftlik hayvanlarında görölen *Staphylococcus aureus* kaynaklı mastitiste MKH tedavisinin antiproliferatif, antifibrotik etki gösterdiği belirtilmektedir (Cahuascanco & ark., 2019; Costa & ark., 2019: 19).

Sonuç

Kök hücre tedavisi beşeri ve veteriner hekimlikte sıklıkla kullanılan tedavi seğeneklerindendir. Bütün organ ve dokularda kullanılabilen, terapötik etki gösteren ve immunomodölatör olan kök hücreler araştırılmaya devam edilmesine rağmen yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olması ve çelişkili sonuçlar elde edilmesi nedeniyle güvenilirliği sorgulanmaktadır. Kök hücre tedavisinin güvenilirliğinin ve etkinliğinin bilimsel olarak kanıtlanması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynakça

1. Özen, A., & Sancak, İ. G. (2014). Mezenkimal kök hücreler ve veteriner hekimlikte kullanımı. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 61, 79–84.
2. Ambrassio, C. E., Orlandin, J. R., Oliveira, V. C., Motta, L. C. B., Pinto, P. A. F., Pereira, V. M., Padoveze, L. R., Karam, R. G., & Pinheiro, A. O. (2019). Potential application of amniotic stem cells in veterinary medicine. *Animal Reproduction*, 16 (1), 24–30.
3. Bulut, O., & Belge, A. (2020). Kök hücreler ve veteriner hekimlikte kullanım alanları. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 9 (1), 79–84.
4. Villaron, E. M., Almeida, J., Lopez-Holgada, N., Alcoceba, M., Sanchez-Abarca, L. I., Sanchez-Guijo, F. M., Alberca, M., Perez-Simon, J. A., San Miguel, J. F., & Del Canizo, M. C. (2004). Mesenchymal stem cells are present in peripheral blood and can engraft after allogenic hematopoietic stem cell transplantation. *Haematologica*, 89, 1421–1427.
5. Kastrinaki, M. C., Andreakou, I., Charbord, P., & Papadaki, H. A. (2008). Isolation of human bone marrow mesenchymal stem cells using different membrane markers: Comparison of colony cloning efficiency, differentiation potential, and molecular profile. *Tissue Engineering Part C: Methods*, 14, 333–339.

6. Rada, T., Reis, R. L., & Gomes, M. E. (2011). Distinct stem cells subpopulations isolated from human adipose tissue exhibit different chondrogenic and osteogenic differentiation potential. *Stem Cell Reviews and Reports*, 7, 64–76.

7. Perin, L., Giuliani, S., Jin, D., Sedrokyan, S., Carraro, G., Habibian, R., Warburton, D., Atala, A., & De Filippo, R. E. (2007). Renal differentiation of amniotic fluid stem cells. *Cell Proliferation*, 40, 936–948.

8. Barlow, S., Brooke, G., Chatterjee, K., Price, G., Pelekanos, R., Rossetti, T., Doody, M., Venter, D., Pain, S., Gilshenon, K., & Atkinson, K. (2008). Comparison of human placenta- and bone marrow-derived multipotent mesenchymal stem cells. *Stem Cells and Development*, 17, 1095–1108.

9. You, Q., Cai, L., Zheng, J., Tong, X., Zhang, D., & Zhang, Y. (2008). Isolation of human mesenchymal stem cells from third-trimester amniotic fluid. *International Journal of Gynaecology and Obstetrics*, 103, 149–152.

10. Park, S. B., Seo, S. M., Kim, S. K., & Kang, S. K. (2012). Isolation and characterization of canine amniotic membrane–derived multipotent stem cells. *PLOS ONE*, 7 (9), 1–9.

11. Bianco, P., Cao, X., Frenette, P. S., Mao, J. J., Robey, P. G., Simmons, P. J., & Wang, C. Y. (2013). The meaning, the sense and the significance: Translating the science of mesenchymal stem cells into medicine. *Nature Medicine*, 19(1), 35–42.

12. Gattegno-Ho, D., Argyle, S. A., & Argyle, D. J. (2012). Stem cells and veterinary medicine: Tools to understand diseases and enable tissue regeneration and drug discovery. *Veterinary Journal*, 191, 19–27.

13. Meirelles, L. S., Chagastelles, P. C., & Nardi, N. B. (2006). Mesenchymal stem cells reside in virtually all post-natal organs and tissues. *Journal of Cell Science*, 119(11), 2204–2213.

14. Markoski, M. M. (2016). Advances in the use of stem cells in veterinary medicine: From basic research to clinical practice. *Scientifica*, 1–12.

15. Ferraro, F., Celso, L. C., & Scadden, D. (2010). Adult stem cells and their niches. *Experimental Medicine and Biology*, 695, 155–168.

16. Parekkadan, B., & Milwid, J. M. (2010). Mesenchymal stem cells as therapeutics. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 12, 87–117.

17. Shin, L., & Peterson, D. A. (2013). Human mesenchymal stem cell grafts enhance normal and impaired wound healing by recruiting existing endogenous tissue stem/progenitor cells. *Stem Cells Translational Medicine*, 2(1), 33–42.

18. Dehghan, M. M., et al. (2015). Transplantation of autologous bone marrow mesenchymal stem cells with platelet-rich plasma accelerates distraction osteogenesis in a canine model. *Cell Journal*, 17(2), 243–252.

19. Takahashi, K., & Yamanaka, S. (2006). Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors. *Cell*, 126, 663–676.

20. Voga, M., Adamic, N., Vengust, M., & Majdic, G. (2020). Stem cells in veterinary medicine: Current state and treatment options. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 1–20.

21. Wagers, A. J., & Weissman, I. L. (2004). Plasticity of adult stem cells. *Cell*, 116, 639–648.

22. Evans, M. J., & Kaufman, M. H. (1981). Establishment in culture of pluripotential cells from mouse embryos. *Nature*, 292, 154–156.

23. Martin, G. R. (1981). Isolation of a pluripotent cell line from early mouse embryos cultured in medium conditioned by teratocarcinoma stem cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 78, 7634–7638.

24. Caplan, A. I. (1991). Mesenchymal stem cells. *Journal of Orthopaedic Research*, 9, 641–650.

25. Miyahara, Y., et al. (2006). Monolayered mesenchymal stem cells repair scarred myocardium after myocardial infarction. *Nature Medicine*, 12, 459–465.

26. Quinn, C., & Flake, A. W. (2008). In vivo differentiation potential of mesenchymal stem cells: Prenatal and postnatal model systems. *Transfusion Medicine and Hemotherapy*, 35, 239–247.

27. Niess, H., et al. (2016). Genetic engineering of mesenchymal stromal cells for cancer therapy: Turning partners in crime into Trojan horses. *Innovative Surgical Sciences*, 1, 19–32.

28. Dominici, M., et al. (2006). Minimal criteria for defining multipotent mesenchymal stromal cells. *Cytotherapy*, 8, 315–317.

29. Volk, S. W., & Theoret, C. (2013). Translating stem cell therapies: The role of companion animals in regenerative medicine. *Wound Repair and Regeneration*, 21, 382–394.

30. Prado, A. A., Favaron, P. O., Da Silva, L. C., Baccarin, R. Y., Miglino, M. A., & Maria, D. A. (2015). Characterization of mesenchymal stem cells derived from the equine synovial fluid and membrane. *BMC Veterinary Research*, 11, 281.

31. Sasaki, A., Mizuno, M., Ozeki, N., Katano, H., Otabe, K., Tsuji, K., Koga, H., Mochizuki, M., & Sekiya, I. (2018). Canine mesenchymal stem cells from synovium have a higher chondrogenic potential than those from infrapatellar fat pad, adipose tissue, and bone marrow. *PLOS ONE*, 13(8), 1–20.

32. Erol, H., & Arıcan, M. (2008). Atlarda tendinitisin kök hücre ile sağaltımı I: Kök hücre nedir ve niçin önemlidir? *Veteriner Cerrahi Dergisi*, 14(2), 26–31.

33. Dakin, S. G., Jespers, K., Warner, S., O'Hara, L. K., Dudhia, J., Goodship, A. E., Wilson, A. M., & Smith, R. K. W. (2011). The relationship between in vivo limp and in vitro tendon mechanics after injury: A potential novel clinical tool for monitoring tendon repair. *Equine Veterinary Journal*, 43, 418–423.

34. Petrov, R., MacDonald, M. H., Tesch, A. M., & Van Hoogmoed, L. M. (2003). Influence of topically applied cold treatment on core temperature and cell viability in equine superficial digital flexor tendons. *American Journal of Veterinary Research*, 64, 835–844.

35. Jann, H. W., Stein, L. E., & Good, J. K. (1990). Strength characteristics and failure modes of locking-loop and three-loop pulley suture patterns in equine tendons. *Veterinary Surgery*, 19, 28–35.

36. Eliashar, E., Schramme, M. C., Schumacher, J., Ikada, Y., & Smith, R. K. (2001). Use of a bioabsorbable implant for the repair of several digital flexor tendons in four horses. *Veterinary Record*, 148, 506–509.

37. Chan, K. M., & Fu, S. C. (2009). Anti-inflammatory management for tendon injuries—Friends or foes? *Sports Medicine Arthroscopy Rehabilitation Therapy & Technology*, 1, 1–23.

38. Smith, R. K., Korda, M., Blunn, G. W., & Goodship, A. E. (2003). Isolation and implantation of autologous equine mesenchymal stem cells from bone marrow into the superficial digital flexor tendon as a potential novel treatment. *Equine Veterinary Journal*, 35, 99–102.

39. Renzi, S., Rocco, S., Dotti, S., Sello, L., Grolli, S., Cornali, M., Carlin, S., Patruna, M., & Cinotti, S. (2013). Autologous bone marrow mesenchymal stromal cells for regeneration of injured equine ligaments and tendons: A clinical report. *Research in Veterinary Science*, 95, 272–277.

40. Filomeno, P., Dayan, V., & Tourino, C. (2012). Stem cell research and clinical development in tendon repair. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 2, 204–211.

41. Frisbie, D. D., & Stewart, M. C. (2011). Cell-based therapies for equine joint disease. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 27, 335–349.

42. Walmsley, J. R., Philips, T. J., & Townsend, H. G. (2003). Meniscal tears in horses: An evaluation of clinical signs and arthroscopic treatment of 80 cases. *Equine Veterinary Journal*, 35, 402–406.

43. Cohen, J. M., Richardson, D. W., McKnight, A. L., Ross, M. W., & Boston, R. C. (2009). Long-term outcome in 44 horses with stifle lameness after arthroscopic exploration and debridement. *Veterinary Surgery*, 38, 543–551.

44. Marinas-Pardo, L., Garcia-Castro, J., Rodriguez-Hurtada, I., Rodriguez-Garcia, M. I., Nunez-Nauzira, L., & Hermida-Prieto, M. (2018). Allogenic adipose-derived mesenchymal stem cells (Horse Allo20) for the treatment of osteoarthritis-associated lameness in horses: Characterization, safety, and efficacy. *Stem Cells and Development*, 27, 1147–1160.

45. Babu, N. C., & Gomes, A. J. (2011). Systemic manifestations of oral diseases. *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*, 15, 144–147.

46. Petersen, P. E., Bourgeois, D., Ogawa, H., Estupinan-Day, S., & Ndiaye, C. (2005). The global burden of oral diseases and

risks to oral health. *Bulletin of the World Health Organization*, 83, 661–669.

47. Bellei, E., Dalla, F., Masetti, L., Pisoni, L., & Joechler, M. (2008). Surgical therapy in chronic feline gingivostomatitis (FCGS). *Veterinary Research Communications*, 32(1), 231–234.

48. Arzi, B., Mills-Ko, E., Verstraete, F. J. M., Kol, A., Walker, N. J., Badgley, M. R., Fazel, N., Murphy, W. J., Vapniarsky, N., & Borjesson, D. L. (2016). Therapeutic efficacy of fresh, autologous mesenchymal stem cells for severe refractory gingivostomatitis in cats. *Stem Cells Translational Medicine*, 5(1), 75–86.

49. Cerquetella, M., Spaterna, A., Laus, F., Tesei, B., Rossi, G., Antonelli, E., Villanacci, V., & Bassotti, G. (2010). Inflammatory bowel disease in the dog: Differences and similarities with humans. *World Journal of Gastroenterology*, 16(9), 1050–1056.

50. Perez-Merino, E. M., Uson-Casaus, J. M., Duque-Carrasco, J., Zaragoza-Bayle, C., Marinas-Pardo, L., Hermida-Prieto, M., Vilafranca-Compte, M., Barrera-Chacan, R., & Gualtieri, M. (2015). Safety and efficacy of allogenic adipose tissue-derived mesenchymal stem cells for treatment of dogs with inflammatory bowel disease. *Veterinary Journal*, 206(3), 391–397.

51. Webb, T. L., & Webb, C. B. (2015). Stem cell therapy in cats with chronic enteropathy: A proof-of-concept study. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 17, 901–908.

52. Yan, Y., Fang, J., Wen, X., Teng, X., Li, B., Zhou, Z., Peng, S., Arisha, A. H., Liu, W., & Hua, J. (2019). Therapeutic applications of adipose-derived mesenchymal stem cells on acute liver injury in canines. *Research in Veterinary Science*, 126, 233–239.

53. Matsuda, T., Takami, T., Sasaki, R., Nishimura, T., Aibe, Y., Paredes, B. D., Quintanilha, L. F., Matsumoto, T., Ishikawa, T., Yamamoto, N., Tani, K., Terai, S., Taura, Y., & Sakaido, I. (2017). A canine liver fibrosis model to develop a therapy for liver cirrhosis using cultured bone-marrow-derived cells. *Hepatology Communications*, 1, 691–703.

54. Adin, C. A., Gregory, C. R., Kyles, A. E., & Cowgill, L. (2001). Diagnostic predictors of complications and survival after renal transplantation in cats. *Veterinary Surgery*, 30, 515–521.

55. Vidane, A. S., Pinheiro, A. O., Casals, J. B., Passarelli, D., Hage, M. C. F. N. S., Bueno, R. S., Martins, D. S., & Ambrosio, C. E. (2016). Transplantation of amniotic membrane-derived multipotent cells ameliorates and delays the progression of chronic kidney disease in cats. *Reproduction in Domestic Animals*, 52(2), 316–326.

56. Wernly, B., Mirna, M., Rezar, R., Drodinger, C., Jung, C., Podesser, B. K., Kiss, A., Hoppe, U. C., & Lichtenauer, M. (2019). Regenerative cardiovascular therapies: Stem cells and beyond. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(6), 1420.

57. Pogue, B., Estrado, A. H., Sosa-Samper, I., Maisenbacher, H. W., Lamb, K. E., Mincey, B. D., Erger, K. E., & Conlon, T. J. (2013). Stem-cell therapy for dilated cardiomyopathy: A pilot study evaluating retrograde coronary venous delivery. *Journal of Small Animal Practice*, 54, 361–366.

58. Fox, P. R. (2012). Pathology of myxomatous mitral valve disease in the dog. *Journal of Veterinary Cardiology*, 14, 103–126.

59. Petchdee, S., & Sompeewong, S. (2016). Intravenous administration of puppy deciduous teeth stem cells in degenerative valve diseases. *Veterinary World*, 9, 1429–1434.

60. Barussi, F. C. M., Bastos, F. Z., Leite, L. M. B., Fragoso, F. Y. I., Senegaglia, A. C., Brofman, P. R. S., Nishiyama, A., Pimpao, C. T., & Michelatto, P. V. (2016). Intratracheal therapy with autologous bone marrow-derived mononuclear cells reduces airway inflammation in horses with recurrent airway obstruction. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 232, 35–42.

61. Besalti, O., Aktas, Z., Can, P., Akpınar, E., Elcin, A. E., & Elcin, Y. M. (2016). The use of autologous neurogenically induced bone marrow-derived mesenchymal stem cells for the treatment of paraplegic dogs without nociception due to spinal trauma. *Journal of Veterinary Medical Science*, 78, 1465–1473.

62. Bhat, I. A., Sivanarayanan, T. B., Somal, A., Pandey, S., Bharti, M. K., Panda, B. S. K., Indu, B., Verma, M., Anond, J., Sonwane, A., Kumar, G. S., Amarpal, & Chandra, V. (2019). An allogenic therapeutic strategy for canine spinal cord injury using mesenchymal stem cells. *Journal of Cellular Physiology*, 234, 2705–2718.

63. Steffen, F., Smolders, L. A., Roentgen, A. M., Bertolo, A., & Stoyanov, J. (2017). Bone marrow-derived mesenchymal stem cells as autologous therapy in dogs with naturally occurring intervertebral disc disease: Feasibility, safety, and preliminary results. *Tissue Engineering Part C: Methods*, 23, 643–651.

64. Wu, G. H., Shi, H. J., Che, M. T., Huang, M. Y., Wei, Q. S., Feng, B., Ma, Y. H., Wang, L. J., Jiang, B., Wang, Y. Q., Han, I., Ling, E. A., Zeng, X., & Zeng, Y. S. (2018). Recovery of paralyzed limb motor function in canine with complete spinal cord injury following implantation of MSC-derived neural network tissue. *Biomaterials*, 181, 15–34.

65. Ojeh, N., Pastar, I., Tomic-Canic, M., & Stojadinovic, O. (2015). Stem cells in skin regeneration, wound healing, and their

clinical applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 25476–25501.

66. Spaas, J. H., Broeckx, S., Van de Walle, G. R., & Poletini, M. (2013). The effects of equine peripheral blood stem cells on cutaneous wound healing: A clinical evaluation in four horses. *Clinical and Experimental Dermatology*, 38, 280–284.

67. Hall, M. N., Rosenkrantz, W. S., Hong, J. H., Griffin, C. E., & Mendelsohn, C. M. (2010). Evaluation of the potential use of adipose-derived mesenchymal stromal cells in the treatment of canine atopic dermatitis: A pilot study. *Veterinary Therapeutics*, 11, 1–14.

68. Marfe, G., Massaro-Giordano, M., Ranalli, M., Cozzoli, E., Di Stefano, C., Malafoglia, V., Poletini, M., & Gambacurta, A. (2012). Blood derived stem cells: An ameliorative therapy in veterinary ophthalmology. *Journal of Cellular Physiology*, 227, 1250–1256.

69. Davis, A. B., Schnabel, L. V., & Gilger, B. C. (2019). Subconjunctival bone marrow-derived mesenchymal stem cell therapy as a novel treatment alternative for equine immune-mediated keratitis: A case series. *Veterinary Ophthalmology*, 22, 674–682.

70. Grady, S. T., Watts, A. E., Thompson, J. A., Penedo, M. C. T., Konganti, K., & Hinrichs, K. (2019). Effect of intra-ovarian injection of mesenchymal stem cells in aged mares. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 36, 543–556.

71. Papa, P. M., Guasti, P. N., Vita, B. D., Nakazato, N. G., Mia, L., Dell'Aqua, C. P. F., Scheeren, V. F. C., Segabinazzi, L. G. T. M., Junior, L. R. P. A., Silva, L. F. M. C., Araujo, E. A. B., Oliveira, S. N., Papa, F. O., Landim-Alvarenga, F. C., & Alvarenga, M. A. (2020). Clinical safety of intratesticular transplantation of

allogeneic bone marrow multipotent stromal cells in stallions. *Reproduction in Domestic Animals*, 55, 429–437.

72. Qamar, A. Y., Fang, X., Kim, M. J., & Cho, J. (2019). Improved post-thaw quality of canine semen after treatment with exosomes from conditioned medium of adipose-derived mesenchymal stem cells. *Animals*, 9, 865.

73. Cahuascanco, B., Bahamonde, J., Huaman, O., Jervis, M., Cortez, J., Palamino, J., Escobar, A., Retamal, P., Torres, C. G., & Peralta, O. A. (2019). Bovine fetal mesenchymal stem cells exert antiproliferative effect against mastitis-causing pathogen *Staphylococcus aureus*. *Veterinary Research*, 50, 25.

74. Costa, C. R. N., Feitosa, M. L. T., Rocha, A. R., Bezerra, D. O., Leite, Y. K. C., Neto, N. M. A., Rodrigues, H. W. S., Junior, A. S., Silva, A. S., Sarmiento, J. L. R., Silva, L. S., & Carvalho, M. A. M. (2019). Adipose stem cells in reparative goat mastitis mammary gland. *PLOS ONE*, 14(10), 1–19.

BÖLÜM 2

BÖLÜM I

Kedilerde Hipertrofik Kardiyomiyopati

Nuri MAMAK¹

1. Giriş

Kedi kardiyomiyopatileri (HCM), özellikle hipertrofik fenotip kedilerde önde gelen ölüm nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Luis Fuentes & ark., 2020: 1062; Kittleson & Côté, 2021: 1028). HCM, iyi bilinen bir genetik temele sahip en yaygın kedi kalp hastalığıdır ve sistemik komplikasyonlarla birlikte veya olmaksızın sol ventrikül hipertrofisi ile karakterizedir (Gil-Ortuño & ark., 2020: 203; Kittleson & Côté, 2021: 1009). Hipertrofik kardiyomiyopati, kedilerde genetik kalp problemlerinin önemli bir nedenidir. HCM, hem insanlarda hem de kedilerde kalbin sol

¹(Prof. Dr.), Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi
İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Burdur, Türkiye
E-mail: nmamak@mehmetakif.edu.tr
ORCID: 0000-0001-9752-9709

ventrikülünü etkileyen bir miyokard hastalığıdır (Ferasin & ark., 2003: 151). Bilinen yatkınlık gösteren kedi ırkları arasında Maine Coon, Ragdoll, British Shorthair, Domestic Shorthair, Sphinx ve İran kedileri yer almaktadır (Ferasin & ark., 2003: 151; Granström & ark., 2011: 866). Son zamanlarda yapılan araştırmalarda, HCM'nin kedilerde (%14,7) insanlara (%0,2) göre daha yaygın olduğunu bildirilmektedir (Payne & ark., 2015: S244; Semsarian & ark., 2015: 1249).

Kedi HCM'sinin erken teşhisi, hastanın evlenmesine, sürekli izlenmesine, semptomatik tedaviye ve hastalık ilerlemesinin kontrolüne olanak sağladığı için çok önemlidir. Bazı kediler asemptomatik kalabilir ve bu da hem sahipler hem de veteriner hekimler için durumun tanınmasını zorlaştırır. Dahası, yetersiz tanı, uygun müdahalenin eksikliğine ve buna bağlı olarak hastanın yaşam beklentisinde azalmaya yol açabilir. Erken teşhisi kolaylaştırmak ve klinik ve tedavi kararlarını desteklemek için çeşitli tanı yöntemleri mevcuttur (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Şiddetli HCM'li kedilerde sol atriyum büyümesi önemlidir ve genellikle radyografik olarak tespit edilebilir. Hastalığın teşhisi için yalnızca biyobelirteçlere güvenilmemelidir. Şiddetli kedi HCM'si genellikle sadece ekokardiyografi ile teşhis edilebilir. (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Kedi hipertrofik kardiyomiyopatisi; kedi HCM fenotipi, öncelikle sol ventrikül (LV) odasını etkileyen kalp kaslarının hipertrofisi ve diyastolik disfonksiyon ile karakterize bir durumdur (Gersh & ark., 2013: 2761; Kittleson & Côté, 2021: 1028).

HCM'nin şiddeti, hafiften şiddetliye kadar değişebilir ve önemli hemodinamik sonuçlara yol açabilir. Hafif ila orta sol ventrikül (LV) duvar kalınlaşması olan kedi HCM'si, bir dışlama tanısıdır, bu da bu kedilerde HCM için kesin bir test olmadığı ve dolayısıyla hafif ila orta sol ventrikül duvar kalınlaşmasına neden olabilen diğer bozuklukların (örneğin hipertiroidizm, sistemik hipertansiyon, akromegali, dehidratasyon) dışlanması gerektiği anlamına gelir (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Başlangıçta, sol ventrikül bölgesinde, özellikle ventrikül duvarı ve papiller kaslarda, kısmen veya tamamen kas kalınlığında değişiklikler gözlenir (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Kalp hipertrofisi sonucunda;

diyastolik disfonksiyon gelişir, kalbin normal fonksiyonunu bozulur ve ciddi sistemik komplikasyonlar gelişir. Bu komplikasyonlar arasında; hemodinamik bozukluklar, trombus oluşumu ve pulmoner ödem gibi konjestif durumlar bulunur (Luis Fuentes & ark., 2020: 1062, Rivas & ark., 2023: 1255).

Ekokardiyografi, HCM'li kedilerde miyokard kalınlığını değerlendirmek ve ölçmek için kullanılan bir tanı aracıdır. Kedilerde görülen hipertrofik kardiyomiyopati (HCM) üzerine yapılan bir çalışmada, tanı konulma yaşının ortalama 7 yıl olduğu ve erkek kedilerin çoğunlukla etkilendiğini (%64,86) bildirilmiştir. Amerikan Veteriner İç Hastalıkları Koleji (ACVIM) yakın zamanda kedilerde kardiyomiyopatilerin sınıflandırılması, teşhisi ve yönetimi için kılavuzlar hakkında bir konsensus bildirisi yayınladı (Luis Fuentes & ark., 2020: 1062). HCM'ye neden olan genetik mutasyonlar (varyantlar) birkaç ırkta tespit edilmiştir, ancak tüm çabalara rağmen kedilerin büyük çoğunluğunda HCM'nin nedeni hala bilinmemektedir. HCM'deki kardiyomiyopatik sürecini tersine çeviren veya yavaşlatan bir tedavi henüz mevcut değildir fakat araştırmalar devam etmektedir. (Kittleson & Côté, 2021: 1028)

2. Etiyoloji

Kedilerde HCM'nin kesin nedeni henüz belirlenmemiş olsa da, bazı ırklarda (örneğin Maine Coon kedileri ve Ragdoll'lar) yaygınlığı, HCM'nin en azından bazı formlarının genetik kökenli olduğu yönünde iddialara yol açmıştır. Maine Coon ve Ragdoll kedilerinde miyozin bağlayıcı protein C adı verilen önemli bir kalp proteininde mutasyonların bulunması, bu ırklarda HCM'nin kalıtsal, genetik bir bileşeni olduğunu desteklemektedir (Ortuño & ark., 2019: 203; Szarková & ark., 2022: 83). HCM, sarkomerin (miyosin, aktin vb. içeren kasılma elemanı) oluşumuna katkıda bulunan bir proteini kodlayan bir gendeki mutasyondan kaynaklanır (Schipper & ark., 2019: 1724; Kittleson & Côté, 2021: 1028) HCM'de gen mutasyonu, sarkomerin normalden daha az veya normalden daha fazla kasılmasına neden olur (Dadson & ark., 2017: 1375). HCM'li kedilerde, sarkomer normalden daha fazla kalsiyuma duyarlıdır, bu nedenle miyokard hiperkontraktildir (Messer & ark., 2017: 348).

Ancak, bu sarkomerik işlev bozukluğunun sol ventrikül (LV) duvarının nasıl kalınlaştırdığı henüz açıklığa kavuşturulmamıştır. Maine Coon kedilerinde, A31P (c.91G>C; p.A31P) mutasyonu sarkomere dahil olan ve sarkomerik disfonksiyona (zehirli bir polipeptit gibi davranarak) neden olan anormal bir protein oluşturur (van dijk & ark., 2016: 133).

MYBPC3-A31P gen polimorfizmi, Maine Coon kedilerinde veya Maine Coon kedileriyle melezlenmiş kedilerde saptanmıştır (Mary & ark., 2010: 155; Kittleson & ark., 2015: S53). Homozigot mutasyonlu kedilerin, heterozigot gen mutasyonlu kedilere göre daha genç ve daha şiddetli HCM ilerlemesi gösterdiği bulunmuştur (Kittleson & ark., 1999: 3172). HCM çoğunlukla orta yaşlı kedileri etkiler, ancak her yaştan kedi etkilenebilir. HCM, otozomal dominant bir özellik olarak kalıtsaldır. Kedilerde bu hastalık daha çok Ragdoll'larda, Maine Coon'larda, oryantal ırklarda (Himalaya, Burma, Sfenks, İran kedileri) ve Devon Rex'lerde yaygındır, ancak aynı zamanda evcil kısa tüylü kedilerde de sıklıkla teşhis edilir (Szarková & ark., 2022: 83). Genel olarak, MYBPC3-R820W mutasyonlarının %29-36'sı heterozigot, %2-5'i ise homozigottur; ayrıca, MYBPC3-R820W homozigot gen mutasyonlarının sol ventrikül hipertrofisi olan kedilerle ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Dahası, homozigot gen mutasyonlarına sahip kedilerde kardiyak mortalite ve kısa ortalama yaşam süresi (yaklaşık 5,65 yıl) gözlemlenmiştir (Kittleson & ark., 2015; S53; Sukumolanan & Petchdee, 2020: 61). Stern & ark. (2023: 10319), heterozigot bir erkeğin homozigot bir dişiyle çiftleştirilmesinin daha şiddetli ve daha erken başlangıçlı HCM'li yavruların doğmasıyla sonuçlandığını bildirmişlerdir. Sphynx kedilerinde Alström sendromuyla ilişkili bir gen olan ALMS1'de bir mutasyon tanımlamıştır. Ekson 12'deki bu mutasyon (g.92439157G > C), protein yapısını değiştiren ve HCM'den etkilenen kedilerde kas bozukluklarına ve fibroze yol açar. Turba & ark., (2023: 643) tarafından yapılan bir çalışmada, g.92439157 C varyantının 136 İtalyan Sfenks kedisinde yüksek oranda yayıldığını (frekans > 0,50) tespit edildi ve varyantın HCM oluşumuyla ilişkisini doğrulayan sonuçlara varıldı.

Geçici miyokardiyal kalınlaşma (TMT), zamanla kendiliğinden düzelen bir HCM fenotipi (yani kalın LV) ile karakterize, sporadik olarak tanımlanan bir olgudur (Sharpe & ark., 2020: 2648; Kittleson & Côté, 2021: 1028). Bu durumu tanımlayan vakalarda başlangıçta sol atriyum (LA) genişlemesi ve sol kalp yetmezliği görülmüştür. HCM'de olduğu gibi, erkek evcil kısa tüylü kediler hastalıktan en çok etkilenir. TMT'li kedilerde LV, konvansiyonel HCM'ye bağlı sol kalp yetmezliği olan kedilerdeki kadar kalın ve LA o kadar büyük değildir, ancak önemli bir örtüşme vardır. TMT ve kalp yetmezliği olan kediler, HCM ve kalp yetmezliği olan kedilerden daha genç olma eğilimindedir, ancak yine önemli bir benzerlik vardır. Serum cTn I konsantrasyonu genellikle yüksektir, bu akut miyokardiyal hücre hasarını veya ölümü gösterir. Bu vakaların geçmişinde, sıklıkla anestezi bir olay veya travma, özellikle termal yanık yaralanması vardır (Sharpe & ark., 2020: 2648). Kortikosteroid uygulaması, kalp yetmezliği olan kedilerde bilinen bir öncül olaydır ve bu hem TMT hem de HCM için geçerlidir (Novo & ark., 2018: 48; Smith & ark., 2004: 159). TMT'de sol ventrikül (LV) duvar kalınlığı 2-5 ay içinde normale döner. Etiyoloji bilinmemektedir, ancak kalınlaşmanın miyokardiyal ödemden kaynaklandığı ve ödemin sekonder miyokardite olabileceği yönünde iddialar ortaya atılmıştır. (Novo & ark., 2018: 48). Şiddetli taşikardiye (örneğin, kedi kavgası) neden olan akut stres, diyastolik fonksiyonun akut bozulmasına ve böylece akut sol kalp yetmezliğinin (PE) tetiklenmesine yol açabilir. (Tarumi & ark., 2010: 1308) Anestezi, cerrahi, intravenöz sıvı tedavisi ve muhtemelen kortikosteroid uygulaması, subklinik hastalığı olan bir kediye kalp yetmezliğine sürükleyebilir (Novo & ark., 2018: 48; Smith & ark., 2004: 159).

3. Patogenezis

Sol ventrikül duvarı ciddi şekilde kalınlaştığında, miyokardiyal kan temini tehlikeye girer. Bu durum, HCM'li kedilerde kardiyak troponin I'deki (cTn I) artışla kanıtlandığı gibi, devam eden miyosit hasarına ve ölüme neden olur. Ölen kardiyomiyositler, fibröz doku ile değiştirilir (replasman fibrozu) (Borgeat & ark., 2015: 360; Kittleson & Côté, 2021: 1028). Kalın

fibröz miyokard, kalın sol ventrikül (SV) duvarının neden olduğu afterload'daki (sistolik miyokard duvar stresi) azalma nedeniyle sistolde normal olarak kasılırken, diyastolde normal olarak gevşemez. Bu nedenle, HCM'de görülen yaygın bir işlevsel anormallik diyastolik disfonksiyondur. Sol ventrikül diyastolik disfonksiyonu başlangıçta kan pompalama mekanizmalarını bozarak dolaşımdaki kan hacmini azaltır. Sağlıklı kedilerde vücut bu hemodinamik değişiklikleri kolayca telafi edebilir (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Ancak HCM'li kedilerde, dejeneratif kardiyomiyositler, miyokardiyal kan akışının azalması ve hipertrofi nedeniyle fibröz doku ile değiştirilir. Bu süreç, yapısal bozulmanın bir sonucu olarak kolajen birikimini içerir ve nihayetinde miyokardiyal fibroza yol açar (Borgeat & ark., 2015: 360) Sonuç olarak miyokardiyal ve organ iskemisi gibi ciddi bölgesel ve sistemik komplikasyonlar gelişebilir (Stern, J.A.; Ueda, 2019: 745).

SV diyastolik basıncındaki bir artış sol atriyumda (SA) basıncında bir artışa neden olur. SA basıncındaki bir artış SA genişlemesine neden olur. Bu, klinik olarak önemli diyastolik disfonksiyonu olan HCM'li kedilerde SA'nın genişlediği anlamına gelir. Genel olarak, basınç ne kadar yüksekse, genişleme de o kadar fazladır. Artan LA basıncı aynı zamanda pulmoner venöz basıncın artmasına ve dolayısıyla pulmoner venlerin genişlemesine ve pulmoner ödem neden olan pulmoner kılcal basıncın artmasına neden olur (Patata & ark., 2020: 23). Akciğerlerin yüzeyinde bulunan ve plevrayı boşaltan damarlar (viseral plevral venler) pulmoner venlere boşalır, bu nedenle LA ve pulmoner venöz basınçtaki artışın kedilerde plevral efüzyona (PLE) da neden olduğu varsayılır (Kay, 1983: S53). Bu, sol kalp yetmezliği olarak adlandırılır. HCM'li kedilerde yaygın bir bulgu, mitral kapakçığın kaudal kısmının sol ventrikül çıkış yoluna (LVOT) doğru yer değiştirdiği ve potansiyel olarak sol ventrikül çıkış tıkanıklığına (LVOTO) yol açtığı sistolik anterior harekettir (SAM) (Matos & Payne, 2023: 1277). Mitral kapağın sistolik anterior hareketi (SAM), dinamik sol ventrikül çıkış yolu tıkanıklığına (dLVoTo) neden olur ve HCM'li kedilerde yaygındır (Schober & Todd, 2010: 1). SAM, hipertrofik ve kraniyal olarak yer değiştirmiş papiller kasların mitral kapağın septal (ön) yaprağının bir kısmını normal veya daralmış sol

ventrikül çıkış yoluna (LVOT) çekmesinden kaynaklanır (Sherrid & ark., 2016: 1846). Bu durum, sistol boyunca giderek kötüleşen bir subaortik stenoz türü olan dLVOT ile sonuçlanır. SAM, miyokardiyal kontraktilite stresle (yani katekolamin stimülasyonu) arttığında kötüleşir ve atenolol gibi bir beta blokerle kontraktilite azaldığında azalır (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Kittleson & Côté'ye (2021: 1028) göre, mitral kapak yetmezliği ve sol ventrikül (LVOT) içindeki obstrüktif durumlar, atriyoventriküler basıncın yükselmesine katkıda bulunabilir. HCM'nin sekonder vakalarında, sol ventrikül (LVOT) tıkanıklığı, mitral kapakçığın yer değiştirmesi ve sol ventrikül (LVOT) içindeki basıncın artması gibi çeşitli faktörler nedeniyle kan akışı zayıflayabilir (Longeri & ark., 2013: 275).

Joshua & ark., (20203: e0283244), hastalıkla ilişkili miyokardiyal transkripsiyon modellerinde RhoGDI-RhoGTPase, integrin, LXR/RXR, PPAR α /RXR α , HIF1 α ve CXCR4 gibi spesifik sinyal yollarının rolünü vurguladı. Bu kanıt, gen aktivasyonundaki varyasyonların HCM gelişiminde rol oynayabileceğini düşündürmektedir. Colpitts & ark., (2022: 38), HCM'li kedilerde, trombotik durumlarda, yüksek seviyelerde interlökinler (IL-6) ve monosit kemotaktik protein 1 (MCP-1) belirlemişlerdir. Yaş, yaşam tarzı ve yetişkin kedilerde genetik transkripsiyon, her ikisi de HCM patogeneziyle yakından bağlantılı olan yeniden miyokardiyal şekillenmeye ve trombüs oluşumuna katkıda bulunabilir (Colpitts & ark., 2022: 38). Anjiyotensin II (ANG II) ve anjiyotensin II dönüştürücü enzimin (ACE2) kardiyovasküler bozukluklardaki bilinen rolü göz önüne alındığında, Lean & ark., (2022: 564), hem sağlıklı hem de HCM'li kedilerde ACE2 ekspresyonunu araştırmışlardır. Artan ACE2 ekspresyonu, kardiyovasküler hastalığın ilerlemesine katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. ACE2'nin artan ekspresyonu, kardiyovasküler bozuklukları tetikleyebilir (Lean & ark., 2022: 564).

3. Klinik Bulgular

HCM'nin klinik belirtileri değişiklik gösterir ve hastalığın şiddeti, yaş ve ırk gibi faktörlerden etkilenir (Luis Fuentes & ark.,

2020: 1062; Kittleson & Côté, 2021: 1028; Matos & 2022: 1900). Çoğu klinik belirti, hastalığın evresine bağlı olarak kalp ve solunum anormallikleriyle ilişkilidir (Ward & ark., 2018: 1530). Yaygın klinik belirtiler arasında taşikardi, taşipne, egzersiz intoleransı ve aritmiler bulunurken, daha şiddetli vakalarda dispne görülür (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Hipertrofik kardiyomiyopati (HCM) kedilerde (%53,5) solunum güçlüğü, akciğer ödemi, plevral efüzyon ve konjestif kalp yetmezliği (CHF) gibi klinik belirtiler görülür. Kedilerde HCM'de en sık görülen klinik belirti konjestif kalp yetmezliğidir (%37) (Payne & ark., 2013: 1427). Ayrıca, kalbin sol atriyumunda kan pıhtısı oluşumu veya tromboembolizm, kedilerde HCM'de en sık görülen komplikasyondur ve tromboembolizm genellikle tek taraflı veya çift taraflı arka bacak parezine neden olur (Smith & ark., 2003: 73). Tromboembolik durumlar, endotel hasarı, pıhtılaşma kaskadının aktivasyonu ve pıhtı oluşumundan kaynaklanır (Hogan, 2017: 1065). Trombüs en sık aortta gelişir, ancak böbrek, iliak ve femoral arterlerde de bulunabilir (Pavelková, 2019: 426). Arteriyel tromboembolizm (ATE)'in klinik belirtileri, başlangıç zamanı, yeri, şekli, boyutu ve tıkanıklığın kısmi veya tam olup olmadığı gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Etkilenen kedilerin çoğunda arka bacak felci (tek taraflı veya iki taraflı), azalmış veya yok femoral nabız, hipotermi ve patilerde siyanoz görülür (Hogan, 2017: 1065). ATE genellikle vasküler tıkanıklığa bağlı iskemik nöropatiye neden olur ve belirgin ağrıyla ilişkilidir (Hogan, 2017: 1065, Silva & ark., 2022: 752).

Öksürük gibi solunum yolu klinik belirtileri daha az sıklıkla görülür ancak plevral efüzyon dispneye neden olabilir (Dickson & ark., 2018: 75). Pulmoner ödem ve plevral efüzyon vakalarında, oskültasyonda boğuk kalp sesleri ve hırıltılar ortaya çıkarabilir (Kittleson & Côté, 2021: 1009). Sistemik vasküler konjesyon, doku perfüzyonunun azalması nedeniyle mukozalarda siyanoza neden olur (Argenta & ark., 2020: 389; Brugada-Terradellas & ark., 2021: 105696). Etkilenen kedilerin yaklaşık %20-60'ında, yaş ilerledikçe yaygınlığı artan, değişen yoğunlukta kalp üfürümleri gelişir (Payne & ark., 2015: S244, Seo & ark., 2025: 27). Bu üfürümlerin nedeni, genellikle LVOTO ile ilişkili olan mitral yetmezlik veya mitral kapakçığın SAM'ı olabilir (Luis Fuentes & 2017: 1041; Kittleson &

Côté, 2021: 1028). HCM ile ilişkili LVOTO'lu kedilerde, kalp yetmezliği, ATE ve ani ölüm riski daha yüksektir.

HCM'nin erken evrelerindeki kediler (%46,4) genellikle asemptomatiktir (Payne & ark., 2010: 540). Bazı kediler asemptomatik kalır (sağlıklı kedilerde %15, 9 yaş ve üzeri kedilerde %25'in üzerine çıkar) ve bu da tanıyı zorlaştırır (Luis Fuentes & 2017: 1041). HCM'li kedilerde asemptomatik olmak yaygındır; bu, kedinin hastalığın herhangi bir dış ve davranışsal belirtisini göstermediği anlamına gelir. Hastalık, kalp üfürümü veya aritmiler yoluyla tespit edilebilir. HCM'li hastalarda üfürümler, LVOTO ve mitral yetmezliğe (MR) yol açan SAM ile ve ayrıca mitral kapakta hipertrofi şekillenmesi ve bozulmasından kaynaklanan MR ile ilişkilendirilmiştir (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Buna ek olarak, dinamik sağ ventrikül çıkış yolu tıkanıklığı, sağlıklı kedilerde ve kardiyak hastalığı olmayan kedilerde olan üfürümlerin bir nedeni olarak tanımlanmıştır. Dinlenme EKG'sinde, atriyal ve ventriküler prematüre kompleksler (APC'ler ve VPC'ler), atriyal ve ventriküler taşikardi ve atriyal fibrilasyon dahil olmak üzere çok sayıda aritmi türü tanımlanabilir (Côté & ark., 2004: 256; Kittleson & Côté, 2021: 1028). Aritmi varlığı ve duyulabilir galop sesi daha kötü bir sonuçla ilişkilendirilmiştir ve saptanabilir bir aritmi, ani ölüm riskinin artmasıyla sonuçlanabilir (Ironsides & ark., 2020: 11).

4. Tanı

Tıbbi öykü, yaşam tarzı faktörleri ve gözlenen klinik belirtiler dahil olmak üzere anamnezden elde edilen bilgilere ek olarak, ayrıntılı bir klinik muayene HCM hakkında değerli göstergeler sağlayabilir (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Kedilerde HCM'nin teşhisi zordur. Bu nedenle, normal fenotipe sahip kedilerde HCM'nin erken evrede saptanması, tedavi stratejileri, prognoz ve önleme açısından fayda sağlayabilir. Üfürüm, anormal solunum sesleri, yorgunluk, taşipne, taşikardi, siyanotik mukoza ve soğuk ekstremitelerin varlığı, kalp hastalığının klinik belirtileri olabilir (Kittleson & Côté, 2021: 1028, Kittleson & Côté, 2021: 1009, Fries, 2023: 1325). Üfürüm, oskültasyonunun HCM'nin saptanmasında düşük duyarlılık ve düşük özgüllüğe sahip olmasına rağmen,

oskültasyon kedilerde rutin tanısal tarama için kullanılmaktadır (Payne & ark., 2013: 1427).

Hematolojik ve biyokimyasal analizler de dahil olmak üzere laboratuvar testleri, genel sistemik sağlığın değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar (Gavazza & ark., 2021: 41). Ancak, bu testler yararlı bilgiler sağlarken, HCM teşhisi için patognomonik değildir. Nötrofil-lenfosit oranının (NLR) ani ölümdaki potansiyel rolü konusunda iddialar mevcut olsa da, Fries & ark., (2022: 813524), HCM ile ilişkisini araştırmış ve NLR düzeylerinin CHF 'li hastalarda yüksek olduğunu buldu. Ancak yazarlar, NLR'nin kedi HCM'si için güvenilir bir prognostik belirteç olarak kabul edilemeyeceği sonucuna vardılar (Sousa & ark., 2025: 289). Torasik radyografiler, kardiyovasküler yapıyı değerlendirmek için yararlı bir tanı aracı olarak kabul edilir (Oura & ark., 2015: 245).

Radyografik değerlendirmenin tanıya yardımcı olması için laterolateral ve ventrodorsal olmak üzere iki projeksiyon içermesi önerilir. Radyografik inceleme, pulmoner ödem, plevral efüzyon ve bronşiyal kompresyon dahil olmak üzere HCM'nin diğer organlardaki sonuçlarını belirlemeye yardımcı olabilir. Kalp hipertrofisinden, doğrudan gözlem yoluyla ve vertebral kalp boyutun (VHS) ölçüm stratejileri uygulanarak şüphelenilebilir. Radyografik bulgular, komplikasyonlu veya komplikasyonsuz kardiyak değişiklikleri gösterebilir (Guglielmini & Diana, 2015: S87). Buna ek olarak, potansiyel olarak yüksek atriyal basınç ve artmış pulmoner vaskülarizasyon ile ilişkili olan kıvrımlı ve genişlemiş pulmoner damarları tespit etmek mümkün olabilir (Schober & ark., 2013: 93).

Elektrokardiyografi (EKG), HCM'li bazı kedilerdeki değişiklikleri ortaya çıkarabilir, ancak hastalığın güvenilir bir göstergesi değildir (Kittleson & Côté, 2021: 1028). HCM'li bir kedi normal elektrokardiyografi (EKG) gösterebilir veya artmış R dalgası ve S dalgası voltajı veya sol eksen sapması sergileyebilir. Atriyal fibrilasyon ve kompleks ventriküler ve supraventriküler aritmiler gibi elektriksel bozukluklar genellikle hafif ila orta derecede subklinik HCM'li kedilerde bulunur (Jackson & ark., 2014: 215).

HCM'nin kesin tanısı neredeyse her zaman ekokardiyografi kullanılarak konur, ancak sol ventrikül duvar kalınlaşmasına neden olan başka hastalıklar da olduğundan, genellikle ekarte edilerek uygulanır.

4.1. Ekokardiyografi

Kedilerde HCM, ventrikül duvar kalınlığının diyastol sonu ölçümlerinin 6 mm'ye eşit veya daha fazla olmasıyla ekokardiyografik olarak tanımlanmıştır (Fox & ark., 1995: 2645). HCM'li kedilerde diyastolik fonksiyon genellikle doku Doppler görüntüleme kullanılarak değerlendirilir (Schober & ark., 2013: 93; MacDonald & ark.; 2006: 627). Hastalık şiddetli olduğunda HCM'nin ekokardiyografik tanısı kolaydır. Belirgin bölgesel veya genel sol ventrikül (LV) duvar kalınlaşması, ciddi şekilde büyümüş papiller kaslar, SAM, sistol sonu boşluğu obliterasyonu ve orta ila şiddetli sol ventrikül (LA) genişlemesi belirgin bulgulardır (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Ekokardiyografinin HCM tanısında altın standart olarak kabul edilmesi göz önüne alındığında, özellikle sol ventrikül bölgesinde kas hipertrofisini (fokal veya bölgesel) değerlendirerek ve artmış basınçla ilişkili mitral yetersizliği tespit ederek (Kittleson & Côté, 2021: 1009; Schober & ark., 2013: 93) kardiyak yapıları değerlendirmede önemli bir rol oynar. Ekokardiyografik inceleme oldukça değerli olmasına rağmen, doğru yorumlamayı sağlamak için deneyim ve özel eğitim gerektirir (Kittleson & Côté, 2021: 1009; Tse & ark., 2013: 268). Ekokardiyografi, Mmode, 2D-mod veya her ikisinin bir kombinasyonu kullanılarak gerçekleştirilebilir, ancak her tekniğin sınırlamaları vardır (Kittleson & Côté, 2021: 1009; Schober & ark., 2013: 93). Luis Fuentes & ark., (2020: 1062)'e göre, LV hipertrofisi şu şekilde kategorize edilebilir: <5 mm (normal LV), 5–6 mm (şüpheli) ve >6 mm (hipertrofik LV). Sol atriyal (LA) değerlendirmesi için kısa eksen ölçümleri, ventriküler sistol/diyastol sonunda M modunda ve 2D modunda LA/Ao (sol atriyum/aort) oranı kullanılarak elde edilebilir (Chetboul & ark., 2019: Chetboul & ark., 2019: 1222), farklı genotipler arasında farklılıklar bildirilmiştir.

Fries & ark., (2023: 1325), sol ventrikül hipertrofisini, SAM'yi, LVOTO'yu, diyastolik disfonksiyonu, atriyal fonksiyonu ve yapısını ve spontan contrast ve trombüsün varlığını değerlendirmek için Doppler ekokardiyografi yapılmasını önermiştir. Buna ek olarak, diyastolik fonksiyonu değerlendirmek için spektral ve doku Doppler görüntüleme kullanılmalıdır (Fries & ark., 2023: 1325). Hipertrofi genellikle asimetriktir ve HCM'li Maine Coon kedilerinde en çok etkilenen kısım genellikle sol ventrikül arka duvarı ve papiller kaslardır (Kittleson & ark., 2015: 3172). HCM'li kedilerde sol atriyum boyutu genellikle sağlıklı kedilere göre daha büyüktür, ancak sol atriyum genişlemesi hastalığın bir özelliği olmayıp teşhis için gerekli değildir (Abbott & MacLean, 2006: 111). Bununla birlikte, sol atriyum boyutu hemodinamik yükün bir göstergesidir ve sol atriyum genişlemesi, HCM'li insanlarda ve kedilerde kötü sonuçlarla ilişkilendirilmiştir (Nistri & ark., 2006: 960). HCM'li kedilerde diyastolik fonksiyon genellikle doku Doppler ile görüntülenir ve şiddetli HCM'li kedilerde E' dalga hızı genellikle azalır (MacDonald & ark.; 2006: 627).

4.2. Kardiyak biyobelirteçler

Biyobelirteçler, kalp fonksiyonunu ve hasarını değerlendirmek için kan tetkikleriyle ölçülebilen maddelerdir. Hastalığın ilerlemesini karakterize etmeye ve hastalığın şiddetini değerlendirmeye yardımcı olurlar ve prognoz göstergeleri olarak kullanılabilirler (Dhingra & Vasan, 2017: 123). Kardiyak değerlendirmede kullanılan birincil biyobelirteçler arasında N-terminal pro-atriyal natriüretik peptit (NT-proANP), atriyal natriüretik peptit (ANP), N-terminal pro-B tipi natriüretik peptit (NT-proBNP), B tipi natriüretik peptit (BNP) ve kardiyak troponin-I (cTnI) bulunur (Luis Fuentes & 2017: 1041; Kittleson & Côté, 2021: 1009, Gavazza & ark., 2021: 41). Bu biyobelirteçler, yaralanma belirteçleri (cTnI) ve fonksiyonel belirteçler (NT-proANP ve NT-proBNP) olarak kategorize edilebilir. (Sousa & ark., 2025: 289) Yüksek plazma NT-proBNP, HCM'nin şiddetli bir aşamasını gösterebilir, ancak hafif veya orta dereceli HCM aşamasındaki kedilerin taranması önerilmez. (Sukumolanan & Petchdee, 2020: 61) NT-proANP ve NT-proBNP, kardiyak aşırı yüklenme ve/veya

distansiyona yanıt olarak kan dolaşımına salınır (Borgeat & ark., 2015: 360; Gavazza & ark., 2021: 41). Bununla birlikte, plazma NT-proBNP konsantrasyonu, kardiyak olmayan solunum yetmezliğini konjestif kalp yetmezliğinden ayırt etmek için faydalıdır. Bir çalışmada, solunum belirtileri olan konjestif kalp yetmezliğinde (CHF) NT-proBNP seviyelerinin anlamlı derecede daha yüksek olduğunu göstermiştir (Ward & ark., 2018: 1530). Fries & ark., (2023: 1325), NT-proBNP'nin kalp hastalıklarına özgü olmadığını ve kesin tanı için ekokardiyografi veya manyetik rezonans görüntüleme gibi ileri tanı testlerinin gerekli olduğunu vurgulanmıştır. Kardiyak troponin-I (cTnI), miyokard hasarının tespitinde kullanılan bir kalp biyobelirteçidir. Çalışmalar, cTnI'nin HCM'li kedilerde arttığını ve kedilerde kardiyak mortaliteyi tahmin etmek için yararlı bir tanı aracı olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Borgeat & ark., 2014: 1530). Hanâs & ark., (2022: e370), HCM hastalarında cTnI düzeylerinin sol ventrikül serbest duvar kalınlığı ve LA/Ao oranı ile pozitif ilişkili olduğunu, atriyal genişlemesi olan kedilerde daha yüksek konsantrasyonlar görüldüğünü gözlemledi. D-dimer, ATE vakalarında, HCM'li kedilerde yüksek seviyelere ulaştığından, pıhtılaşma fonksiyonunu değerlendirmek için faydalı bir biyobelirteçtir (Jiwaganont & ark., 2024: 292).

5. Ayırıcı tanı

Dışlanması gereken yaygın HCM nedenleri arasında; aort stenozu, dehidrasyon, sistemik hipertansiyon, hipertiroidizm ve akromegali yer alır (Ortuño & ark., 2019: 203). Sistemik hipertansiyon veya hipertiroidizm varsa, genellikle bu sistemik bozuklukların sol ventrikül hipertrofisi (LVH)'nin tek nedeni olmadığı varsayılabilir. Bunun yerine, hipertiroidizmin (ve muhtemelen sistemik hipertansiyonun da) HCM ile görülen LVH'yi şiddetlendirmesi muhtemeldir, çünkü hipertiroidizmin başarılı bir şekilde tedavisinin LVH'de bir azalmaya yol açtığı bilinmektedir. (Luis Fuentes & ark., 2020: 1062; Sangster & ark., 2014: 465) Bu nedenle, yaşlı bir kedide şiddetli LVH varsa, hipertiroidizm ve sistemik hipertansiyonun yine de karmaşık faktörler olarak elenmesi gerekir. Hipertiroidizm, akromegali ve sistemik hipertansiyon genç kedilerde nadirdir. (Kittleson & Côté, 2021: 1028).

HCM'yi taklit edebilen anjiyoendotelyomatozisi dışlamak için simetrik hipertrofi değerlendirilmelidir (Herrold & ark., 2024: 65). Hipertiroidizm gibi diğer hastalıklar da hipertrofik fenotipe benzeyen kardiyak değişikliklere neden olabilir (Janus & ark., 2023: 1). Hipertiroidizmi HCM'den ayırt etmek için total tiroksin (T4) ölçümü önerilir. Hipertiroidizm tarafından tetiklenen hipertrofi, HCM ile bazı benzerlikler gösterse de, tipik olarak daha az şiddetlidir ve bu da ayırıcı tanıya yardımcı olur. (Sousa & ark., 2025: 289). Geçici miyokardiyal kalınlaşma (TMT), zamanla kendiliğinden düzelen bir HCM fenotipi (yani kalın LV) ile karakterize, sporadik olarak tanımlanan bir olgudur (Sharpe & ark., 2020: 2648). TMT'li kedilerde LV, konvansiyonel HCM'ye bağlı sol kalp yetmezliği olan kedilerdeki kadar kalın değildir. LA' de çok büyük değildir. TMT ve kalp yetmezliği olan kediler, HCM ve kalp yetmezliği olan kedilerden daha genç olma eğilimindedir. Serum cTnI konsantrasyonu çoğunlukla yüksektir, bazen bu, akut miyokardiyal hücre hasarını veya ölümü gösterir. (Kittleson & Côté, 2021: 1028)

6. Tedavi

Genel olarak, HCM fenotipli kediler hastalığın evresine göre tedavi edilmelidir (Luis Fuentes & ark., 2020: 1062; Kittleson & Côté, 2021: 1028). Tedavinin temel amaçlarından biri, özellikle eşlik eden hastalıkları veya ani ölüm riski taşıyan klinik bozulmayı veya dekompanseasyonu önlemek için stres kontrolünü sağlamaktır (Côté, 2017: 1055). Bu nedenle, kedinin rutin bir randevuya geldiği andan itibaren kedi dostu veterinerlik uygulamaları uygulanmalıdır (Rodan & ark., 2011: 364). ACVIM konsensüsü, hastalığın evresine bağlı olarak farklı tedavi stratejileri önermektedir; ancak bu stratejilerin birçoğunun sınırlı bilimsel kanıtı bulunmaktadır (Luis Fuentes & ark., 2020: 1062). Fries & ark., (2023: 1325), prognoz ve tedavi seçeneklerinin her hastanın kendine özgü hastalık özelliklerine göre kişiselleştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Evre A kedileri (yatkın ancak asemptomatik) tedaviye ihtiyaç duymaz. Evre B1 kedileri (hafif değişikliklerle asemptomatik) de tedaviye ihtiyaç duymaz; ancak hastalığın ilerlemesini değerlendirmek için

yıllık izleme önerilir (Luis Fuentes & ark., 2020: 1062; Kittleson & Côté, 2021: 1028).

Evre B2 kediler (orta ila şiddetli kalp değişiklikleriyle asemptomatik) için tromboprofilaksi ve düzenli izleme önerilir (Shaverdian & Li, 2023: 1309). Tromboprofilaksi, özellikle orta ila şiddetli sol atriyal genişleme ve azalmış sol atriyal apendiks hızları vakalarında, ATE riski yüksek olduğunda önerilir (Luis Fuentes & ark., 2020: 1062; Schober & ark., 2013: 93). Bu durumlarda, klopidoğrel (her 24 saatte bir yiyeceklerle birlikte ağızdan 18,75 mg/kedi) tek başına veya aspirin (her 48-72 saatte bir 25 mg/kg PO; her 72 saatte bir 81 mg PO; veya her 48 saatte bir 5 mg/kg PO) veya rivaroksaban (her 24 saatte bir 2,5-5 mg PO) gibi faktör Xa inhibitörleri ile birlikte önerilir (Luis Fuentes & ark., 2020: 1062; Shaverdian & Li, 2023: 1309). Bu antikoagülanlar düşük molekül ağırlıklı heparinleri (örn. enoksaparin [0,75-1 mg/kg SC 6-12 saate bir]) ve seçici Xa inhibitörlerini (örn. rivaroksaban [0,5-1 mg/kg PO 24 saate bir]; apixaban [0,625 mg/kedi PO 12 saatte bir]) içerir (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Ventriküler aritmiler veya atriyal fibrilasyon için atenolol (her 12 saatte bir 6,25 mg/kedi PO) veya sotalol (her 12 saatte bir 10-20 mg/kedi PO) kullanımı önerilir (Jackson & ark., 2015: S296; Luis Fuentes & ark., 2020: 1062). Pimobendan, anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) inhibitörleri ve spironolakton kullanımı önerilmemektedir (King & ark., 2019: 2559; Kittleson & Côté, 2021: 1028). Düzenli kalp hızı takibi önerilir.

Evre C kediler için (CHF ile semptomatik), acil tedavi oksijen takviyesine ve stresi en aza indirmeye odaklanmalıdır. Gerekirse, sedasyon için butorfanol (0,2 mg/kg IV) uygulanabilir (Luis Fuentes & ark., 2020: 1062; Kittleson & Côté, 2021: 1028). Buna ek tedaviler arasında; azotemi vakalarında bile furosemid (0,6-1 mg/kg/saat sürekli hızlı infüzyon veya 1-2 mg/kg bolus), plevral efüzyon vakalarında torasentez ve düşük kalp debisi, soğuk ekstremiteler ve sol ventrikül çıkış yolu tıkanıklığının (LVOTO) belirtilerinin olmadığı vakalarda pimobendan (0,625-1,25 mg/kedi PO) önerilir (Côté, 2017: 1055; Kittleson & Côté, 2021: 1028). Dispne ve şiddetli taşipne nedeniyle veteriner hekime getirilen

kedilerde genellikle şiddetli pulmoner ödem görülür ve bu nedenle yüksek doz parenteral furosemid ile tedavi edilmeleri gerekir. Bu tür şiddetli vakalarda başlangıç dozu 3-6 mg/kg'dır, tercihen intravenöz (IV), ancak kateter yerleştirme çok stresliyse intravenöz (IM) de kullanılabilir. Sabit hızda 0,5–1 mg/kg/saat infüzyon da uygulanabilir (Ohad & ark., 2018: 70). Pimobendan etkisizse, dobutamin (5-15 µg/kg/dak IV) kullanılabilir (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Atenolol, transdermal nitrogliserin ve ACE inhibitörleri Evre C kediler için önerilmez (Côté, 2017: 1055; Kittleson & Côté, 2021: 1028). Hastaneyle ilişkili stresi azaltmak için bu hastalar mümkün olan en kısa sürede taburcu edilmelidir (Côté, 2017: 1055). Böbrek fonksiyonu ve solunum hızı, taburcu olduktan 3-7 gün sonra, evde dakikada <30 nefes hedef solunum hızı ile yeniden değerlendirilmelidir (Kittleson & Côté, 2021: 1028). CHF'li olan Evre C kediler için, furosemid her 12 saatte bir 0,5-2 mg/kg PO dozlarında önerilir ve doz, dakikada 30 nefesin altında bir dinlenme solunum hızını korumak için ayarlanır. Üre, kreatinin ve elektrolit seviyeleri dahil olmak üzere düzenli izleme, tedaviye başladıktan 3-7 gün sonra yapılmalıdır. Solunum sıkıntısı olan kedilere, furosemidin intravenöz uygulanması önerilir (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Klopidoğrel ile tromboprolaksi (her 24 saatte bir 18,75 mg/kedi PO, yiyeceklerle birlikte) de önerilir (Hogan & ark., 2015: S305). Sistolik disfonksiyon mevcutsa ve LVOTO kanıtı yoksa, pimobendan her 12 saatte bir 0,625-1,25 mg/kedi PO olarak uygulanabilir (Reina-Doreste & ark., 2014: 245).

Evre D kalp yetmezliği olan bir kedi furosemid uygulamasına dirençlidir, yani klinik belirtiler (örn. uyku, taşipne, dispne) tedaviye rağmen devam etmektedir. Yüksek doz peros furosemid kullanıma yeterince yanıt vermeyen bir kedi, düşük biyoyararlanım (Gastrointestinal sistemden düşük emilim) nedeniyle nefrona yeterli ilaç ulaşamadığı için yanıt vermiyor olabilir. Böyle bir kedi parenteral (SC) furosemid ile tedavi edilebilir (%100 biyoyararlanım) veya Gastrointestinal sistemden daha kolay emilen (daha yüksek biyoyararlanım) oral torsemide geçirilebilir. (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Evre D kediler için şu tedaviler önerilir: furosemid dozlarının 6 mg/kg/gün PO'yu aştığı durumlarda torasemid (24 saatte bir 0,1–0,2 mg/kg PO) (Luis Fuentes & ark.,

2020: 1062); spironolakton (12–24 saatte bir 1–2 mg/kg PO) (James & ark., 2017: 1); ve global sol ventrikül disfonksiyonu için pimobendan (12 saatte bir 0,625–1,25 mg/kg PO) (Hambrook & ark., 2012: 233). Torsemid ayrıca birinci basamak tedavi olarak da kullanılabilir; başlangıç dozu genellikle günde 0,2 mg/kg PO kullanılır, ancak şiddetli kalp yetmezliği olan bir kedide daha yüksek olabilir (örn. Günde 0,4 mg/kg PO veya 12 saatte bir 0,2 mg/kg) (Kittleson & Côté, 2021: 1028). Kedilerde tek doz olarak uygulanan torasemidin diürezi ve renin-anjiyotensin sisteminin (RAS) işlevini artırdığı ve minimum yan etkiyle yüksek biyoyararlanım gösterdiği gösterilmiştir (Hambrook & ark., 2012: 233). Buna ek olarak, taurin (12 saatte bir 250 mg PO) ile diyet takviyesi önerilir (Pion 1987: 764). Yüksek sodyumlu diyetlerden kaçınılmalı, vücut ağırlığı izlenmeli ve kaşektik hastalar yakından takip edilmelidir (Côté, 2017: 1055). Elektrolit seviyelerinin sürekli izlenmesi çok önemlidir, çünkü seviyeler düşerse potasyum takviyesi gerekebilir (Côté, 2017: 1055; Luis Fuentes & ark., 2020: 1062). ATE vakalarında, durumun ciddiyeti ve olası kötü prognoz nedeniyle ötanazi olasılığı dikkatlice değerlendirilmelidir (Borgeat & ark., 2014: 73). Ağrı yönetimi önceliklidir ve fentanil (2,5 µg/kg bolus | 4–10 µg/kg/saat sürekli infüzyon), hidromorfon (0,08–0,3 mg/kg deri altı [SQ], intramüsküler [IM] veya intravenöz [IV] her 2–6 saatte bir) ve metadon (0,1–0,3 mg/kg IV/IM her 12 saatte bir) gibi opioidler kullanılarak elde edilebilir (Côté, 2017: 1055; Luis Fuentes & ark., 2020: 1062).

Antikoagülan tedavi, düşük molekül ağırlıklı heparin (12-24 saatte bir 100-200 IU/kg SQ veya 12-24 saatte bir 1,0-1,5 mg/kg SQ), fraksiyone olmayan heparin (6-8 saatte bir 150-250 IU/kg SQ; 6 saatte bir 250 U/kg SQ) veya bir faktör Xa inhibitörü olan rivaroksaban'ı (24 saatte bir 2,5-5 mg PO) içerir (Shaverdian & Li, 2023: 1309). Heparin, klopidoğrel ile kombine edilmiş bir faktör Xa inhibitörü ile değiştirilebilir (Luis Fuentes & ark., 2020: 1062; Kittleson & Côté, 2021: 1009). Ancak, yüksek komplikasyon riski ve sınırlı etkinlik nedeniyle ATE'li kedilerde trombolitik tedavi önerilmemektedir (Lo & ark., 2022: 277). ATE ve eş zamanlı CHF'li kedilerde tedavi, furosemid (1-2 mg/kg IV bolus | 0,6-1 mg/kg/saat sürekli infüzyon) ve gerektiğinde oksijen takviyesini içerir (Côté,

2017: 1055). Takip değerlendirmeleri taburcu olduktan 3-7 gün sonra ve ATE olayından 1-2 hafta sonra tekrar yapılır. Kedigillerdeki stres duyarlılığı nedeniyle, izleme aralıkları genellikle 1 ila 3 ay arasında değişmekte ve klinik gözetim ile stres azaltma arasında denge kurulmaktadır (Luis Fuentes & ark., 2020: 1062).

Miyokardiyal gevşemeyi desteklemek, obstrüktif durumları azaltmak ve HCM'de fibrotik olayları hafifletmek için yeni tedavi stratejileri geliştirilmiştir. Bunlar arasında, iki küçük moleküllü inhibitör olan mavacamten ve afıcamten, kas kasılması için enerji açığa çıkaran miyozin ATPaz zerindeki etkileri açısından incelenmiştir. Mavacamten ve afıcamten şu anda veterinerlik kullanımı için onaylanmamıştır; afıcamten ise ABD Gıda ve İlaç Dairesi'nden (FDA) onay beklemektedir. Bununla birlikte, bu ilaçların HCM'li kediler için terapötik faydalar sağlayabileceği varsayılmaktadır (Kaplan & ark., 2023: 1293).

Bir kardiyak miyozin inhibitörü olan CK-586'nın potansiyel terapötik rolünü desteklemektedir. CK-586'nın kalp atış hızını etkilemeden LVOTO'yu azalttığı, LV sistolik boyutlarını artırdığı ve ejeksiyon fraksiyonunu düşürdüğü gösterilmiştir ve bu, gelecekteki araştırmalar için umut verici bir terapötik eğilim olduğunu göstermektedir (Rivas 2024: 12038).

Miyokardiyal kontraktilitenin küçük bir molekül inhibitörü (MYK-461; mavacamten), HCM'li araştırma kedilerinde kontraktiliteniyi azaltarak SAM ve dLVOTO 'yu azaltır. Ayrıca diyastolik fonksiyonu iyileştirme yeteneğine de sahiptir. (del Rio & ark., 2017: A20593).

Kedilerde HCM için bir diğer umut vadeden tedavi adayı, bakteriler tarafından üretilen bir makrolid olan rapamisindir ve subklinik HCM için FDA tarafından zorunlu kılınan tüm teknik aşamaları tamamlamıştır (Kaplan & ark., 2023: 1628).

7. Prognoz

HCM'nin prognozu hastalığın evresine bağlıdır. Hafif ila orta şiddette HCM'li birçok kedi hızlı bir şekilde şiddetli HCM'ye ilerlemez ve bu nedenle iyi bir prognoza sahiptir (Fox & ark., 2018: 930). Fakat bazen, kalp yetmezliği olmayan, şiddetli sol ventrikül (LV) duvar kalınlaşması ve orta ila şiddetli sol ventrikül (LA) genişlemesi (Evre B2) olan çoğu kedi kalp yetmezliğine ilerleyebilir veya ATE gelişebilir. (Kittleson & Côté, 2021: 1028) Bir perspektif sunmak gerekirse, bir çalışmada, subklinik HCM (B1 ve B2 evreleri) tanısından kalp yetmezliğinin başlangıcına kadar geçen süreyi incelemiş ve kedilerin yaklaşık %7'sinin ilk yıl içinde, %20'sinin 5 yıl içinde ve %25'inin 10 yıl içinde kalp yetmezliği geliştirdiğini bulmuştur (Fox & ark., 2018: 930). Kalp yetmezliğine girdikten sonra, yaklaşık yarısı 2 ay içinde ölmüştür. Genel olarak, ATE'li kedilerde %70'i bir hafta içinde ölmüştür. Son olarak, akut epizodu atlatan kedilerin %37'sinde ortalama 11,5 aylık hayatta kalma süresi ve diğer çalışmalarda 4 yıl veya daha uzun süre yaşayan kedilerin %20'si ile çelişmektedir (Laste & Harpster 1995: 492; Rush & ark., 2002: 202). Birçok çalışma, şiddetli ventriküler hipertrofi ve sol atriyal genişlemenin kötü bir prognozla ilişkili olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, kedilerde HCM'nin hastalık ilerlemesi tahmin edilemez ve konjestif kalp yetmezliği birkaç yıl içinde hızla ilerleyebilir. Kediler, HCM tanısından sonra sadece 2 ila 13 yıl yaşayabilir. Maine Coon ve Ragdoll kedileri gibi yatkın ırk kedilerde HCM'nin ilerlemesi genellikle şiddetlidir. (Sukumolanan & Petchdee, 2020: 61)

TMT (Geçici Miyokard Kalınlaşması) olan kediler ve stres, sıvı uygulaması veya kortikosteroid uygulaması nedeniyle kalp yetmezliği olan kediler yer almaktadır. Bu kediler kalp yetmezliği tedavisi gördükten sonra stabilize olabilir ve yıllarca yaşayabilirler (Rush & ark., 2002: 202).

HCM ve eş zamanlı hipertiroidizm nedeniyle kalp yetmezliği olan kedilerde, hipertiroidizmin başarılı tedavisi veya kontrolü genellikle kalp yetmezliğinin kontrolünü kolaylaştırır. (Kittleson & Côté, 2021: 1028).

8. Sonuç

Genetik alışmalar, özellikle bazı kedi ırklarında mutajenik bir bileşen belirlemiş ve bu da genetik tarama ve erken teşhisin gerekliliğini daha da vurgulamaktadır. Erken tanı ve hastalık evrelemesi, tedavi ve beslenme yönetiminin optimizasyonu için çok önemlidir. Bu nedenle, özellikle HCM genlerini taşıdığı bilinen kedilerin taranması önemlidir. Bu ırklar arasında başlıca Maine Coon ve Ragdoll bulunur, ancak British Shorthair, Devon Rex, Sphynx ve diğer oryantal ırklar da bu hastalıktan diğer ırklara göre daha sık etkilenmektedir. Bu nedenle, hastalığın sonraki yavrulara geçmesini önlemek için üreme amacıyla kullanılan kedilerin ekokardiyografi ile düzenli olarak taranması gerçekten önemlidir. HCM'nin patofizyolojisi, esas olarak konsantrik hipertrofi, daralmış ventriküler lümen ve ilişkili hemodinamik değişikliklerle karakterize sol ventrikül disfonksiyonunu içerir. HCM'li birçok kedide kalp üfürümü olmasa da, kalp üfürümünün varlığı, üfürüm olmayan bir kediye kıyasla HCM olma olasılığını artırır. Kedilerde subklinik HCM taraması, dolaşımdaki kardiyak biyobelirteçlerin ve torasik radyografinin ölçümü, öncelikle düşük duyarlılık nedeniyle hatalı olduğundan, ekokardiyografi kullanılarak yapılmalıdır. HCM'li kediler farmakolojik tedavi ile etkili bir şekilde yönetilebilir. Bununla birlikte, tıbbi tedavi, hastanın klinik yanıtına bağlı olarak doz ayarlaması veya kesilmesi şeklinde düşünülebilir. Konjestif kalp yetmezliği klinik belirtileri gösteren kediler, uygun tıbbi tedavi ile kontrol altına alınabilir ve daha iyi yaşam kalitesiyle daha uzun süre yaşayabilirler. Son zamanlarda, HCM'li kedilerde sol ventrikül çıkış yolu tıkanıklığını hafifletmek için potansiyel bir tedavi olarak spesifik bir sarkomer inhibitörünün uygulanması araştırılmaktadır.

9. Kaynaklar

- Abbott, J.A., & MacLean, H.N. (2006). Two-dimensional echocardiographic assessment of the feline left atrium. *J Vet Intern Med*, 20, 111-119. DOI: 10.1892/0891-6640(2006)20[111:teaotf]2.0.co;2.
- Argenta, F.F., Mello, L.S., Cony, F.G., Pavarini, S.P., Driemeier, D., & Sonne, L. (2020). Epidemiological and pathological aspects of cardiomiopatis in cats in southern Brazil. *Pesq Vet Bras*, 40, 389-398.
- Borgeat K, Dudhia J, Luis Fuentes V, Connolly, D.J. (2015). Circulating concentrations of a marker of type I collagen metabolism are associated with hypertrophic cardiomyopathy mutation status in Ragdoll cats. *J Small Anim Pract*, 56, 360-365.
- Borgeat, K., Casamian-Sorrosal, D., Helps, C., Luis Fuentes, V., & Connolly, D.J. (2014). Association of the myosin binding protein C3 mutation (MYBPC3 R820W) with cardiac death in a survey of 236 ragdoll cats. *J Vet Cardiol*, 16, 73-80.
- Borgeat, K., Sherwood, K., Payne, J., Luis Fuentes, V., & Connolly, D. (2014). Plasma cardiac troponin I concentration and cardiac death in cats with hypertrophic cardiomyopathywith respiratory distress. *J Vet Intern Med*, 32, 1530-1540.
- Borgeat, K., Stern, J., Meurs, K.M., Fuentes, V.L., & Connolly, D.J. (2015). The influence of clinical and genetic factors on left ventricular Wall thickness in ragdoll cats. *J Vet Cardiol*, 17, S258–S267.
- Brugada-Terradellas, C., Hellemans, A., Brugada, P., & Smets, P. (2021). Sudden cardiac death: A comparative review of humans, dogs and cats. *Vet J*, 274, 105696.
- Chetboul, V., Passavin, P., Trehieu-Sechi, E., Gouni, V., Poissinnier, C., Pouchelon, J.-L., & Desquilbet, L. (2019). Clinical, epidemiological and echocardiographic features and prognostic factors in cats with restrictive cardiomyopathy:

- A retrospective study of 92 cases (2001–2015). *J Vet Intern Med*, 33, 1222-1231.
- Colpitts, M.E., Caswell, J.L., Monteith, G., Joshua, J., O’Sullivan, M.L., Raheb, S., & Fonfara, S. (2022). Cardiac gene activation varies between young and adult cats and in the presence of hypertrophic cardiomyopathy. *Res Vet Sci*, 152, 38-47.
- Côté, E. (2017). Feline Congestive Heart Failure Current Diagnosis and Management. *Vet Clin Small Anim*, 47, 1055-1064.
- Côté, E., Harpster, N. K., & Laste, N. J. (2004). Atrial fibrillation in cats: 50 cases (1979—2002). *J Am Vet Med.Assoc*, 225, 256-260.
- Dadson, K., Hauck, L., & Billia, F. (2017). Molecular mechanisms in cardiomyopathy. *Clin Sci*, 131, 1375-1392.
- del Rio, C.L., Ueyama, Y., Baker, D.C., Dalton, S.R., Lucats, L., Janiak, P.,...& Green, E.M. (2017). In vivo cardiac effects of mavacamten (MYK 461): evidence for negative inotropy and improved compliance. *Circulation*, 136, 1, A20593.
- Dhingra, R., & Vasan, R.S. (2017). Biomarkers in Cardiovascular Disease: Statistical Assessment and Section on Key Novel Heart Failure Biomarkers. *Trends Cardiovasc Med*, 27, 123-133.
- Dickson, D., Little, C.J.L., Harris, J., & Rishniw, M. (2018). Rapid assessment with physical examination in dyspnoeic cats: The RAPID CAT study. *J Small Anim Pract*, 59, 75-84.
- Ferasin, L., Sturgess, C., Cannon, M., Caney, S., Gruffydd-Jones, T., & Wotton, P. (2003). Feline idiopathic cardiomyopathy: a retrospective study of 106 cats (1994–2001). *Journal of Feline Medicine & Surgery*, 5, 151-159.
- Fox, P. R., Liu, S. K., & Maron, B. J. (1995). Echocardiographic assessment of spontaneously occurring feline hypertrophic cardiomyopathy: An animal model of human disease. *Circulation*, 92, 2645-2651. DOI: 10.1161/01.cir.92.9.2645.
- Fox, P.R., Keene, B.W., Lamb, K,... & Tachika Ohara, V.Y. (2018). International collaborative study to assess cardiovascular risk and evaluate long-term health in cats with preclinical

- hypertrophic cardiomyopathy and apparently healthy cats: The REVEAL Study. *J Vet Intern Med*, 32, 930–943.
- Fries, R. (2023). Hypertrophic Cardiomyopathy-Advances in Imaging and Diagnostic Strategies. *Vet Clin N Am Small Anim Pract*, 53, 1325-1342.
- Fries, R.C.; Kadotani, S., Stack, J.P., Kruckman, L., & Wallace, G. Prognostic Value of Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio in Cats with Hypertrophic Cardiomyopathy. *Front. Vet. Sci.* 2022, 9, 813524.
- Gaia de Sousa, F., Mendes A.C.R., Carvalho, L.P., & Beier, S.L. (2025). Clinical-Diagnostic and Therapeutic Advances in Feline Hypertrophic Cardiomyopathy. *Vet Sci*, 19, 12(3), 289. doi: 10.3390/vetsci12030289.
- Gavazza, A., Marchegiani, A., Guerriero, L., Turinelli, V., Spaterna, A.; Mangiaterra, S., & Cerquetella, M. (2021). Updates on Laboratory Evaluation of Feline Cardiac Diseases. *Vet Sci*, 8, 41.
- Gersh, B.J. Maron, B.J., Bonow, R.O., Dearani, J.A., Fifer, M.A., Link, M.S.,... & Yancy, C.W. (2011). 2011 ACCF/AHA guideline for the diagnosis and treatment of hypertrophic cardiomyopathy: executive summary: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation*, 124, 2761-2796.
- Gil-Ortuño, C., Sebastian-Marcos, P., Sabater-Molina, M., Nicolas-Rocamora, E., Gimeno-Blanes, J.R., & Fernandez del Palacio, M.J. (2020). Genetics of feline hypertrophic cardiomyopathy. *Clin Genet*, 98, 203-214.
- Granström, S., Nyberg Godiksen, M., Christiansen, M., Pipper, C. B., & Willesen, J., & Koch, J. (2011). Prevalence of hypertrophic cardiomyopathy in a cohort of British Shorthair cats in Denmark. *J Vet Intern Med*, 25, 866-871.
- Guglielmini, C., & Diana, A. (2015). Thoracic radiography in the cat: Identification of cardiomegaly and congestive heart failure. *J Vet Cardiol*, 17, S87-S101.
- Hambrook, L.E., & Bennett, P.F. (2012). Effect of pimobendan on the clinical outcome and survival of cats with nontaurine

- responsive dilated cardiomyopathy. *J Feline Med Surg*, 14, 233-239.
- Hanås, S., Larsson, A., Rydén, J., Lilliehöök, I., Häggström, J., Tidholm, A., Höglund, K., Ljungvall, I., & Holst, B.S. (2022). Cardiac troponin I in healthy Norwegian Forest Cat, Birman and domestic shorthair cats, and in cats with hypertrophic cardiomyopathy. *J Feline Med Surg*, 24, e370-e379.
- Herrold, E., Schober, K., Miller, J., & Jennings, R. (2024). Systemic reactive angioendotheliomatosis mimicking hypertrophic cardiomyopathy in a domestic shorthair cat., 56, 65–71.
- Hogan, D.F. (2017). Feline Cardiogenic Arterial Thromboembolism Prevention and Therapy. *Vet Clin Small Anim*, 47, 1065-1082.
- Hogan, D.F., Fox, P.R., Jacob, K., Keene, B., Laste, N.J., Rosenthal, S., Sederquist, K., & Weng, H.Y. (2015). Secondary prevention of cardiogenic arterial thromboembolism in the cat: The double-blind, randomized, positive-controlled feline arterial thromboembolism; clopidogrel vs. aspirin trial (FAT CAT). *J Vet Cardiol*, 17, 1:S306-17. doi: 10.1016/j.jvc.2015.10.004.
- Ironside, V. A., Tricklebank, P. R., & Boswood, A. (2020). Risk indicators in cats with preclinical hypertrophic cardiomyopathy: a prospective cohort study. *J Feline Med Surg*, 1, 11. DOI: 10.1177/1098612X20938651.
- Jackson, B. L., Lehmkuhl, L. B., & Adin, D. B. (2014). Heart rate and arrhythmia frequency of normal cats compared to cats with asymptomatic hypertrophic cardiomyopathy. *J Vet Cardiol*, 16, 215-225.
- Jackson, B.L., Adin, D.B., & Lehmkuhl, L.B. (2015). Effect of atenolol on heart rate, arrhythmias, blood pressure, and dynamic left ventricular outflow tract obstruction in cats with subclinical hypertrophic cardiomyopathy. *J Vet Cardiol*, 17, S296–S305.
- James, R., Guillot, E., Garelli-Paar, C., Huxley, J., Grassi, V., & Cobb, M. (2017). The SEISICAT study: A pilot study assessing efficacy and safety of spironolactone in cats with

- congestive heart failure secondary to cardiomyopathy. *J Vet Cardiol*, 20, 1-12.
- Janus, I., Noszczyk-Nowak, A., Bubak, J., Tursi, M., Vercelli, C., & Nowak, M. (2023). Comparative cardiac macroscopic and microscopic study in cats with hyperthyroidism vs. cats with hypertrophic cardiomyopathy. *Vet Q*, 43, 1-11.
- Jiwaganont, P., Roytrakul, S., Thaisakun, S., Sukumolanan, P., & Petchdee, S. (2024). Investigation of coagulation and proteomics profiles in symptomatic feline hypertrophic cardiomyopathy and healthy control cats. *BMC Vet Res*, 20, 292.
- Joshua, J., Caswell, J., O'Sullivan, M.L., Wood, G., & Fonfara, S. (2023). Feline myocardial transcriptome in health and in hypertrophic cardiomyopathy-A translational animal model for human disease. *PLoS ONE*, 18, e0283244.
- Kaplan, J.L., Rivas, V.N., & Connolly, D.J. (2023). Advancing treatments for feline hypertrophic cardiomyopathy: The role of animal models and targeted therapeutics. *Vet Clin N Am Small Anim Pract*, 53, 1293-1308.
- Kaplan, J.L., Rivas, V.N., Walker, A.L., Grubb, L., Farrell, A., Fitzgerald, S.,... & Stern, J.A. (2023). Delayed-release rapamycin halts progression of left ventricular hypertrophy in subclinical feline hypertrophic cardiomyopathy: Results of the RAPACAT trial. *J Am Vet Med Assoc*, 261, 1628-1637.
- Kay, J.M. (1983). Comparative morphologic features of the pulmonary vasculature in mammals. *Am Rev Respir Dis*, 128, S53-S57.
- King, J.N., Martin, M., Chetboul, V., Ferasin, L., French, A.T., Strehlau, G.,... & Rousselot, J.F. (2019). Evaluation of benazepril in cats with heart disease in a prospective, randomized, blinded, placebo-controlled clinical trial. *J Vet Intern Med*, 33, 2559-2571.
- Kittleson, M.D., & Côté, E. (2021). The feline cardiomyopathies 1. General concepts. *J Feline Med Surg*, 23, 1009-1027.
- Kittleson, M.D., & Côté, E. (2021). The feline cardiomyopathies 2. Hypertrophic cardiomyopathy. *J Feline Med Surg*, 23, 1028-1051.

- Kittleson, M.D., Meurs, K.M., & Harris, S.P. (2015). The genetic basis of hypertrophic cardiomyopathy in cats and humans. *J Vet Cardiol*, 17, S53-S73.
- Kittleson, M.D., Meurs, K.M., & Munro, M.J. (2015). Familial hypertrophic cardiomyopathy in Maine coon cats: an animal model of human disease. *Circulation*, 99, 3172-80. DOI: 10.1161/01.cir.99.24.3172.
- Kittleson, M.D., Meurs, K.M., Munro, M.J., Kittleson, J.A., Liu, S.K., Pion, P. D., & Towbin, J. A. (1999). Familial hypertrophic cardiomyopathy in Maine Coon cats: an animal model of human disease. *Circulation*, 99, 3172-3180.
- Laste, N.J., & Harpster, N.K. (1995). A retrospective study of 100 cases of feline distal aortic thromboembolism: 1977-1993. *J Am Anim Hosp Assoc*, 31, 492-500.
- Lean, F.Z.X., Priestnall, S.L., Vitores, A.G., Suárez-Bonnet, A., Brookes, S.M., & Núñez, A. (2022). Elevated angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) expression in cats with hypertrophic cardiomyopathy. *Res Vet Sci*, 152, 564-568.
- Lo, S.T., Walker, A.L., Georges, C.J., Li, R.H.L., & Stern, J.A. (2022). Dual therapy with clopidogrel and rivaroxaban in cats with thromboembolic disease. *J Feline Med. Surg*, 24, 277-283.
- Longeri, M., Ferrari, P., Knafelz, P., Mezzelani, A.; Marabotti, A.; Milanese, L.,... & Porciello, F. (2013). Myosin-Binding Protein C DNA Variants in Domestic Cats (A31P, A74T, R820W) and their Association with Hypertrophic Cardiomyopathy. *J Vet Intern Med*, 27, 275-285.
- Luis Fuentes V; Abbott, J., Chetboul, V., Côté, E., Fox, P.R., Häggström, J.; Kittleson, M.D,... & Stern, J.A. (2020). ACVIM consensus statement guidelines for the classification, diagnosis, and management of cardiomyopathies in cats. *J Vet Intern Med*, 34, 1062-1077.
- Luis Fuentes, V., & Wilkie, L.J. (2017). Asymptomatic Hypertrophic Cardiomyopathy: Diagnosis and Therapy. *Vet Clin Small Anim*, 47, 1041-1054.
- MacDonald, K. A., Kittleson, M. D., & Garcia-Nolen, T. (2006). Tissue Doppler imaging and gradient-echo cardiac

- magnetic resonance imaging in normal cats and cats with hypertrophic cardiomyopathy. *J Vet Intern Med*, 20, 627—634. DOI: 10.1892/0891-6640(2006)20[627:tdiage]2.0.co;2.
- Mary, J., Chetboul, V., Sampedrano, C. C., Abitbol, M., Gouni, V., Trehou-Sechi, E., Tissier, R., Queney, G., Pouchelon, J.-L., & Thomas, A. (2010). Prevalence of the MYBPC3-A31P mutation in a large European feline population and association with hypertrophic cardiomyopathy in the Maine Coon breed. *J Vet Cardiol*, 12, 155-161.
- Matos, J.N., & Payne, J.R. (2023). Predicting Development of Hypertrophic Cardiomyopathy and Disease Outcomes in Cats. *Vet Clin N Am Small Anim Pract*, 53, 1277-1292.
- Matos, J.N., Payne, J.R., Seo, J., & Luis Fuentes, V. (2022). Natural history of hypertrophic cardiomyopathy in cats from rehoming centers: The CatScan II study. *J Vet Intern Med*, 36, 1900-1912.
- Messer, A.E., Chan, J., Daley, A., Copeland, O., Marston, S.B., & Connolly, D.J.. (2017). Investigations into the sarcomeric protein and Ca(2+)-regulation abnormalities underlying hypertrophic cardiomyopathy in cats (*Felix catus*). *Front Physiol*, 8, 348. doi: 10.3389/fphys.2017.00348.
- Nistri, S., Olivotto, I., & Betocchi, S. (2006). Prognostic significance of left atrial size in patients with hypertrophic cardiomyopathy (from the Italian registry for hypertrophic cardiomyopathy). *Am J Cardiol*, 98, 960-965. DOI: 10.1016/j.amjcard.2006.05.013.
- Novo, Matos, J., Pereira, N., Glaus, T, Wilkie, L., Borgeat, K., Loureiro, J., Silva, J., Law, V., Kranjc, A., Connolly, D.J., & Luis Fuentes V. (2018). Transient myocardial thickening in cats associated with heart failure. *J Vet Intern Med*, 32: 48-56.
- Ohad, D.G., Segev, Y., Kelmer, E., Aroch. I., Bdolah-Abram,T., Segev G, & Klainbart S. (2018). Constant rate infusion vs. intermittent bolus administration of IV furosemide in 100 pets with acute left-sided congestive heart failure: A retrospective study. *Vet J*, 238:70-75. doi: 10.1016/j.tvjl.2018.07.001.

- Ortuño, G.C., Sebastián-Marcos, P., Sabater-Molina, M., Nicolas-Rocamora, E., Gimeno-Blanes, J. R., & Fernández del Palacio, M.J. (2019). Genetics of feline hypertrophic cardiomyopathy. *Clin Gen*, 98, 3, 203-214. DOI: 10.1111/cge.13743.
- Oura, T.J., Young, A.N., Keene, B.W., Robertson, I.D., Jennings, D.E., & Thrall, D.E. (2015). A Valentine-Shaped Cardiac Silhouette in Feline Thoracic Radiographs is Primarily due to Left Atrial Enlargement. *Vet Radiol Ultrasound*, 56, 245-250.
- Patata, V., Caivano, D., Porciello, F., Rishniw, M., Domenech, O., Marchesotti, F., Giorgi, M.E., Guglielmini, C., Poser, H., Spina, F., & Biretoni, F. (2020). Pulmonary vein to pulmonary artery ratio in healthy and cardiomyopathic cats. *J Vet Cardiol*, 27, 23-33.
- Pavelková, E. (2019). Feline arterial thromboembolism. *Companion Anim*, 24, 426-430. [CrossRef]
- Payne, J. R., Brodbelt, D. C., & Luis Fuentes, V. (2015). Cardiomyopathy prevalence in 780 apparently healthy cats in rehoming centres (the CatScan study). *J Vet Cardiol*, 17, S244-S257.
- Payne, J., Borgeat, K., Connolly, D., Boswood, A., Dennis, S., Wagner, T., Menaut, P., Maerz, I., Evans, D., & Simons, V. (2013). Prognostic indicators in cats with hypertrophic cardiomyopathy. *J Vet Intern Med*, 27, 1427-1436.
- Payne, J., Luis Fuentes, V., Boswood, A., Connolly, D., Koffas, H., & Brodbelt, D., 2010. Population characteristics and survival in 127 referred cats with hypertrophic cardiomyopathy (1997 to 2005). *J Small Anim Pract*, 51, 540-547.
- Pion, P.D., Kittleson, M.D., Rogers, Q.R., & Morris, J.G. (1987). Myocardial failure in cats associated with low plasma taurine: A reversible cardiomyopathy. *Science*, 14, 764-768.
- Reina-Doreste, Y., Stern, J.A., Keene, B.W., Tou, S.P., Atkins, C.E., DeFrancesco, T.C., & Meurs, K.M. (2014). Case-control study of the effects of pimobendan on survival time in cats with hypertrophic cardiomyopathy and congestive heart failure. *J Am Vet Med Assoc*, 245, 534-539.

- Rivas, V.N., Crofton, E.A., Jauregui, C.E., Wouters, J.R., Yang, B.S., Wittenburg, L.A., & Stern, J.A. (2024). Cardiac myosin inhibitor, CK-586, minimally reduces systolic function and ameliorates obstruction in feline hypertrophic cardiomyopathy. *Sci Rep*, 14, 12038.
- Rivas, V.N., Stern, J.A., & Ueda, Y. (2023). The Role of Personalized Medicine in Companion Animal Cardiology. *Vet Clin N Am Small Anim Pract*, 53, 1255-1276.
- Rodan, I., Sundahl, E., Carney, H., Gagnon, A.C., Heath, S., Landsberg, G., Seksel, K., & Yin, S. (2011). Association, A.A.H. AAFP and ISFM Feline-Friendly Handling Guidelines. *J Feline Med Surg*, 13, 364–375.
- Rush, J.E., Freeman, L.M., & Fenollosa, N.K. (2002): Population and survival characteristics of cats with hypertrophic cardiomyopathy: 260 cases (1990-1999). *J Am Vet Med Assoc*, 220, 202-207. DOI: 10.2460/javma.2002.220.202.
- Sangster, J.K., Panciera, d.L, Abbott, J.A., Zimmerman, K.C., & Lantis, A.C. (2014). Cardiac biomarkers in hyperthyroid cats. *J Vet Intern Med*; 28: 465-472.
- Schipper, T., Van Poucke, M., Sonck, L., Smets, P., Ducatelle, R., Broeckx BJG, & Peelman, L.J. (2019). A feline orthologue of the human MYH7 c.5647G>A (p.(Glu1883Lys)) variant causes hypertrophic cardiomyopathy in a domestic shorthair cat. *Eur J Hum Genet*; 27, 1724-1730.
- Schober, K. E., Zientek, J., & Li, X. (2013). Effect of treatment with atenolol on 5-year survival in cats with preclinical (asymptomatic) hypertrophic cardiomyopathy. *J Vet Cardiol*, 15, 93-104. DOI: 10.1016/j.jvc.2013.03.003.
- Schober, K., & Todd, A. (2010). Echocardiographic assessment of left ventricular geometry and the mitral valve apparatus in cats with hypertrophic cardiomyopathy. *J Vet Cardiol*, 12: 1-16.
- Schober, K.E., Zientek, J., Li, X., Luis Fuentes, V., & Bonagura, J.D. (2013). Effect of treatment with atenolol on 5-year survival in cats with preclinical (asymptomatic) hypertrophic cardiomyopathy. *J Vet Cardiol*, 15, 93-104.

- Semsarian, C., Ingles, J., Maron, M. S., & Maron, B. J. (2015). New perspectives on the prevalence of hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*, 65, 1249-1254.
- Seo, J., Owen, R., Hunt, H.; Luis Fuentes, V., Connolly, D.J., & Munday, J.S. (2025). Prevalence of cardiomyopathy and cardiac mortality in a colony of nonpurebred cats in New Zealand. *N Z Vet J*, 73, 1-9.
- Sharpe, A.N., Gunther-Harrington, C.T., Epstein, S.E., Li R.H.L. & Stern J.A. (2020). Cats with thermal burn injuries from California wildfires show echocardiographic evidence of myocardial thickening and intracardiac thrombi. *Sci Rep*, 10: 2648. doi: 10.1038/s41598-020-59497-z.
- Sharpe, A.N., Gunther-Harrington, C.T., Epstein, S.E., Li, R.H.L. & Stern, J.A. (2020). Cats with thermal burn injuries from California wildfires show echocardiographic evidence of myocardial thickening and intracardiac thrombi. *Sci Rep*, 10: 2648. doi:10.1038/s41598-020-59497-z
- Shaverdian, M., & Li, R.H.L. (2023). Preventing Cardiogenic Thromboembolism in Cats Literature Gaps, Rational Recommendations, and Future Therapies. *Vet Clin N Am Small Anim Pract*, 53, 1309-1323.
- Sherrid, M.V., Balaram, S., Kim, B., Axel, L., & Swistel, D.G. The mitral valve in obstructive hypertrophic cardiomyopathy: a test in context. *J Am Coll Cardiol* 2016; 67: 1846-1858.
- Silva, D.M., Caramalac, S.M., Caramalac, S.M., Gimelli, A., & Palumbo, M.I.P. (2022). Feline Aortic Thromboembolism Diagnosed by Thermography. *Acta Vet Sci*, 50, 752.
- Smith, S. A., Tobias, A. H., Jacob, K. A., Fine, D. M., & Grumbles, P. L. (2003). Arterial thromboembolism in cats: acute crisis in 127 cases (1992–2001) and long-term management with low-dose aspirin in 24 cases. *J Vet Intern Med*, 17, 73-83.
- Smith, S.A., Tobias, A.H., Fine, K.A., & Ployngam, J.T. (2004). Corticosteroid-associated congestive heart failure in 12 cats. *Int J Appl Res Vet Med*, 2, 159-170.
- Stern, J.A., & Ueda, Y. (2019). Inherited cardiomyopathies in veterinary medicine. *Pflug Arch*, 471, 745-753.
- Stern, J.A., Rivas, V.N., Kaplan, J.L., Ueda, Y., Oldach, M.S., Ontiveros, E.S., & Harris, S.P. (2023). Hypertrophic

- cardiomyopathy in purpose-bred cats with the A31P mutation in cardiac myosin binding protein-C. *Sci Rep*, 13, 10319.
- Sukumolanan, P., & Petchdee S. (2020). Feline hypertrophic cardiomyopathy: genetics, current diagnosis and management. *Veterinary Integrative Sciences*, 18(2): 61-73.
- Szarková, A., Lukáč, B., Weissová, T., Bjørnstad, P., Turňa, H., & Martínez, O. (2022). Feline hypertrophic cardiomyopathy (FHCM), *Folia Veterinaria*, 66, 1: 83-90,. DOI: 10.2478/fv-2022-0010
- Tarumi, T., Takebayashi, S., Fujita, M., Nakano, T., Ito, M., & Yamakado, T. (2010). Pacing tachycardia exaggerates left ventricular diastolic dysfunction but not systolic function and regional asynergy or asynchrony in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Europace*, 12, 1308-1315.
- Tse, Y.C., Rush, J.E., Cunningham, S.M., Bulmer, B.J., Freeman, L.M., & Rozanski, E.A. (2013). Evaluation of a training course in focused echocardiography for noncardiology house officers. *J Vet Emerg Crit Care*, 23, 268-273.
- Turba, M.E., Ferrari, P., Milanese, R., Gentilini, R., & Longeri, M. (2023). HCM-associated ALMS1 variant: Allele drop-out and frequency in Italian Sphynx cats. *Anim Genet*, 54, 643-646.
- van dijk, S.J., Bezold Kooiker, K., Mazzalupo, S., Yang, Y., Kostyukova, A.S., Mustacich, D.J., Hoyer, E.R., Stern, J.A., Kittleson, M.D., & Harris, S.P. (2016). The A31P missense mutation in cardiac myosin binding protein C alters protein structure but does not cause haploinsufficiency. *Arch Biochem Biophys*, 601, 133-140.
- Ward, J.L., Lisciandro, G.R., Ware, W.A., Viall, A.K., Aona, B.D., Kurtz, K.A., & DeFrancesco, T.C. (2018). Evaluation of point-of-care thoracic ultrasound and NT-proBNP for the diagnosis of congestive heart failure in cats with respiratory distress. *J Vet Intern Med*, 32, 1530-1540. doi: 10.1111/jvim

BÖLÜM 3

1 EVCİL HAYVANLARDA GÖZYAŞININ 2 NİTELİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ: GÖZYAŞI 3 FERNİNG TESTİ

4 KADRİ KULUALP¹
5 ZİYA YURTAL²

6 Giriş

7 Veteriner oftalmolojide oküler yüzey sağlığı, hayvanın
8 görme kalitesi ve konforu için kritik bir öneme sahiptir. Kornea ve
9 konjunktiva, dış ortamla sürekli temas halinde olan yapılar olup, bu
10 yapıların korunması ve beslenmesi karmaşık bir sıvı tabakası olan
11 gözyaşı filmi tarafından sağlanır. Geleneksel olarak prekorneal
12 gözyaşı filmi, en içte müsin tabakası, ortada aköz tabaka ve en dışta
13 lipid tabakası olmak üzere üç katmanlı bir yapı olarak
14 tanımlanmıştır. Ancak güncel araştırmalar ve ileri görüntüleme
15 teknikleri, bu yapının kesin sınırlarla ayrılmış katmanlardan ziyade,
16 kornea epitelinden lipid fazına doğru müsin konsantrasyonunun

¹ Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Cerrahi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-5877-0054

² Doç. Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Cerrahi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0001-6080-1860

azaldığı metastabil bir jel yapısında olduğunu ortaya koymaktadır
(Veloso & ark., 2020).

Gözyaşı filminin stabilitesi; elektrolitler, proteinler, müsinler, lipidler ve suyun hassas bir dengesine bağlıdır. Bu bileşenlerin herhangi birindeki dengesizlik, evcil hayvanlarda yaygın olarak görülen ve "Kuru Göz Hastalığı" veya Keratokonjunktivitis Sicca (KKS) olarak bilinen patolojik duruma yol açar. KKS, tedavi edilmediğinde korneal pigmentasyon, vaskülarizasyon, ülserasyon ve nihayetinde körlüğe neden olabilen ilerleyici bir hastalıktır. Veteriner klinik pratiğinde KKS tanısı büyük ölçüde Schirmer Gözyaşı Testi (STT-I) ile yapılan gözyaşı üretim miktarının ölçümüne dayanmaktadır. Ancak, STT değerleri normal sınırlar içinde olmasına rağmen (örneğin köpeklerde >15 mm/dk), oküler irritasyon, mukoid akıntı ve konjunktival hiperemi gibi klinik belirtiler gösteren önemli bir hasta grubu bulunmaktadır (Williams & Hewitt, 2017). Bu durum, sorunun gözyaşı miktarından ziyade gözyaşı kalitesinden kaynaklandığını, yani "Niteliksel KKS" varlığını işaret etmektedir.

Bu noktada, Gözyaşı Ferning Testi (GFT), gözyaşı filminin kalitesini değerlendirmek için kritik bir tanı aracı olarak devreye girmektedir. İlk olarak Tabbara ve Okumoto (Tabbara & Okumoto, 1982) tarafından tanımlanan ve daha sonra Rolando (Rolando, 1984) tarafından standardize edilen bu test, gözyaşı sıvısının kururken geçirdiği faz değişim davranışını inceler. "Ferning" (eğrelti otu benzeri dallanma) fenomeni, gözyaşı sıvısı bir cam lam üzerinde oda sıcaklığında kurumaya bırakıldığında, içerdiği elektrolitlerin (başta sodyum ve potasyum klorür) ve makromoleküllerin (müsinler ve proteinler) etkileşimi sonucu oluşan dendritik kristalleşme modellerine karşılık gelir (Mana A Alanazi & ark., 2021). Bu kristalleşme paternlerinin karmaşıklığı, yoğunluğu ve dallanma sürekliliği, gözyaşının biyokimyasal içeriği ve stabilitesi hakkında doğrudan bilgi sağlar.

Bu bölümde, evcil hayvanlarda GFT'nin kullanımına dair mevcut literatürü, metodolojik varyasyonları, türlere özgü normları ve klinik uygulamaları derinlemesine inceleyerek, veteriner hekimler ve araştırmacılar için kapsamlı bir referans kaynağı oluşturmayı amaçladık.

Gözyaşı Elektrolit ve Makromolekül Etkileşimi

Kristalleşme süreci, esas olarak gözyaşı sıvısındaki elektrolitler, özellikle sodyum klorür (NaCl) ve potasyum klorür (KCl) tarafından yönlendirilir. Ancak, saf tuzlu su çözeltileri (salin) kurutulduğunda fering pateni oluşturmaz; bunun yerine basit, kübik kristaller meydana getirirler. GFT'de gözlemlenen karakteristik dendritik (ağaç dalı benzeri) büyüme, yüksek molekül ağırlıklı biyopolimerlerin varlığını gerektirir. Bu biyopolimerler, özellikle MUC5AC gibi oküler müsinler ve laktoferrin, lizozim, albümin gibi proteinlerdir (Kogbe, Lionet, Tiffany, 1991; Mana A Alanazi & ark., 2021).

Bu makromoleküller, kristal büyüme modifikatörleri olarak hareket ederler. Buharlaşıma sırasında su kaybedildikçe, elektrolit konsantrasyonu artar ve çözelti aşırı doymuş hale gelir. Normal şartlarda, tuz iyonları hızla bir araya gelerek kompakt kristaller oluşturma eğilimindedir. Ancak, müsinler ve proteinler ortamın viskozitesini artırır ve iyonların kristal yüzeyine difüzyonunu yavaşlatır. Ayrıca, kristal yüzeylerine adsorbe olarak büyüme yönünü değiştirirler. Bu etkileşim, kristalin katı bir blok yerine fraktal, dallanan bir yapı şeklinde büyümesini zorunlu kılar (Golding & Brennan., 1989; Horwath & ark., 2001).

Araştırmalar, monovalent iyonların (Na^+ , K^+) divalent iyonlara (Ca^{2+} , Mg^{2+}) oranının, fering yoğunluğunun kritik bir belirleyicisi olduğunu göstermektedir. Koyun gözyaşı örneklerinde yapılan çalışmalar, divalent elektrolitlerin gözyaşı örneklerine eklendiğinde fering derecelerinde monovalent elektrolitlere kıyasla

daha belirgin iyileşmeler sağladığını ortaya koymuştur (Fagehi & ark., 2021). Bu bulgu, oküler yüzeyin homeostazında mineral dengesinin önemini kanıtlar niteliktedir. Kuru göz durumlarında sıklıkla görülen hiperozmolarite (aşırı sodyum konsantrasyonu), bu hassas protein-tuz etkileşimini bozar ve farning oluşumunu engeller (Almutleb & ark., 2021)

Gözyaşı Buharlaşma Dinamiği ve Faz Geçişi

Sıvı halden katı kristal hale geçiş (sol-jel geçişi), çekirdeklenme ve büyüme fazlarını içerir. Gözyaşı damlasının kenarlarından başlayan buharlaşma, çözünen maddelerin merkeze doğru göç etmesine neden olur. Sağlıklı bir gözyaşı filminde, yeterli miktarda ve kalitede müsin varlığı, elektrolitlerin düzenli bir şekilde organize olmasını ve geniş, karmaşık dallanmaların oluşmasını sağlar.

Patolojik durumlarda bu mekanizma iki temel şekilde bozulur. Hiperozmolarite durumunda, gözyaşı hacminin azalması veya buharlaşmanın artması sonucu su kaybı, elektrolit konsantrasyonunu patolojik seviyelere çıkarır. Elektrolitlerin suya oranı arttığında, kristalleşme çok hızlı ve düzensiz gerçekleşir. Makromoleküller, bu hızlı çökmeyi organize edemez ve sonuçta parçalanmış, güdük veya hiç oluşmamış fernler (Rolando Tip III/IV) gözlenir (Mana A Alanazi & ark., 2021). Kronik konjunktivitis, kimyasal yanıklar veya otoimmün hastalıklarda gözlenen konjunktival goblet hücrelerinin kaybında ise müsin üretimi azalır. Biyopolimer desteği azaldığında, dendritik yapıyı destekleyecek "iskelet" kaybolur. Bu durumda, elektrolitler farning oluşturamaz ve amorf kümeler halinde çökerler (Williams & Hewitt, 2017).

Gözyaşı Örneği Toplama Yöntemleri

Gözyaşı sıvısının toplanma yöntemi, elde edilen örneğin protein içeriğini ve dolayısıyla farning paternini etkileyebilir. Veteriner oftalmolojide üç temel yöntem kullanılır. Cam kapiller tüp

ile alt konjunktival forniksten toplama yönteminde, örneklerde epitel döküntü azdır ve bazal protein profili korunur (Oriá & ark., 2019; Nättinen & ark., 2020). Fakat hareketli ve huzursuz hayvanlarda teknik olarak zordur; oküler yaralanma riski taşır ve düşük hacim elde edilir. Mikropipet ile gözyaşı pınarından aspirasyon yönteminde, hassas hacim kontrolü sağlanır. Belirgin bir gözyaşı pınarı gerektirir; KKS'li hastalarda uygulaması çok zordur. Schirmer şeridinden ekstraksiyon yöntemi ise standart 60 saniyelik STT sonrası şeridin santrifüjlenmesi esasına dayanır. Klinik olarak çok pratiktir ve yüksek hacimde gözyaşı sağlar (Nättinen & ark., 2020; Veloso & ark., 2020). Şerit lifleri örneği kontamine edebilir; refleks gözyaşı uyarımı proteinleri seyreltebilir; mekanik irritasyon riski vardır (Posa & ark., 2013).

Köpeklerde yapılan karşılaştırmalı çalışmalar, proteomik analizler için kapiller tüplerin ideal olduğunu, ancak Schirmer şeritlerinden elde edilen gözyaşının ferning analizi için klinik olarak geçerli ve güvenilir bir teknik olduğunu göstermiştir. Sağlıklı köpeklerde yapılan çalışmalarda, kapiller tüp ve Schirmer test şeridi arasında ferning sınıflandırması açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Oriá & ark., 2019). Bu bulgu, veteriner hekimlerin rutin muayene sırasında kullandıkları STT şeritlerini atmayıp, bunları santrifüj ederek GFT için de kullanabileceklerini göstermesi açısından önemlidir.

Çevresel Faktörler: Sıcaklık ve Nem

Gözyaşı ferning testi, çevresel faktörlere karşı son derece hassastır. Buharlaşıma hızı, kristalleşme kinetiğini doğrudan etkiler.

Yüksek bağıl nem (>%50), buharlaşmayı yavaşlatır. Bu yavaşlama, proteinlerin çökmesine ve yüzey geriliminin değişmesine neden olarak, dallanma için gerekli olan fiziksel kuvvetleri bozar. Sonuç olarak, normal gözyaşına sahip bireylerde

141 bile "yalancı pozitif" anormal sonuçlar (Tip III/IV) görülebilir
142 (Horwath & ark., 2001).

143 İdeal kristalleşme genellikle 20°C ile 26°C arasında
144 gerçekleşir. Çok yüksek sıcaklıklar hızlı buharlaşmaya ve düzensiz
145 kristallere yol açarken, çok düşük sıcaklıklar süreci gereğinden fazla
146 uzatır (Horwath & ark., 2001).

147 **Önerilen Protokol**

148 Gözyaşı fering testinin klinik ortamda uygulanması için
149 bazı adımların titizlikle izlenmesi gerekir. Öncelikle bu testin, hava
150 akımının (klima, fan) doğrudan gelmediği, sıcaklığın 20-25°C ve
151 bağıl nemin %45'in altında olduğu bir odada yapılması şarttır. İlgili
152 ortamda, hayvanın alt göz kapağı hafifçe evert edilir ve kapiller tüp
153 veya STT şeridi ile gözyaşı toplanır. Bu işlemi gerçekleştirirken göz
154 kapağı kenarına veya kirpiklere temas etmekten kaçınılmalıdır, aksi
155 takdirde meibomian bezlerinden gelen lipidler örneği kontamine
156 edebilir. Toplanan örnekler temiz, yağsız bir mikroskop lamı üzerine
157 1-2 µL miktarında damlatılır. Daha sonra lam, yatay bir konumda,
158 oda sıcaklığında yaklaşık 10 dakika (veya tamamen kuruyana kadar)
159 bekletilir. Kuruyan örnek, ışık mikroskobu veya faz-kontrast
160 mikroskobu altında, tercihen 10x, 20x veya 40x büyütmede incelenir
161 (Williams & Hewitt, 2017; Tang & ark., 2020).

162 **Derecelendirme Sistemleri: Rolando ve Masmali** 163 **Ölçekleri**

164 Gözyaşı fering örneklerinin nitel görünümünü nicel veya
165 yarı-nicel verilere dönüştürmek için standart derecelendirme
166 ölçekleri kullanılır. Veteriner literatüründe en sık kullanılan iki
167 sistem Rolando ve Masmali ölçekleridir.

- 168 • **Rolando Ölçeği (Dört Puanlı Sistem):** Maurizio Rolando
169 tarafından geliştirilen bu ölçek, veteriner oftalmolojide en
170 yaygın referans alınan sistemdir (Rolando, 1984).

171 Dallanmaların sürekliliği, yoğunluğu ve boşlukların
172 varlığına göre dört tipe ayırır (Veloso & ark., 2020). Bu
173 ölçeğe göre; Tip I (Normal): Tüm gözlem alanında homojen,
174 geniş ve bol miktarda dallanma izlenir. Fernler (eğrelti otu
175 yapıları) birbirine çok yakındır, dallar arasında boşluk
176 yoktur. Bu tip, mükemmel bir elektrolit/müsin dengesini
177 gösterir. Tip II (Normal/Sınırdan): Ferning fenomeni hala
178 boldur, ancak tekil fernler daha küçüktür ve dallanma sıklığı
179 Tip I'e göre daha azdır. Dallar arasında küçük boşluklar
180 görülmeye başlar. Tip III (Anormal): Ferning kısmen
181 mevcuttur. Fernler küçük, tam oluşmamış ve seyrekler.
182 Alanda büyük boşluklar bulunur ve bu boşluklarda organize
183 olmamış mukus kümeleri görülebilir. Tip IV (Anormal):
184 Ferning fenomeni tamamen yoktur. Örnek, herhangi bir
185 organizasyon göstermeyen dejeneratörlü mukus kümeleri
186 ve iplikçiklerinden oluşur. Gözyaşı filminin ciddi
187 instabilitesini ve müsin eksikliğini temsil eder.

188 • **Masmali Ölçeği (Beş Puanlı Sistem):** Daha yakın bir tarihte
189 geliştirilen Masmali ölçeği, 0'dan 4'e kadardır ve 0.1'lik
190 artışlarla daha hassas bir değerlendirme imkânı verir
191 (Masmali, Purslow, Murphy, 2014). Bu ölçeğe göre; Evre 0:
192 Tam kristalleşme mevcut, boşluk yok, yoğun dallanma var
193 (Rolando Tip I'e eşdeğer). Evre 1: Küçük boşluklar mevcut,
194 yüksek yoğunluk var (Rolando Tip I/II arası). Evre 2: Orta
195 dereceli boşluklar mevcut, daha ince dallar var (Sınırdan).
196 Evre 3: Büyük boşluklar mevcut, minimal dallanma var
197 (Rolando Tip III'e eşdeğer). Evre 4: Ferning yok (Rolando
198 Tip IV'e eşdeğer).

199 Masmali ölçeği, özellikle tedavi takibinde küçük iyileşmeleri tespit
200 etmek için avantajlı olsa da, Rolando ölçeği veteriner hekimlikte
201 "Hasta" vs. "Sağlıklı" ayrımı için altın standart olmaya devam
202 etmektedir (Veloso & ark., 2020).

Türe Özgü Analiz ve Klinik Bulgular

Anatomik farklılıklar (göz küresi boyutu, göz kırpmaya sıklığı, meibomian bez yoğunluğu) ve çevresel adaptasyonlar nedeniyle, gözyaşı filminin fizyolojik bileşimi türler arasında farklılık gösterir. Bu nedenle, GFT sonuçları değerlendirilirken her türün kendi "normal" paternleri referans alınmalıdır.

- **Köpekler (Canine):** Köpekler, özellikle KKS prevalansının yüksek olduğu Cocker Spaniel, West Highland White Terrier, Shih Tzu ve Bulldog gibi ırklar nedeniyle, GFT araştırmalarında birincil hayvan modelidir (Williams & Hewitt, 2017). Sağlıklı köpeklerin gözyaşı, baskın olarak Rolando Tip I (%64.17) ve Tip II paternleri gösterir (Oriá & ark., 2019). Ferning oluşumunun başlama süresi ise ortalama 310 ± 63 saniyedir (Williams & Hewitt, 2017). STT değerleri ile ferning dereceleri arasında güçlü bir ters korelasyon vardır. STT değeri 10 mm/dk'nın altında olan köpeklerin neredeyse tamamı Tip III veya Tip IV ferning gösterir. Yapılan bir çalışmada, klinik KKS tanısı almış köpeklerin %100'ünde anormal ferning paternleri saptanmıştır (Williams & Hewitt, 2017). Köpek çalışmalarındaki en kritik bulgulardan biri, normal STT değerlerine (>15 mm/dk) sahip olmasına rağmen anormal ferning (Tip III/IV) gösteren köpeklerin varlığıdır. Bu grup, aköz üretimi yeterli olan ancak müsin veya lipid eksikliği nedeniyle gözyaşı filmi stabil olmayan hastaları temsil eder (Williams & Hewitt, 2017). Bu durum, STT'nin teşhiste tek başına yeterli olmadığını ve STT'si normal olan köpeklerde GFT'nin de mutlaka uygulanması gerektiğini gösterir. Hastalığı GFT ile belirlenenlerde hyaluronik asit kullanımı endikedir.

- **Kediler (Feline):** Kedilerde prekorneal gözyaşı filminin değerlendirilmesi bir dizi zorluğa sahiptir. Kedilerde

234 gözyaşının protein konsantrasyonu ve lipid profili
235 köpeklerden ve insanlardan farklıdır. Sağlıklı kedilerde
236 Masmali ölçeği kullanılarak yapılan çalışmalarda, Evre 2
237 paterninin (insanlarda sınırda/kuru kabul edilir) sıklıkla
238 gözleendiği belirlenmiştir (Veloso & ark., 2020). Bu durum,
239 kedilerin fizyolojik olarak daha farklı bir müsin/elektrolit
240 dengesine sahip olduğunu gösterir. 60 sağlıklı kedide yapılan
241 bir çalışmada, gözlerin %50'si Rolando Tip I, %46.6'sı Tip II
242 ve sadece %3.4'ü Tip III paterni göstermiştir (Veloso & ark.,
243 2020). Bu veriler, kedilerde "sağlıklı" ayrımı yapmak için
244 Rolando ölçeğinin (Tip I ve II'yi normal kabul ederek)
245 Masmali ölçeğine göre daha uygun ve pratik olabileceğini
246 göstermektedir. Kedilerde KKS, köpekler kadar yaygın
247 olmasa da Feline Herpesvirus-1 (FHV-1) enfeksiyonları,
248 kronik konjunktivitis ve goblet hücre kaybına yol açarak
249 ciddi müsin eksikliğine neden olur. GFT, bu viral
250 enfeksiyonların uzun dönemli etkilerini ve korneal
251 sekestrasyon (korneada ölü doku birikimi) riskini
252 değerlendirmek için değerli bir araçtır (Veloso & ark., 2020).

253 • **Atlar (Equine):** Atlarda göz yapısının büyük yüzey alanına
254 sahip oluşu ve onların diğer hayvan türlerine göre tozlu,
255 rüzgârlı ortamlara daha fazla maruz kalmaları sağlam bir
256 gözyaşı filminin gerekliliğini kaçınılmaz hale getirir. Sağlıklı
257 atlarda, Rolando Tip I (%30) ve Tip II (%51.7) paternleri
258 baskındır. Sadece %18.3'ü Tip III göstermiştir (Silva & ark.,
259 2016). Köpeklerin aksine, atlarda yapılan bazı çalışmalarda
260 STT ile GFT arasında zayıf bir korelasyon bulunmuştur.
261 Atların STT ölçümleri sırasında refleks gözyaşı salgılama
262 tepkileri değişkendir ve bu durum STT sonuçlarının
263 güvenilirliğini düşürebilir. Bu nedenle GFT, atlarda bazal
264 gözyaşı filminin sağlığını değerlendirmede daha doğru bir
265 yöntem olarak kabul edilebilir (Silva & ark., 2016). Atlarda

266 gözyaşının kristalleşme yoğunluğu (Tip I'de ortalama 33
267 nokta, Tip III'te 16 nokta), oküler yüzeyin sağlığı ile
268 doğrudan ilişkilidir.

269 • **Devegiller ve Diğer Türler:** Develer ve koyunlar gibi çiftlik
270 hayvanları, çevresel adaptasyonun gözyaşı üzerindeki
271 etkilerini anlamak için mükemmel modellerdir. Develerin
272 gözyaşı, çöl ortamındaki aşırı buharlaşmaya direnmek için
273 hiperozmolar yapıdadır ve spesifik proteinler açısından
274 zengindir (Am & ark., 2018; Mana A Alanazi & ark., 2021).
275 Deve gözyaşının farning paterni, insan veya köpek
276 gözyaşından morfolojik olarak farklıdır; çok daha kalın,
277 yoğun ve "kaba" dallanmalar gösterir. Bu yapı, dehidrasyon
278 stresi altında bile gözyaşı filminin bütünlüğünü korumasını
279 sağlar. Koyun gözyaşına çeşitli elektrolitlerin eklendiği
280 deneysel çalışmalar, divalent katyonların (Kalsiyum ve
281 Magnezyum) farning kalitesini sodyuma göre çok daha fazla
282 artırdığını göstermiştir (Fagehi & ark., 2021). Bu bulgu,
283 çiftlik hayvanlarının beslenmesinde mineral dengesinin göz
284 sağlığı üzerindeki etkisine dair önemli ipuçları verir.

285 • **Laboratuvar Hayvanları:** Bazı fare modeli çalışmalarında,
286 gözyaşı pH'sının (6.5-8.0 aralığı) farning üzerinde belirgin
287 bir etkisinin olmadığı, ancak ozmolarite artışının farning
288 derecesini kötüleştirdiği (Masmali 0-1'den 2-3'e kayış) rapor
289 edilmiştir (Tang & ark., 2020). Bu veriler, insan ve
290 hayvanların kuru göz modellerinde ozmolaritenin anahtar
291 rolünü doğrulamaktadır.

292

293

294

295 **Duyarlılık ve Özgüllük**

296 Köpeklerde yapılan çalışmalar, GFT'nin oküler yüzey
297 hastalıklarını tespit etmede yüksek bir duyarlılığa sahip olduğunu
298 göstermektedir. KKS'li köpeklerde anormal gözyaşı filmini tespit
299 etme yeteneği, Tip III/IV sınır değeri kullanıldığında %100'e
300 yakındır (Williams & Hewitt, 2017). Yani, KKS'li bir köpeğin
301 "normal" (Tip I/II) farning gösterme ihtimali son derece düşüktür.
302 Özgüllük ise biraz daha düşüktür (yaklaşık %78). Sağlıklı
303 köpeklerin %22'si "anormal" paternler gösterebilir (Williams &
304 Hewitt, 2017). Bu "yalancı pozitif" oranının bir kısmı subklinik
305 hastalıklardan kaynaklanabileceği gibi, test sırasındaki nem veya
306 sıcaklık gibi çevresel faktörlerin kontrol edilememesinden de
307 kaynaklanabilir.

308 **Schirmer Gözyaşı Testi (STT) ile Tamamlayıcı Rol**

309 STT ve GFT, gözyaşı filminin temelde farklı parametrelerini
310 ölçer ve birbirlerinin yerine kullanılamazlar. STT, nicelik ölçer ve
311 aköz yetmezliğin teşhisinde kullanılır. GFT ise nitelik ölçer ve
312 müsin/lipid yetmezliğinin teşhisinde kullanılır (Evaporatif Kuru
313 Göz).

314 Literatürdeki veriler, STT ve farning derecesi arasındaki
315 korelasyonun hesaplanmasının, lakrimal fonksiyonel ünitenin
316 kapsamlı bir resmini sunduğunu göstermektedir. STT'si normal olan
317 ancak blefarospazm, korneal pigmentasyon veya mukoid akıntı
318 sergileyen bir hayvanda Tip III/IV GFT sonucu alınması, niteliksel
319 kuru göz tanısını kesinleştirir. Bu tanı, tedavi stratejisini doğrudan
320 değiştirir; sadece gözyaşı üretimini teşvik eden siklosporin gibi
321 ajanlar yerine, müsin tabakasını destekleyen yapay gözyaşı ve
322 hyaluronik asit içeren preparatların kullanılması gerektiğini gösterir
323 (Williams & Hewitt, 2017).

324

325 **Testi Etkileyen Faktörler ve Sınırlamalar**

GFT'nin klinik değeri yüksek olsa da, veteriner hekimlerin test sonuçlarını yorumlarken dikkate alması gereken bazı sınırlamalar vardır.

1. **Çevresel Duyarlılık:** Daha önce belirtildiği gibi, yüksek nem (>%50) kristalleşmeyi bozar ve testin başarısız olmasına neden olur. Bu durum, özellikle ahır ortamında yapılan at muayenelerinde veya iklimlendirmesi olmayan kliniklerde "yalancı anormal" sonuçlara yol açabilir (Horwath & ark., 2001).
2. **Örnek Kontaminasyonu:** Göz kapağı kenarından gelen meibomian lipidleri veya kan, ferning paternini değiştirebilir. Örnek alırken göz kapağına temas etmemek gerekir. Ayrıca, göze önceden damlatılmış olan anestezi damlalar veya fluorescein boyası ferning paternini etkileyebilir; bu nedenle GFT, göze herhangi bir sıvı damlatılmadan önce yapılmalıdır (Nebbioso & ark., 2018).
3. **Özellik:** Derecelendirme, gözlemcinin görsel değerlendirmesine dayanır. Gözlemciler arası uyum genellikle iyidir (Kappa > 0.6), ancak deneyimsiz gözlemciler Tip II (Normal) ile Tip III (Anormal) arasındaki ince farkı ayırt etmekte zorlanabilirler (Veloso & ark., 2020).
4. **Tür Farklılıkları:** Her tür için "normal" kabul edilen paternin bilinmesi gerekir. Örneğin, bir kedide görülen Masmali Evre 2 sonucu "normal" olarak kabul edilebilirken, aynı sonuç bir köpekte erken dönem gözyaşı instabilitesi olarak yorumlanabilir (Williams & Hewitt, 2017).

356 **Tedavi ve İzleme: Terapötik Çıkarımlar**

357 Gözyaşı fernaling testi, sadece bir tanı aracı değil, aynı
358 zamanda tedavinin etkinliğini izlemek için de güçlü bir
359 biyobelirteçtir.

360 • **Yapay Gözyaşı Seçimi:** Farklı yapay gözyaşı damlalarının
361 kendileri de kurutulduğunda farklı fernaling paternleri
362 oluşturur. Fernaling oluşturma kapasitesi yüksek olan damlalar
363 (genellikle yüksek molekül ağırlıklı polimerler ve dengeli
364 elektrolitler içerenler), in vivo olarak gözyaşı filmini daha iyi
365 stabilize eder. Veteriner hekimler, hastalarına reçete
366 edecekleri damlaların fernaling özelliklerini
367 değerlendirebilirler (Mana A Alanazi & ark., 2021).

368 • **Tedavi Yanıtının Takibi:** KKS tedavisi gören bir köpekte,
369 STT değerleri artmasa bile fernaling paterninin Tip IV'ten Tip
370 II'ye gerilemesi, gözyaşının niteliksel olarak iyileştiğini ve
371 tedavinin faydalı etkiler oluşturduğunu gösterir. Bu, özellikle
372 siklosporin tedavisine yanıtın yavaş olduğu durumlarda
373 hekime ve hasta sahibine tedaviyi sürdürme konusunda
374 güven verir (Williams & Hewitt, 2017).

375 • **Elektrolit Desteği:** Koyunlarda yapılan çalışma
376 sonuçlarında da görüldüğü gibi, gözyaşına spesifik
377 elektrolitlerin (Kalsiyum, Magnezyum) eklenmesi, fernaling
378 kalitesini artırabilir. Bu, gelecekte veteriner oftalmolojide
379 kullanılacak yeni nesil göz damlalarının formülasyonunda,
380 sadece nemlendirmeye değil, aynı zamanda elektrolit
381 dengesini optimize etmeye odaklanılması gerektiğini
382 göstermektedir (Fagehi & ark., 2021).

383

384

385

Gelecek Yönelimler ve Teknolojik Entegrasyon

Veteriner oftalmolojide GFT'nin altın standart metotlardan biri haline gelmesi, otomasyon ve dijitalleşme ile yakından ilişkilidir.

- **Bilgisayarlı Analiz:** Subjektif derecelendirme hatalarını ortadan kaldırmak için dijital görüntü analizi ve fraktal boyut hesaplaması üzerine çalışmalar sürmektedir. Fern yoğunluğunu kategorik dereceler (I, II, III) yerine sürekli bir değişken olarak ölçen yazılımlar, hastalığın ciddiyetini daha hassas bir şekilde ortaya koyabilir (Williams & Hewitt, 2017).
- **Multimodal Tanı:** GFT'nin, gözyaşı ozmolarite ölçümü ve meibografi gibi diğer ileri tanı yöntemleriyle kombine edilmesi, "Kuru Göz" sendromunun alt tiplerinin (Aköz eksikliği, Evaporatif, miks tip) daha kesin bir şekilde sınıflandırılmasına olanak tanıyacaktır.

Sonuç

Gözyaşı Ferning Testi, veteriner oftalmolojide basit, ucuz ve bilgilendirici bir tanı yöntemidir. STT gibi niceliksel testlerin aksine, prekorneal gözyaşı filminin biyokimyasal bütünlüğünün ve stabilitesinin ortaya konulmasına olanak tanır. Mevcut literatür ve araştırma verilerine göre GFT örnekleri; köpek, kedi, at ve diğer türlerde oküler yüzey sağlığı ile güçlü bir korelasyon gösterir ve STT'nin atladığı nitel gözyaşı eksikliklerini ortaya çıkarabilir.

Veteriner hekimler için GFT'nin daha sık tercih edilmesi, özellikle tedaviye dirençli, kronik KKS vakalarının yönetiminde yeni bir pencere açmaktadır. Standart bir protokol ve türlere özgü normların (örneğin kedilerde Evre 2'nin normal kabul edilmesi gibi) dikkate alınmasıyla, GFT, hasta hayvanların görme sağlığını ve yaşam kalitesini korumada vazgeçilmez bir araç haline gelebilir.

416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439

440 **Kaynakça**

441 Almutleb ES, El-Hiti GA, Al-Dawas HA, Alanzi MK,
442 Alquwayi M, Alotaibi AG, Baashen MA, Altoaimi BH, Alanazi SA,
443 Masmali AM. Effect of monovalent electrolyte solutions on the
444 human tear ferning pattern. PLoS One. 2023 Feb 3;18(2):e0280853.
445 doi: 10.1371/journal.pone.0280853. Erratum in: PLoS One. 2025
446 Jan 3;20(1):e0317160. doi: 10.1371/journal.pone.0317160. PMID:
447 36735697; PMCID: PMC9897561.

448 Am M, Ra F, El-Naggar AH, Tm A; Akhtar S. Structure and
449 microanalysis of tear film ferning of camel tears, human tears, and
450 Refresh Plus. Mol Vis. 2018 Apr 16;24:305-314. PMID: 29692599;
451 PMCID: PMC5900468.

452 Fagehi R, El-Hiti GA, Alqarni BM, Alanazi MA, Masmali
453 AM, Almubrad T. Improvement in Tear Ferning Patterns of Sheep
454 Tears After Addition of Various Electrolyte Solutions. Front Med
455 (Lausanne). 2021 Nov 19;8:721969. doi:
456 10.3389/fmed.2021.721969. PMID: 34869419; PMCID:
457 PMC8639650.

458 Golding, T. R., & Brennan, N. A. (1989). The basis of tear
459 ferning. Clinical and Experimental Optometry, 72(4), 102–112.
460 <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.1989.tb03069.x>

461 Horwath J, Ettinger K, Bacherneegg M, Bodner E, Schmut O.
462 Ocular Ferning test - effect of temperature and humidity on tear
463 Ferning patterns. Ophthalmologica. 2001 Mar-Apr;215(2):102-7.
464 doi: 10.1159/000050838. PMID: 11244339.

465 Veloso JF, Oriá AP, Raposo ACS, Lacerda AJ, Silva CVB,
466 Lima LF, Carlos RSA. The use of tear ferning test in cats for
467 evaluation of ocular surface. Acta Vet Scand. 2020 May 26;62(1):23.
468 doi: 10.1186/s13028-020-00523-5. PMID: 32456655; PMCID:
469 PMC7248460.

470 Kogbe O, Liotet S, Tiffany JM. Factors responsible for tear
 471 ferning. *Cornea*. 1991 Sep;10(5):433-44. doi: 10.1097/00003226-
 472 199109000-00013. PMID: 1935142.

473 Mana A Alanazi., et al. “Tear Ferning Test as a Valuable Tool
 474 to Determine the Quality of Tear Film in Animals and Human”. *EC*
 475 *Ophthalmology* 12.9 (2021): 41-55.

476 Masmali AM, Purslow C, Murphy PJ. The tear ferning test: a
 477 simple clinical technique to evaluate the ocular tear film. *Clin Exp*
 478 *Optom*. 2014 Sep;97(5):399-406. doi: 10.1111/cxo.12160. PMID:
 479 25138744.

480 Nättinen J, Aapola U, Jylhä A, Vaajanen A, Uusitalo H.
 481 Comparison of Capillary and Schirmer Strip Tear Fluid Sampling
 482 Methods Using SWATH-MS Proteomics Approach. *Transl Vis Sci*
 483 *Technol*. 2020 Feb 13;9(3):16. doi: 10.1167/tvst.9.3.16. PMID:
 484 32714642; PMCID: PMC7351636.

485 Nebbioso M, Sacchetti M, Bianchi G, Zicari AM, Duse M,
 486 Del Regno P, Lambiase A. Tear Ferning Test and Pathological
 487 Effects on Ocular Surface before and after Topical Cyclosporine in
 488 Vernal Keratoconjunctivitis Patients. *J Ophthalmol*. 2018 Oct
 489 14;2018:1061276. doi: 10.1155/2018/1061276. PMID: 30405906;
 490 PMCID: PMC6204206.

491 Oriá AP, Raposo ACS, Araújo NLLC, Lima FB, Masmali
 492 AM. Tear ferning test in healthy dogs. *Vet Ophthalmol*. 2018
 493 Jul;21(4):391-398. doi: 10.1111/vop.12524. Epub 2017 Nov 7.
 494 Erratum in: *Vet Ophthalmol*. 2019 Mar;22(2):218. doi:
 495 10.1111/vop.12659. PMID: 29111585.

496 Posa A, Bräuer L, Schicht M, Garreis F, Beileke S, Paulsen
 497 F. Schirmer strip vs. capillary tube method: non-invasive methods of
 498 obtaining proteins from tear fluid. *Ann Anat*. 2013 Mar;195(2):137-

499 42. doi: 10.1016/j.aanat.2012.10.001. Epub 2012 Oct 23. PMID:
500 23357333.

501 Rolando M: Tear mucus ferning test in normal and
502 keratoconjunctivitis sicca eyes. Chibret Int J Ophthalmol
503 1984;2(4):32-41.

504 Silva LR, Gouveia AF, de Fátima CJ, Oliveira LB, Reis JL Jr,
505 Ferreira RF, Pimentel CM, Galera PD. Tear ferning test in horses and
506 its correlation with ocular surface evaluation. Vet Ophthalmol. 2016
507 Mar;19(2):117-23. doi: 10.1111/vop.12268. Epub 2015 Mar 28.
508 PMID: 25818834.

509 Tabbara KF, Okumoto M. Ocular ferning test. A qualitative
510 test for mucus deficiency. Ophthalmology. 1982 Jun;89(6):712-4.
511 doi: 10.1016/s0161-6420(82)34736-3. PMID: 7122048.

512 Tang YJ, Chang HH, Tsai CY, Chen LY, Lin DP.
513 Establishment of a Tear Ferning Test Protocol in the Mouse Model.
514 Transl Vis Sci Technol. 2020 Dec 1;9(13):1. doi:
515 10.1167/tvst.9.13.1. PMID: 33344045; PMCID: PMC7718818.

516 Williams D, Hewitt H. Tear ferning in normal dogs and dogs
517 with keratoconjunctivitis sicca. Open Vet J. 2017;7(3):268-272. doi:
518 10.4314/ovj.v7i3.11. Epub 2017 Sep 17. PMID: 29038779; PMCID:
519 PMC5633660.

520

521

522

BÖLÜM 4

WNT/ β -CATENİN SİNYAL İLETİM YOLUNUN EPİDURAL FİBROZİS'TEKİ POTANSİYEL ROLÜ

KADRİ KULUALP¹
ZİYA YURTAL²

Giriş

Fibrozis, kronik doku hasarına karşı gelişen yara iyileşme mekanizmasının adaptif sınırları aşarak, aşırı ekstraselüler matriks (ECM) birikimi ve nihayetinde doku fonksiyon bozukluğu ile neticelendiği patolojik bir süreçtir. Bu durum, kalp, akciğer, böbrekler ve deri gibi hayati organlarda yüksek morbidite ve mortaliteye yol açmaktadır (Somanader & ark., 2024). Veteriner nöroşirurjide gerçekleştirilen spinal cerrahi girişimleri sonrasında, özellikle laminektomiye takiben gelişen epidural fibrozis (EF), postoperatif dönemde ağrıya ve nörolojik defisitlere neden olan "Başarısız Bel Cerrahisi Sendromu" (FBSS) olarak bilinen ciddi bir komplikasyonun ana sebebidir (Jiao & ark., 2019). EF, operasyon bölgesinde fibroblastların aşırı proliferasyonu ve dura matere yapışan yoğun kollajen dokusunun oluşumu ile karakterize

¹ Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Cerrahi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-5877-0054

² Doç. Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Cerrahi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0001-6080-1860

fibroproliferatif bir yanıttır (Jiao & ark., 2019). Wnt/ β -Catenin sinyal iletim yolu, embriyonik gelişimden doku homeostazisine kadar birçok biyolojik süreçte kritik roller üstlenmektedir (Bastakoty & Young, 2016). Memelilerde bu yol, normalde birçok organda pasifte kalmasına rağmen, yaralanmaya yanıt olarak yeniden aktive olmakta ve hem rejenerasyonu teşvik etme hem de patolojik fibrozisi destekleme gibi karmaşık roller oynamaktadır (Bastakoty & Young, 2016; Somanader & ark., 2024). Kronik böbrek hastalığı ve idiyopatik pulmoner fibrozis gibi kronik fibrotik durumlarda Wnt/ β -Catenin aktivasyonunun patolojik fibrojenезisi tetiklediği rapor edilmiştir (Guo & ark., 2012). Bu derleme, Wnt/ β -Catenin sinyal yolunun temel biyolojisini, genel organ fibrozisindeki merkezi rolünü ve spinal cerrahi sonrası gelişen EF'deki potansiyel etkilerini, ilgili moleküler hedeflerle birlikte değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Wnt/ β -Catenin Sinyal İletim Yolunun Temel Biyolojisi

Wnt sinyal iletim yolları, memelilerde tespit edilen 19 salgılanan glikoprotein (Wnt ligandları) ailesinden oluşur ve hücrel sağ kalım, rejenerasyon ve doku homeostazisinin sağlanmasında rol oynar (Bastakoty & Young, 2016; Somanader & ark., 2024). Kanonik Wnt yolu, sinyalizasyonun ana efektör molekülü olan β -Catenin'e bağımlılığı nedeniyle "Wnt/ β -Catenin yolu" olarak da adlandırılır (Bastakoty & Young, 2016). Bu yol, temel olarak "WNT-off" ve "WNT-on" olmak üzere iki ana durumda işlev görür (Somanader & ark., 2024).

- **WNT-Off durumu:** Wnt ligandlarının yokluğunda, β -Catenin sitoplazmada bulunan yıkım kompleksi tarafından sıkı bir şekilde düzenlenir (Guo & ark., 2012). Bu kompleks, eksen inhibisyon proteini (Axin), adenomatöz poliposis koli (APC) proteini, glikojen sentaz kinaz-3 β (GSK3 β) ve kazein kinaz 1 α (CK1 α) gibi proteinlerden oluşur (Somanader & ark., 2024; Guo & ark., 2012). Bu durumda, GSK3 β ve CK1 α

tarafından ardışık olarak fosforile edilen β -Catenin, ubiquitinasyon ve proteozomal yıkım için hedef alınarak sitoplazmik konsantrasyonu düşük tutulur (Somanader & ark., 2024; Bastakoty & Young, 2016). Nükleusta, T-hücre faktörü (TCF)/Lenfoid Güçlendirici Faktör (LEF) transkripsiyon faktörleri, baskılayıcı Groucho'ya bağlanır ve hedef genlerin transkripsiyonunu engeller (Somanader & ark., 2024).

- **WNT-On durumu:** Wnt ligandları, Frizzled (FZD) reseptörlerine ve koreseptör düşük yoğunluklu lipoprotein reseptör ilişkili protein 5/6'ya (LRP5/6) bağlandığında sinyalizasyon aktive olur (Guo & ark., 2012; Somanader & ark., 2024). Bu bağlanma, Dishevelled (DVL) proteinlerini aktive ederek yıkım kompleksinin bileşenlerini (Axin, GSK3 β) membrana yönlendirir veya inaktive eder, böylece β -Catenin'in fosforilasyonunu ve yıkımını engeller (Somanader & ark., 2024). Sonuç olarak, stabil hale gelen β -Catenin sitoplazmada birikir ve nükleusa transloke olarak TCF/LEF transkripsiyon faktörlerine bağlanır (Guo & ark., 2012; Somanader & ark., 2024). Bu nükleer translokasyon, Siklin D1 (CCND1) ve c-Myc (MYC) gibi pro-fibrotik ve proliferatif hedef genlerin ekspresyonunu başlatır (Guo & ark., 2012; Katoh, 2018; Lecarpentier & ark., 2019). Wnt ligandlarının salgılanması, endoplazmik retikulumda (ER) Porcupine (PORCN) enzimi tarafından gerçekleştirilen palmitoylasyon modifikasyonunu gerektirir (Bastakoty & Young, 2016; Somanader & ark., 2024).

Wnt/ β -Catenin ve Fibrozis Patogenezi

Wnt/ β -Catenin sinyal yolunun sürekli ve aşırı aktivasyonu, kronik doku hasarına karşı geliştirilen iyileşme tepkisini

rejenerasyondan ziyade fibrozis yönünde ilerletir (Bastakoty & Young, 2016; Li & ark., 2021). Bu yol, fibroblast aktivasyonu, epitelyal-mezenşimal geçiş (EMT) ve temel fibrotik sinyal yollarıyla çapraz etkileşime geçerek fibrojenезisin kritik adımlarını düzenler (Guo & ark., 2012; Somanader & ark., 2024).

- **Miyofibroblast Aktivasyonu ve ECM Üretimi:** Fibrozisin temel hücresele olayı, fibroblastların miyofibroblastlara dönüşmesi ve ECM bileşenlerinin (kollajen, fibronektin gibi) aşırı üretilmesidir (Li & ark., 2021; Somanader & ark., 2024). Wnt/ β -Catenin aktivasyonu, fibroblastların çoğalmasını teşvik eder ve miyofibroblast farklılaşmasını başlatarak fibrotik patolojiyi destekler (Jiao & ark., 2019; Li & ark., 2021). Örneğin, miyofibroblastların ayırt edici bir markeri olan α -SMA'yı kodlayan ACTA2 geni, Wnt hedef genlerinden biri olarak nükleus translokasyonu sonrasında β -Catenin tarafından aktive edilebilir (Somanader & ark., 2024). Aynı zamanda, β -Catenin, fibronektin ve MMP-7 gibi fibrozis ile ilişkili genlerin transkripsiyonunu uyararak ECM birikimine yol açar (Guo & ark., 2012; Li & ark., 2021).

- **Epitelyal-Mezenşimal Geçiş (EMT):** Wnt/ β -Catenin, EMT'nin kritik bir düzenleyicisidir; EMT, epitelyal hücrelerin mezenşimal özellikler kazanarak ECM üretebilen miyofibroblastlara dönüşüm sürecidir (Somanader & ark., 2024). Böbrek fibrozisinde, β -Catenin sinyalizasyonunun aktivasyonu EMT'yi tetikler (Hu & ark., 2022). Nükleer β -Catenin, EMT'yi ilerleten Snail1 ve Twist gibi transkripsiyon faktörlerinin ekspresyonunu artırır (Guo & ark., 2012; Li & ark., 2021; Hu & ark., 2022). Snail1 ve Twist, E-Cadherin gen ekspresyonunu baskılayarak ve α -SMA ile vimentin gibi mezenşimal belirteçlerin üretimini aktive ederek EMT'ye yol açar (Li & ark., 2021; Hu & ark., 2022).

- **TGF- β ve Diğer Profibrotik Yollar ile Çapraz Etkileşim (Crosstalk):** Wnt/ β -Catenin sinyal yolu, fibrozisin "ana düzenleyicisi" olan Transforming Growth Factor- β 1 (TGF- β 1) ile yakın bir etkileşim içindedir (Guo & ark., 2012; Somanader & ark., 2024). TGF- β 1, Wnt/ β -Catenin yolunun bileşenlerinin ekspresyonunu artırabilir ve bu yollar genellikle sinerjik bir şekilde hareket ederek fibrogenezisi şiddetlendirir (Guo & ark., 2012; Somanader & ark., 2024). TGF- β 1, Smad'den bağımsız p38 MAPK yolunu aktive ederek, Wnt antagonistlerini (DKK-1 gibi) inaktive edebilir ve böylece Wnt/ β -Catenin sinyalizasyonunu pozitif yönde destekler (Akhmetshina & ark., 2012; Somanader & ark., 2024). Nükleusta β -Catenin, TGF- β 'nın etkilerini güçlendirerek miyofibroblast farklılaşmasını ve ECM birikimini artırır (Somanader & ark., 2024). Ayrıca, Renin-Anjiyotensin Sistemi (RAS) bileşenleri (Anjiyotensin II gibi) de Wnt/ β -Catenin aktivasyonunu tetikleyebilir ve bu iki sinyalizasyon yolu arasında bir kısır döngü oluşabilir (Li & ark., 2021; Somanader & ark., 2024).

Wnt/ β -Catenin Sinyal İletim Yolunun Epidural Fibrozis Patogenezindeki Rolü

Epidural fibrozis, spinal cerrahi sonrası fibroblastların aşırı proliferasyonu ve ECM bileşenlerinin birikmesiyle karakterize temel bir patolojidir. Wnt/ β -Catenin yolu aktivasyonunun bu fibroproliferatif yanıtta kritik bir rol oynadığı belirtilmektedir (Jiao & ark., 2019).

- **Wnt3a/ β -Catenin Aracılı Fibroblast Proliferasyonu:** Wnt/ β -Catenin sinyalizasyonu, fibroblastların aşırı çoğalmasını teşvik ederek EF'nin gelişimini hızlandırır. Wnt3a'nın aşırı ekspresyonu, fibroblast proliferasyonunu önemli ölçüde artırmış ve bu artış, Cyclin D1 ve PCNA

(Proliferating Cell Nuclear Antigen) gibi proliferasyon ile ilişkili proteinlerin ekspresyonu ile doğrulanmıştır. Wnt sinyalizasyonu, GSK3 β 'nın Serin 9 pozisyonunda fosforilasyonuna (inaktif p-GSK3 β formu) yol açarak β -Catenin'in sitozolde birikmesine ve nükleusa translokasyonuna neden olur; bu durum da Siklin D1 ekspresyonunu aktive eder. Bu mekanizma, Wnt3a/ β -Catenin yolunun, EF gelişimindeki temel hücrel olay olan fibroblastların kontrolsüz büyümesinde merkezi bir işlevi olduğunu kanıtlamaktadır (Jiao & ark., 2019).

- **Apigenin Aracılığıyla Sinyal Yolu İnhibisyonu:** Doğal bir flavonoid olan Apigenin (API), EF'yi önlemede potansiyel bir terapötik ajan olarak incelenmiştir (Jiao & ark., 2019). API, bir sıçan laminektomi modelinde fibroblast proliferasyonunu doza bağımlı bir şekilde azaltmış, fibrotik doku oluşumunu ve kollajen yoğunluğunu düşürmüştür (Jiao & ark., 2019). API'nin bu antifibrotik etkisi, Wnt3a/ β -Catenin sinyal yolunu baskılamasıyla ilişkilendirilmiştir. Bu modeldeki API uygulaması, Wnt3a, p-GSK3 β , β -Catenin ve Siklin D1 ekspresyonlarını konsantrasyona bağlı olarak düşürmüştür (Jiao & ark., 2019). Ayrıca, Wnt3a'nın aşırı ekspresyonu, API'nin proliferasyon üzerindeki inhibitör etkilerini kısmen tersine çevirebilmiştir, bu da API'nin temel etki mekanizmasının Wnt3a/ β -Catenin sinyalizasyonunun baskılanması olduğunu göstermektedir. Eldeki veriler, Wnt/ β -Catenin yolunun EF'de fibroblast hiperproliferasyonunu düzenlediğini ve bu yolun hedeflenmesinin EF'nin önlenmesinde potansiyel bir strateji olabileceğini düşündürmektedir.

Wnt/ β -Catenin Yolu Aracılığıyla Fibrozis Modülasyonu

Wnt/ β -Catenin sinyal yolunun fibrotik patolojilerdeki kilit rolü, bu yola yönelik terapötik modülasyon stratejilerinin geliştirilmesini teşvik etmiştir (Katoh, 2018). Bu stratejiler, sinyal yolunun farklı basamaklarını hedef alarak, aşırı fibrogenezisi engellemeyi amaçlar (Guo & ark., 2012; Somanader & ark., 2024).

- **Ekstraselüler Hedefler:** Wnt ligandları ve reseptör komplekslerini hedef alan antagonistler, sinyalizasyonu en erken aşamada bloke eder (Li & ark., 2021). Dickkopf (DKK) ailesi proteinleri (örneğin DKK1), LRP5/6 koreseptörlerine bağlanarak kanonik Wnt sinyalizasyonunu güçlü bir şekilde antagonize ederler ve böbrek fibrozisini baskıladıkları rapor edilmiştir (Guo & ark., 2012; Li & ark., 2021; Somanader & ark., 2024). Benzer şekilde, Frizzled-İlişkili Proteinler (sFRP'ler), Wnt ligandlarını bağlayarak reseptör etkileşimini önlerler ve bu sayede renal fibrozisi baskırlar (Guo & ark., 2012; Li & ark., 2021). Ayrıca, Porcupine (PORCN) inhibitörleri (Wnt-C59, LGK974 gibi), Wnt ligandlarının salgılanması için gerekli olan palmitoylasyonu önleyerek tüm Wnt sinyalizasyonunu ortadan kaldırır (Li & ark., 2021).
- **İntraselüler ve Nükleer Hedefler:** Hücre içi yıkım kompleksini veya nükleer translokasyonu hedef alan ajanlar, sinyalizasyonun alt bileşenlerini kontrol eder (Somanader & ark., 2024). Tankyrase (TNKS) inhibitörlerinin (örneğin XAV939), Axin proteinini stabilize ederek β -Catenin'in yıkımını hızlandırdığı ve bu yolla pulmoner ve renal fibrozisi baskıladığı bildirilmiştir (Bastakoty & Young, 2016; Li & ark., 2021). Spesifik hedeflerden bazıları, β -Catenin'in nükleusta TCF/LEF transkripsiyon faktörleri veya kofaktörlerle (CBP/p300) etkileşimini engeller (Somanader & ark., 2024). CBP/ β -Catenin etkileşimini seçici olarak bloke eden ICG-001 ve PRI-724 gibi küçük moleküller,

205 fibroblast aktivasyonunu ve ECM birikimini azaltarak
206 böbrek, karaciğer ve akciğer fibrozisinde faydalı etkiler
207 göstermişlerdir (Henderson & ark., 2010; Hao & ark., 2011;
208 Li & ark., 2021; Somanader & ark., 2024). Bu moleküller, β -
209 Catenin'in E-Cadherin gibi hücre adezyon proteinleriyle olan
210 etkileşimini bozmadan, sadece nükleer transkripsiyonel
211 aktiviteyi hedefleme potansiyeli sunar (Bastakoty & Young,
212 2016).

213 **Sonuç**

214 Wnt/ β -Catenin sinyal iletim yolu, biyolojik süreçlerdeki
215 merkezi rolüne rağmen, kronik yara iyileşmesi ve cerrahi girişim
216 sonrası gelişen fibrozis (EF dahil) gibi patolojik durumlarda aşırı
217 aktive olduğunda miyofibroblast proliferasyonunu ve ECM
218 birikimini tetikleyen bir "profibrotik" mekanizma olarak ortaya
219 çıkmaktadır (Guo & ark., 2012; Bastakoty & Young, 2016;
220 Somanader & ark., 2024). Wnt3a'nın EF'deki fibroblast
221 proliferasyonunu, β -Catenin yolu üzerinden aktive ettiği ve bu
222 aktivasyonun Siklin D1 ve PCNA gibi proliferasyon belirteçlerini
223 tetiklediği bildirilmiştir (Jiao & ark., 2019). Bu bulgular, Wnt/ β -
224 Catenin sinyal iletim yolunun, spinal cerrahi sonrası gelişen EF'nin
225 önlenmesinde umut verici bir farmakolojik hedef olduğunu
226 göstermektedir. Nitekim, Apigenin gibi doğal bileşiklerin Wnt3a/ β -
227 Catenin sinyalizasyonunu baskılayarak fibroblast çoğalmasını ve
228 kollajen birikimini azalttığı, bu nedenle cerrahi girişimler sonrası
229 gelişebilecek skar oluşumunu hafifletme potansiyeli taşıdığı tespit
230 edilmiştir (Jiao & ark., 2019). Öte yandan, Wnt/ β -Catenin
231 sinyalizasyonunun doku rejenerasyonu ve kök hücre
232 homeostazisindeki kritik rolleri bilindiği için (Bastakoty & Young,
233 2016; Somanader & ark., 2024); bu yolu hedefleyen terapilerin
234 (örneğin ICG-001, XAV939, DKK1 gibi), olası yan etkilere karşı
235 hassas dozlama ve hedefleme stratejileri gözetilerek geliştirilmeleri
236 gerekmektedir (Katoh, 2018; Li & ark., 2021). Özellikle β -

237 Catenin'in nükleer aktivitesini spesifik olarak bloke eden
238 bileşiklerin, EF'nin tedavisinde lokal veya zamansal uygulamalarla
239 potansiyel klinik faydalar sağlayabileceği öngörülmektedir.

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261 **Kaynakça**

262 Akhmetshina A, Palumbo K, Dees C, Bergmann C, Venalis
263 P, Zerr P, Horn A, Kireva T, Beyer C, Zwerina J, Schneider H,
264 Sadowski A, Riener M O, MacDougald O A, Distler O, Schett G,
265 Distler J H. Activation of canonical Wnt signalling is required for
266 TGF-b-mediated fibrosis. *Nat Commun.* 2012 Mar 6;3:735. doi:
267 10.1038/ncomms1734.

268 Bastakoty D, Young P P. Wnt/b-catenin pathway in tissue
269 injury: roles in pathology and therapeutic opportunities for
270 regeneration. *FASEB J.* 2016 Oct;30(10):3271–3284. doi:
271 10.1096/fj.201600502R.

272 Chen H, Yang T, Wang M C, Chen D Q, Yang Y, Zhao Y Y.
273 Novel RAS Inhibitor 25-O-Methylalisol F Attenuates Epithelial-To-
274 Mesenchymal Transition and Tubulo-Interstitial Fibrosis by
275 selectively Inhibiting TGF- β -Mediated Smad3 Phosphorylation.
276 *Phytomedicine.* 2018 Apr 15;42:207–218. doi:
277 10.1016/j.phymed.2018.03.034.

278 Feiteng C, Lei C, Deng L, Chaoliang X, Zijie X, Yi S,
279 Minglei S. Relaxin inhibits renal fibrosis and the epithelial-to-
280 mesenchymal transition via the Wnt/beta-catenin signaling pathway.
281 *Ren Fail.* 2022 Dec;44(1):513–524. doi:
282 10.1080/0886022X.2022.2030097.

283 Guo Y, Xiao L, Sun L, Liu F. Wnt/ β -Catenin Signaling: a
284 Promising New Target for Fibrosis Diseases. *Physiol Res.*
285 2012;61(4):337–346.

286 Hao S, He W, Li Y, Ding H, Hou Y, Nie J, Hou F F, Kahn M,
287 Liu Y. Targeted inhibition of beta-catenin/CBP signaling ameliorates
288 renal interstitial fibrosis. *J Am Soc Nephrol.* 2011 Sep;22(9):1642–
289 1653. doi: 10.1681/ASN.2010101079.

290 Hu L, Ding M, He W. Emerging Therapeutic Strategies for
 291 Attenuating Tubular EMT and Kidney Fibrosis by Targeting Wnt/ β -
 292 Catenin Signaling. *Front Pharmacol.* 2022 Jan 10;12:830340. doi:
 293 10.3389/fphar.2021.830340.

294 Jiao R, Chen H, Wan Q, Zhang X, Dai J, Li X, Yan L, Sun Y.
 295 Apigenin inhibits fibroblast proliferation and reduces epidural
 296 fibrosis by regulating Wnt3a/ β -catenin signaling pathway. *J Orthop*
 297 *Surg Res.* 2019 Aug 14;14(1):253. doi: 10.1186/s13018-019-1305-
 298 8.

299 Katoh M. Multi-layered prevention and treatment of chronic
 300 inflammation, organ fibrosis and cancer associated with canonical
 301 WNT/ β -catenin signaling activation. *Int J Mol Med.* 2018
 302 Oct;42(4):2379–2396. doi: 10.3892/ijmm.2018.3689.

303 Lecarpentier Y, Schussler O, Hébert J-L, Vallée A. Multiple
 304 Targets of the Canonical WNT/ β -Catenin Signaling in Cancers.
 305 *Front Oncol.* 2019 Nov 18;9:1248. doi: 10.3389/fonc.2019.01248.

306 Li S-S, Sun Q, Hua M-R, Suo P, Chen J-R, Yu X-Y, Zhao Y-
 307 Y. Targeting the Wnt/ β -Catenin Signaling Pathway as a Potential
 308 Therapeutic Strategy in Renal Tubulointerstitial Fibrosis. *Front*
 309 *Pharmacol.* 2021 Aug 16;12:719880. doi:
 310 10.3389/fphar.2021.719880.

311 Liu D, Chen L, Zhao H, Vaziri N D, Ma S-C, Zhao Y-Y. Small
 312 molecules from natural products targeting the Wnt/ β -catenin
 313 pathway as a therapeutic strategy. *Biomed Pharmacother.* 2019
 314 Sep;117:108990. doi: 10.1016/j.biopha.2019.108990.

315 Schunk S J, Floege J, Fliser D, Speer T. WNT- β -catenin
 316 Signalling -A Versatile Player in Kidney Injury and Repair. *Nat Rev*
 317 *Nephrol.* 2021 Mar;17(3):172–184. doi: 10.1038/s41581-020-
 318 00343-w.

Shi J, Li F, Luo M, Wei J, Liu X. Distinct Roles of Wnt/ β -Catenin Signaling in the Pathogenesis of Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Idiopathic Pulmonary Fibrosis. *Mediators Inflamm.* 2017 May 15;2017:3520581. doi: 10.1155/2017/3520581.

Somanader D V N, Zhao P, Widdop R E, Samuel C S. The involvement of the Wnt/ β -catenin signaling cascade in fibrosis progression and its therapeutic targeting by relaxin. *Biochem Pharmacol.* 2024 Mar 13;223:116130. doi: 10.1016/j.bcp.2024.116130.

Tan R J, Zhou D, Zhou L, Liu Y. Wnt/b-catenin signaling and kidney fibrosis. *Kidney Int Suppl.* 2014 Apr;4(1):84–90. doi: 10.1038/kisup.2014.16.

Thorne C A, Hanson A J, Schneider J, Tahinci E, Orton D, Cselenyi C S, Jernigan K K, Meyers K C, Hang B I, Waterson A G, Kim K, Melancon B, Ghidu V P, Sulikowski G A, LaFleur B, Salic A, Lee L A, Miller III D M, Lee E. Small-molecule inhibition of Wnt signaling through activation of casein kinase 1 α . *Nat Chem Biol.* 2010 Nov;6(11):829–836. doi: 10.1038/nchembio.449.

Wang C, Zhu H, Sun Z, Xiang Z, Ge Y, Ni C, Luo Z, Qian W, Han X. Inhibition of Wnt/beta-catenin signaling promotes epithelial differentiation of mesenchymal stem cells and repairs bleomycin-induced lung injury. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2014 Aug 1;307(3):C234–C244. doi: 10.1152/ajpcell.00160.2014.

Xiao L, Zhou D, Tan R J, Fu H, Zhou L, Hou F F, Liu Y. Sustained Activation of Wnt/beta-catenin Signaling Drives AKI to CKD Progression. *J Am Soc Nephrol.* 2016 Jun;27(6):1727–1740. doi: 10.1681/ASN.2015040449.

BÖLÜM 5

VETERİNER HEKİMLİĞİNDE ELEKTROKEMOTERAPİ

EYÜP TOLGA AKYOL¹

Giriş

Elektroporasyon (EP), hücre zarlarının geçirgenliğini artıran fiziksel bir yöntem olup, son yıllarda kanser tedavisinde giderek artan bir ilgi görmektedir. Elektrokemoterapi (EKT), bu fiziksel yöntemi kullanarak hidrofilik antitümör ilaçların hücre içine alımını artırır ve sitotoksik etkilerini büyük ölçüde güçlendirir. EKT hem insan hekimliğinde hem de veteriner hekimliğinde etkili olduğu kanıtlanmış bir yaklaşımdır (Holanda & ark., 2025:1; Marty & ark., 2006:3).

EKT'nin temel konsepti, sitotoksik bir ilacın intratümoral (IT) veya intravenöz (IV) yolla sistemik olarak verilmesini takiben, tedavi alanına lokal olarak elektrik atımlarının uygulanmasıyla hücre zarının geçirgenleştirilmesine dayanır. EKT, ilk olarak 1991 yılında Mir ve arkadaşları tarafından yayımlanan klinik deneme ile antitümör tedavi olarak literatüre girmiş ve 2006 yılında Elektrokemoterapiye İlişkin Avrupa Standart Çalışma Prosedürleri

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Balıkesir Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Cerrahi Anabilim Dalı
Orcid: 0000-0002-9775-7557

(ESOPE) protokollerinin yayımlanmasıyla standart bir tedavi haline gelmiştir (Mir & ark., 1991:613; Marty & ark., 2006:3).

Veteriner onkolojisinde EKT, çeşitli kanser tipleri için geçerli bir yardımcı veya alternatif tedavi seçeneği olarak giderek artan bir şekilde kullanılmaktadır (Spugnini & Baldi, 2019:967; Ramos & ark., 2024:311).

EKT'nin veteriner hekimliğinde cazip bir seçenek olmasının temel nedenleri şunlardır (Holanda & ark., 2025:1; Lowe, 2016:437):

- Etkinlik ve Yerel Kontrol: EKT, yüzeysel veya deri altı tümörlerin (birincil veya metastatik) tedavisinde yüksek yanıt oranları göstermektedir. Köpeklerde mast hücreli tümörlerde (MCT) ve kedilerde yassı hücreli karsinomlarda (SCC) yüksek etkinliği bildirilmiştir.
- Düşük Toksisite: Tedavide düşük dozlarda sitotoksik ilaçlar kullanıldığı için sistemik yan etkiler ihmal edilebilir düzeydedir.
- Minimal İnvazivlik: Özellikle cerrahi eksizyonun işlev kaybına veya kozmetik sorunlara yol açacağı bölgelerde (ekstremiteler, baş/boyun bölgesi) koruyucu bir tedavi olarak görülebilmektedir.
- Tekrarlanabilirlik: EKT seansları gerektiğinde tekrarlanabilir ve nükseden tümörlerde de etkili olabilir.

Bununla birlikte, EKT'nin standart uygulaması, elektrik atımlarının kas kasılmasına ve ağrıya neden olması sebebiyle lokal veya bölgesel anestezinin yanı sıra genellikle genel anestezi gerektirir. Bazı durumlarda bilinçli hayvanlar mevcut elektrik tedavilerini ağır sedasyon ve lokal anestezi altında dahi tolere etmede güçlük yaşayabilir ve bu durum genel anestezi risklerini beraberinde getirebilir.

Yeni geliştirilen yüksek frekanslı EKT protokolleri (H-FECT) bu zorluğu aşmayı hedefleyerek, daha az rahatsızlığa ve kas kasılmasına neden olurken tedavi etkinliğini sürdürme potansiyeli sunmaktadır. H-FECT protokollerinin, hafif sedasyon altındaki bilinçli kedi ve atlar üzerinde yapılan pilot çalışmalarda fark edilebilir kas kasılmasına neden olmadığı ve kısmi veya tam yanıtlara yol açtığı görülmüştür (De Caro & ark., 2025:113592). Bu, EKT'nin genel anestezi ihtiyacını ortadan kaldırarak veteriner hekimliğinde uygulanabilirliğini önemli ölçüde artıracak bir gelişme olarak karşımıza çıkmaktadır.

Mekanizma ve Prensipleri

Kemoterapi ilaçlarının sitotoksik etkisini büyük ölçüde artırmak için hücre zarlarının geçirgenliğini fiziksel bir yöntemle geçici olarak değiştiren, lokal bir antitümör tedavisidir ve başarısı, yalnızca hücre içi ilaç konsantrasyonunu artırmasına değil, aynı zamanda tümör çevresindeki ek biyolojik mekanizmalara da dayanmaktadır (Ramos & ark., 2024:311).

Elektroporasyon ve Hücre Membranı Geçirgenliği

EKT'nin temel mekanizması, EP olarak bilinen fiziksel bir olaya dayanır; bu, hücre zarlarına yeterli genlikte spesifik elektriksel atımlar uygulandığında, zarın elektriksel olarak aracılık edilen geçici bir yeniden düzenlenmesidir (Cemazar & ark., 2001:565; Ramos & ark., 2024:311). Bu süreç, hücre zarı lipid çift katmanında oluşan geçici elektrogözenekler oluşmasına yol açar (Holanda & ark., 2025:1).

Hücre dışı elektrik alanına maruz kalan hücrede, zar boyunca bir transmembran potansiyeli (TMP) indüklenir. Bu indüklenen TMP yaklaşık 200 mV'lik kritik bir eşiği aştığında zar geçirgenliği

artar ve EP meydana gelir (Holanda & ark., 2025:1). Elektrik atımlarının yoğunluğuna, süresine ve sayısına bağlı olarak iki ana tip EP ortaya çıkar:

Geri Dönüşümlü Elektroporasyon (RE): EKT'nin temel prensibi olan RE, hücrenin canlılığını koruduğu ve zarar atımlar kesildikten sonra eski durumuna geri döndüğü geçici bir geçirgenlik artışıdır. Klinikte kullanılan standart prosedürler (ESOPE), genellikle 100 µs süreli 8 elektrik atımı (tek fazlı kare dalga) içerir ve bu atımlar 1 Hz veya 5 kHz frekansında uygulanır. RE'nin temel amacı, normalde hücre içine zorlukla giren hidrofilik moleküllerin sitoplazmaya kütsel girişine izin vermektir (Mir & ark., 2006:14).

Geri Dönüşümsüz Elektroporasyon (IRE): Daha yüksek yoğunluklu veya çok sayıda elektrik atımı uygulandığında, hücre zarı kalıcı olarak hasar görür, bu da hücre ölümüne yol açar (Holanda & ark., 2025:1). IRE, derin yerleşimli tümörlerin ablasyonu için kullanılır ve hücre zarı kalıcı olarak değiştiği için hücrenin hayatta kalması engellenir.

Kas kasılması ve ağrıyı aşmak amacıyla, yüksek frekanslı EKT (H-FECT) protokolleri geliştirilmiştir; bu protokoller, 5000 Hz'nin üzerindeki yüksek atım tekrarlama hızlarında ve 11 µs'nin altındaki kısa atım sürelerinde uygulanarak, tedavi etkinliğini korurken kas kasılması ve ağrıyı önemli ölçüde azaltmaktadır. H-FECT protokollerinin etkinliği, standart ESOPE protokolleriyle benzer etkinliği sahiptir (De Caro & ark., 2025:113592).

Sitotoksik İlaçların Potansiyelizasyonu

EKT'nin antitümör etkisinin ana kaynağı, EP yoluyla sitotoksik ilaçların hücre içine alınımının artırılmasıdır. Bu, lipofobik ilaçların hücre içi konsantrasyonunu, sistemik konsantrasyonu artırmaya gerek kalmadan önemli ölçüde yükseltir (Spugnini & ark.,

2012:829). Artan hücre içi ilaç miktarı, ilacın sitotoksik etkisini katlanarak güçlendirir ve sistemik yan etkilerin minimal düzeyde kalmasını sağlar.

EKT’de kullanılan başlıca sitotoksik ajanlar şunlardır:

Bleomisin: Bu ilaç, doğal olarak lipofobik bir yapıya sahiptir ve hücre zarına girmesi, taşıyıcı proteinler aracılığıyla sınırlıdır (Spugnini & ark., 2012:829; Spugnini & ark., 2015:43). EP, bleomisinin hücre içine alımını 700 kata kadar (Spugnini & ark., 2012:829; Cemazar & ark., 2001:565; Ramos & ark., 2024:311) artırabilir. Yüksek miktarda hücre içine giren bleomisin, DNA’da tek ve çift sarmal kırılmalara yol açarak hücre ölümünü tetikler. Bleomisinin hücre içine masif girişi, hücre ölümünün apoptoz yoluyla gerçekleşmesine neden olur (Spugnini & ark., 2015:43).

Sisplatin: Düşük geçirgenliğe sahip bir ilaç olan sisplatinin sitotoksitesi de EKT ile artırılır (Spugnini & ark., 2012:829; Ramos & ark., 2024:311). EKT, sisplatinin hücre içine alımını 70 kata kadar artırabilir (Cemazar & ark., 2001:565; Holanda & ark., 2025:1). DNA bazları ile çapraz bağlanmalar oluşturarak hücre ölümüne neden olur (Spugnini & ark., 2015:43; Ramos & ark., 2024:311).

Diğer Ajanlar: Kalsiyum, EKT’de potansiyelize edici bir ajan olarak test edilmiştir ve tümör nekrozuna neden olduğu gösterilmiştir (Ramos & ark., 2024:311; Falk & ark., 2018:311). Ayrıca mitoksantron ve karboplatin gibi ajanlar da EKT ile birlikte kullanılabilen ilaçlar arasındadır.

Vasküler Kilit Etkisi ve İmmün Yanıt

EKT’nin antitümör etkinliği, sadece ilaçların hücre içine alımının artırılmasıyla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda iki önemli dolaylı mekanizmayı içerir: vasküler kilit etkisi ve immün yanıtın uyarılması (Ramos & ark., 2024:311).

Vasküler Kilit Etkisi: Elektriksel atımların uygulanması, tümör çevresindeki perfüzyonda anlık ve geri dönüşümlü bir azalmaya neden olan vazokonstriksiyona yol açar; bu etki vasküler kilit olarak adlandırılır. Bu fenomen, tümör kan akışında yaklaşık %80’lik bir düşüşe neden olur (Ramos & ark., 2024:311).

Vasküler kilit etkisinin temel katkıları şunlardır (Holanda & ark., 2025:1; Ramos & ark., 2024:311):

- İlaç Tutulması: Kan akışındaki azalma, ilacın elektroporasyon uygulanan tümör alanında uzun süre (birkaç saate kadar) tutulmasını sağlar.
- Hemoraji Önleme: Vazokonstriksiyon, prosedür sırasında kanamayı önler.
- Hipoksi: Kan akışındaki azalma, tümörün beslenmesini engelleyerek, tümör hücrelerinin nekroz yoluyla ölümüne katkıda bulunur.

Ayrıca, elektriksel atımlar tümör kan damarlarının endotel hücrelerinin geçirgenliğini de artırarak damar yapısını doğrudan bozar ve antitümör etkinliğe katkıda bulunur (Cemazar & ark., 2001:565; Ramos & ark., 2024:311).

İmmün Yanıt: EKT’nin tümör kontrolündeki bir diğer kritik bileşeni, immün sistemin aktive edilmesidir (Ramos & ark., 2024:311; Calvet & Mir, 2016:165).

EKT, tümör hücrelerinin İmmünojenik Hücre Ölümü (ICD) ile ölmesini sağlayarak bağışıklık sistemini uyarır. Bu süreçte, bağışıklık sistemi için tehlike sinyali görevi gören Hasarla İlişkili Moleküler Yapılar (DAMP’ler) açığa çıkar. Bu DAMP’lerin salınması, antijen sunan hücrelerin tümör bölgesine göçünü ve tümör antijenlerini tanıma ve sunma sürecini hızlandırır, bu da kalan tümör hücrelerine karşı sistemik bir antikanser immün yanıtın oluşmasına yol açabilir (Ramos & ark., 2024:311).

Uygulama Protokolleri

Uygulama başarısı, kullanılan elektriksel parametrelerin, seçilen cihaz ve elektrotların tümörün anatomik özelliklerine uygunluğuna ve sitostatik ilaçların doğru doz ve yolla uygulanmasına bağlıdır (Cemazar & ark., 2001:565; Ramos & ark., 2024:311).

Standart Operasyon Prosedürleri (ESOPE): Klinik EKT uygulamaları, 2006 yılında yayımlanan ve hem insan hem de veteriner hekimliğinde standart kabul edilen ESOPE protokollerine dayanmaktadır (Marty & ark., 2006:3; Gehl & ark., 2018:874; Mir & ark., 2006:14).

ESOPE protokollerinde kullanılan temel elektriksel parametreler şunlardır (Mir & ark., 2006:14; Ramos & ark., 2024:311):

- Atım Tipi ve Sayısı: Genellikle, her biri 100 μ s süreli 8 adet tek fazlı (monofazik) veya çift fazlı (bifazik) elektrik atımı uygulanır.
- Voltaj Yoğunluğu: Etkili EP sağlamak için elektrotlar arası mesafe başına 1000-1300 V/cm arasında bir voltaj/mesafe oranı kullanılır.
- Frekans: Atım tekrarlama hızı genellikle 1-500 0Hz olarak ayarlanır.

Yüksek Frekanslı Elektrokemoterapi (H-FECT) Protokolleri: Bu protokoller, kas kasılmasını ve ağrıyı önemli ölçüde azaltırken, ECT'nin antitümör etkinliğini korumayı hedefler.

H-FECT protokolleri, standart protokollere kıyasla şu farklı parametreleri kullanır (De Caro & ark., 2025:113592):

- Atım Süresi ve Frekansı: Atım tekrarlama hızları 5000 Hz'in üzerinde (2 MHz'e kadar) ve atım süreleri 11 μs 'nin altında (0.5 μs 'ye kadar). Bu yüksek frekanslı, kısa süreli atımlar kas kasılmasına yol açan sinir uyarımını en aza indirir.
- Elektrot Düzeni: H-FECT, doku içinde daha geniş ve homojen bir alan dağılımı sağlamak için dönen elektrik alanı sağlayan çok kutuplu elektrot dizileri kullanır.
- Veteriner Klinik Uygulamaları: Hafif sedasyon altındaki bilinçli kediler ve atlar üzerinde yapılan pilot çalışmalar, H-FECT protokollerinin fark edilebilir kas kasılmasına neden olmadığını ve kısmi veya tam yanıtlar elde edildiğini göstermiştir.

Elektropulasyon Cihazları ve Elektrot Seçimi

EKT uygulamasında elektriksel atımları oluşturan cihazlara elektroporator denir. Cihazın, atım sırasında voltajı koruyabilmesi için yeterli maksimum akımı (genellikle 35 A civarında) sağlayabilmesi gerekir. Elektrot seçimi, tümörün boyutuna, derinliğine ve bulunduğu bölgeye göre yapılır.

İğneli (İnvaziv) Elektrotlar: Hacimli, derin veya invaziv tümörlerin tedavisinde tercih edilir. Köpek ve kedi derileri, yüksek elektriksel dirence sahiptir. İğneli elektrotlar, deriyi aşarak elektrik alanını doğrudan tümör seviyesinde homojen bir şekilde dağıtır. Tipik olarak, iki paralel sıra halinde düzenlenmiş (genellikle 6 mm aralıklarla) ve uzunlukları 1-2,5 cm arasında değişen iğneler kullanılır. Yumuşak doku sarkomları, mast hücreli tümörler ve intranazal tümörler için uygundur. Tümör kalınlığı, iğnenin iletken kısmının uzunluğundan fazla ise, nüks riskini azaltmak için

sitoredüktif cerrahi sonrası EKT uygulanması veya ek seanslar planlanması önerilebilir (Holla Holanda & ark., 2025:1; Ramos & ark., 2024:311).

Plaka (Non-İnvaziv) Elektrotlar: Yüzeysel veya ekzofitik tümörlerin tedavisinde kullanılır (Cemazar & ark., 2001:565; Holanda & ark., 2025:1). Tedavi derinliği sınırlıdır. 4 mm aralıklı plakalarla dahi maksimum tedavi derinliği 3 mm'den azdır. Elektrot ile cilt arasındaki teması optimize etmek ve elektrik alanının dağılımını iyileştirmek için elektriksel olarak iletken jel kullanılması gerekir. Göz kapakları ve kulak kepçesi gibi hassas veya ince anatomik bölgelerin tedavisinde, doku iki plaka arasına alınarak kullanılabilir (Holanda & ark., 2025:1).

Kullanılan Sitostatik Ajanlar

EKT'de kullanılan ilaçlar, yapılarından dolayı normalde hücre zarından zorlukla geçerler ve EP yoluyla sitotoksik etkileri katlanarak artırılır (Holanda & ark., 2025:1; Ramos & ark., 2024:311).

Bleomisin (BLM): EKT ile hücre içi alımı artırılabilen en sık kullanılan ajandır (Ramos & ark., 2024:311; Spugnini & ark., 2015:43). DNA'da kırılmalar oluşturarak hücre ölümüne neden olur (Spugnini & ark., 2015:43). Bölünmeye çalışan hücrelere seçici olarak etki ettiği için normal hücreleri korur. Hem IV hem de IT yolla uygulanabilen ajandır. Köpekler için kümülatif doz sınırının aşılması pulmoner fibrozis riskini artırır (Ramos & ark., 2024:311).

Sisplatin (CDDP): EKT, sisplatinin hücre içine alımını artırır (Cemazar & ark., 2001:565; Holanda & ark., 2025:1). DNA bazlarıyla çapraz bağlanmalar oluşturarak sitotoksik etki gösterir (Ramos & ark., 2024:311). Sistemik toksisitesi nedeniyle veteriner

hekimliğinde (özellikle kedilerde ölümcül pulmoner ödem riski nedeniyle yalnızca IT yolla kullanılır (Spugnini & ark., 2011:152).

İlaç Uygulama Yolları ve Zamanlaması

IV yol, büyük ve çoklu lezyonlar için tercih edilen yoldur. Bleomisin'in tedavi alanında homojen dağılımını salar ve IT uygulamada oluşabilecek ilaç sızıntısı riskini önler. Genellikle 15000 IU/m^2 BSA (Vücut Yüzey Alanı) dozunda bolus olarak verilir. Elektriksel atımlar, ilacın tümöre ulaşması için geçen sürenin ardından, yani IV uygulamadan 5-8 dakika sonra başlatılmalıdır ve 40 dakikaya kadar sürebilir. Bu süre zarfında tümörlerin elektriksel atımla tedavi edilmesi gerekir (Holanda & ark., 2025:1 Tellado, Mir & Maglietti, 2022:868989).

IT yol ile sisplatin veya bleomisin, özellikle küçük tümörler veya sistemik IV uygulamanın mümkün olmadığı durumlar için kullanılır (Tellado, Mir & Maglietti, 2022:868989; Ramos & ark., 2024:311). Genellikle sisplatin, 1 mg/cm^3 tümör hacmi dozunda kullanılır. Bleomisin, 250 IU/cm^3 tümör hacmi dozunda uygulanır (Tellado, Mir & Maglietti, 2022:868989; Holanda & ark., 2025:1). İlaç dokudan hızla yayıldığı için, atımların IT uygulamadan hemen sonra (1 dakika içinde) başlatılması gerekmektedir.

Yan Etkiler

EKT, yüksek etkinlik ve düşük sistemik toksisite sunan lokal bir tedavi olmasına rağmen, tedavinin uygulanması sırasında ve sonrasında ortaya çıkabilecek belirli yan etkiler, kısıtlamalar ve anestezi yönetimi zorlukları bulunmaktadır (Spugnini & ark., 2012:829).

EKT, tedavi sırasında elektrik atımlarının uygulanmasından kaynaklanan ağrı ve kas kasılması (sinir uyarımı) nedeniyle hem insan hem de veteriner hastalarda temel bir zorluk teşkil eder (Lowe, 2016:437; De Caro & ark., 2025:113592).

Standart EKT protokolleri, uygulanan elektriksel atımların neden olduğu ağrı ve kas kasılmalarını yönetmek için genellikle lokal/bölgesel anestezinin ötesinde genel anestezi gerektirir (Ramos & ark., 2024:311; De Caro & ark., 2025:113592). Kasılmalar ve ağrı genellikle atımlar kesilir kesilmez hızla azalır. Genel anestezi zorunluluğu, özellikle atlar gibi büyük hayvanlarda önemli riskler. Bu nedenle, veteriner hekimliğinde EKT'nin uygulanabilirliği, geleneksel olarak anestezi risklerini içerir. H-FECT protokolleri, kas kasılmasını ve ağrıyı önemli ölçüde azaltarak genel anestezi gerekliliğini ortadan kaldırmayı hedefler (De Caro & ark., 2025:113592).

EKT'nin toksisitesi genellikle düşüktür ve çoğunlukla lokal etkilerle sınırlıdır (Ramos & ark., 2024:311). Tedaviden hemen sonra eritem ve ödem/inflamasyon görülebilir; bu belirtiler geçicidir ve genellikle 1 ila 3 gün içinde kaybolur (Holanda & ark., 2025:1). Hastalar hafif kaşıntı veya rahatsızlık yaşayabilir. EKT'nin en belirgin lokal sonucu tümör nekrozudur. Bu durum başarılı tedavinin bir sonucudur. Nekroz, bir hafta içinde kabuk oluşumuna yol açar ve bu kabuk, tam yanıt durumunda genellikle 5 hafta içinde düşer (Holanda & ark., 2025:1). Tümör nekrozu, büyük tümörlerde daha yaygın ve şiddetli olabilir. Adjuvan ECT uygulanan cerrahi bölgelerde, özellikle büyük yumuşak doku sarkomlarında, yara ayrılması ve gecikmiş iyileşme gibi komplikasyonlar gözlenebilir. Tedavi edilen alanda geçici veya kalıcı alopesi ve hipopigmentasyon veya hiperpigmentasyon görülebilir (Ramos & ark., 2024:311). Büyük tümörlerde, özellikle tüm doku kalınlığını etkileyen lezyonlarda, yoğun nekroz sonucu fistül oluşumu veya doku kaybı riski vardır, bu da rekonstrüktif cerrahi gerektirebilir.

EKT, sitotoksik ilaçların sistemik konsantrasyonunu artırmadan hücre içi konsantrasyonunu yükselttiği için sistemik yan etkiler minimum düzeydedir. IT yol ile verilen sisplatin veya bleomisine bağlı sistemik toksisite gözlenmemiştir. Bununla birlikte, nadiren EKT uygulanan kedilerde hafif nötropeni gelişebilir. Sisplatin, kedilerde ölümcül pulmoner ödeme neden olma potansiyeli nedeniyle IV yolla kontrendikedir ve sadece IT olarak uygulanmalıdır (Ramos & ark., 2024:311).

Kontrendikasyonlar

EKT'nin etkinliği, tümörün biyolojik ve anatomik özelliklerine göre değişir ve bazı durumlar tedavi için kısıtlayıcı faktörler veya kontrendikasyonlar oluşturur (Holanda & ark., 2025:1).

EKT, birincil olarak lokal bir terapi olduğu için uzak metastazların varlığı bir kısıtlamadır. Tümör boyutu tedavi başarısını güçlü bir şekilde etkiler; genellikle 2-3 cm³'ten küçük tümörler EKT'ye daha iyi yanıt verir (Ramos & ark., 2024:311). Büyük tümörler, genellikle kısmi yanıt verir ve daha fazla nekroz gibi komplikasyonlar ile karşılaşılabilir. Kemik dokusu gibi derin veya ulaşamayan dokulara infiltrate olan tümörler EKT'ye daha düşük yanıt verir. Elektrotlar yeterli alan gücünü bu bölgelere ulaştıramaz. Retro-orbital bölge veya paranasal sinüsler gibi standart elektrotlarla erişilemeyen yerlerdeki tümörler, tedavi başarısızlığı riski taşır.

Köpekler için maksimum kümülatif bleomisin dozu 200000 IU/m²'dir (Ramos & ark., 2024:311). Bu doza ulaşan veya pulmoner fibrozis riski taşıyan hastalar, bleomisin yerine sisplatin (kediler hariç) veya kalsiyum ile tedavi edilmelidir.

Larenks veya ağız/dilin arka kısmına yakın tümörler, tedavi sonrası ödem nedeniyle solunum yolu tıkanıklığı riski taşır ve bu

durumda cerrahi küçültme veya geçici/kalıcı trakeostomi gerekebilir. Dil tümörleri, yoğun vasküler obstrüksiyon nedeniyle rostral kısımda nekroz riski taşır. Gebelik veya laktasyon, kullanılan kemoterapi ajanlarına aşırı duyarlılık veya alerji varlığı kontrendikasyonlardır. Ayrıca, kardiyak ve böbrek fonksiyonları da anestezi ve ilaç seçimi açısından değerlendirilmelidir (Tellado, Mir & Maglietti, 2022:868989).

Kaynakça

- Calvet, C. Y., & Mir, L. M. (2016). The promising alliance of anti-cancer electrochemotherapy with immunotherapy. *Cancer and Metastasis Reviews*, 35(2), s. 165-177. doi:10.1007/s10555-016-9615-3
- Cemazar, M., Parkins, C. S., Holder, A. L., Chaplin, D. J., Tozer, G. M., & Sersa, G. (2001). Electroporation of human microvascular endothelial cells: evidence for an anti-vascular mechanism of electrochemotherapy. *British Journal of Cancer*, 84(4), s. 565-570. doi:10.1054/bjoc.2000.1625
- De Caro, A., Leroy, J., Royant, L., Sayag, D., Marano, I., Lallemand, E., . . . Golzio, M. (2025). New effective and less painful high frequency electrochemotherapy protocols: From optimization on 3D models to pilot study on veterinary patients. *Journal of Controlled Release*, 381, s. 113592. doi:10.1016/j.jconrel.2025.113592
- Falk, H., Matthiessen, L. W., Wooler, G., & Gehl, J. (2018). Calcium electroporation for treatment of cutaneous metastases; a randomized double-blinded phase II study, comparing the effect of calcium electroporation with electrochemotherapy. *Acta Oncologica*, 57(3), s. 311-319. doi:10.1080/0284186X.2017.1355109
- Gehl, J., Sersa, G., Matthiessen, L. W., Muir, T., Soden, D., Icchini, A., . . . Mir, L. M. (2018). Updated standard operating procedures for electrochemotherapy of cutaneous tumours and skin metastases. *Acta Oncologica*, 57(7), s. 874-882. doi:10.1080/0284186X.2018.1454602
- Holanda, A. G., Rangel, M. M., Queiroz, G. F., & Matera, J. M. (2025). Electrochemotherapy in Small Animal Oncology:

Practical Principles and Clinical Applications. *Bioelectricity*, s. 1-15. doi:10.1089/bioe.2025.0011

- Lowe, R. J. (2016). Benefits and Side-Effects of Electrochemotherapy in Veterinary Patients. T. Jarm, & P. Kramar (Dü.), *1st World Congress on Electroporation and Pulsed Electric Fields in Biology, Medicine and Food & Environmental Technologies*. içinde 53, s. 437-440. Singapore: Springer Singapore. doi:10.1007/978-981-287-817-5_95
- Marty, M., Sersa, G., Garbay, J. R., Gehl, J., Collins, C. G., Snoj, M., . . . Mir, L. M. (2006). Electrochemotherapy – An easy, highly effective and safe treatment of cutaneous and subcutaneous metastases: Results of ESOPE (European Standard Operating Procedures of Electrochemotherapy) study. *European Journal of Cancer Supplements*, 4(11), s. 3-13. doi:10.1016/j.ejcsup.2006.08.002
- Mir, L. M., Belehradek, M., Domenge, C., Orlowski, S., Poddevin, B., Belehradek, J., . . . Paoletti, C. (1991). Electrochemotherapy, a new antitumor treatment: first clinical trial. *Comptes rendus de l'Academie des sciences. Serie III, Sciences de la vie*, 313(13), s. 613-618.
- Mir, L. M., Gehl, J., Sersa, G., Collins, C. G., Garbay, J., Billard, V., . . . Marty, M. (2006). Standard operating procedures of the electrochemotherapy: Instructions for the use of bleomycin or cisplatin administered either systemically or locally and electric pulses delivered by the Cliniporator™ by means of invasive or non-invasive electrodes. *European Journal of Cancer Supplements*, 4(11), s. 14-25. doi:10.1016/j.ejcsup.2006.08.003

- Ramos, S. C., Dias-Pereira, P., Luís, A. L., MacFarlane, M., & Santos, A. A. (2024). Electrochemotherapy in dogs and cats– A review. *Veterinary and Comparative Oncology*, 22(3), s. 311-321. doi:10.1111/vco.12980
- Spugnini, E. P., & Baldi, A. (2019). Electrochemotherapy in Veterinary Oncology. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 49(5), s. 967-979. doi:10.1016/j.cvsm.2019.04.006
- Spugnini, E. P., Fanciulli, M., Citro, G., & Baldi, A. (2012). Preclinical Models in Electrochemotherapy: The Role of Veterinary Patients. *Future Oncology*, 8(7), s. 829-837. doi:10.2217/fon.12.64
- Spugnini, E. P., Renaud, S. M., Buglioni, S., Carocci, F., & Dragonetti, E. (2011). Electrochemotherapy with cisplatin enhances local control after surgical ablation of fibrosarcoma in cats: an approach to improve the therapeutic index of highly toxic chemotherapy drugs. *Journal of Translational Medicine*, 9(1), s. 152. doi:10.1186/1479-5876-9-152
- Spugnini, E., Azzarito, T., Fais, S., Fanciulli, M., & Baldi, A. (2015). Electrochemotherapy as First Line Cancer Treatment: Experiences from Veterinary Medicine in Developing Novel Protocols. *Current Cancer Drug Targets*, 16(1), s. 43-52. doi:10.2174/156800961601151218155340
- Tellado, M., Mir, L. M., & Maglietti, F. (2022). Veterinary Guidelines for Electrochemotherapy of Superficial Tumors. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, s. 868989. doi:10.3389/fvets.2022.868989

SPLENEKTOMİ

BÖLÜM 6

İlker ŞEN¹

Batuhan Çağrı DARICI²

DALAK CERRAHİSİ

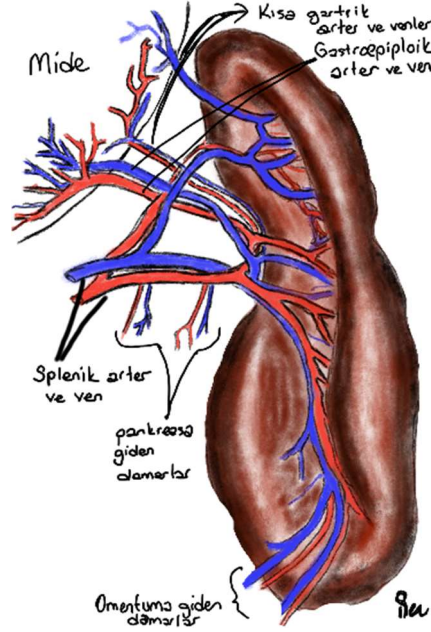
Giriş

Dalak lenfoid organlardan biridir. Karın boşluğu içerisinde sol üstte cranial kadranda diyaframın hemen arkasında, ligamentum gastrosplenicum aracılığıyla mideye bağlantılı şekilde bulunur. Konumu bazen karın içi organların hareketliliğine göre değişiklik gösterebilir. Dalak şekil, büyüklük ve konum olarak fizyolojik durum, tür, ırk, ilaç kullanımı ve bazı patolojilere göre değişiklik göstermektedir. Sağlıklı bir dalak kıvamlı ve koyu kırmızı renktedir. Bazen yüzeyinde beyaz fibrin odaklarına rastlanabilir. Türler göre şekli de farklılık gösterir.

¹ Doç. Dr., Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Veterinerlik Cerrahisi, ORCID: 0000-0001-8288-4871

² Vet. Hekim, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, ORCID: 0009-0008-9399-3350

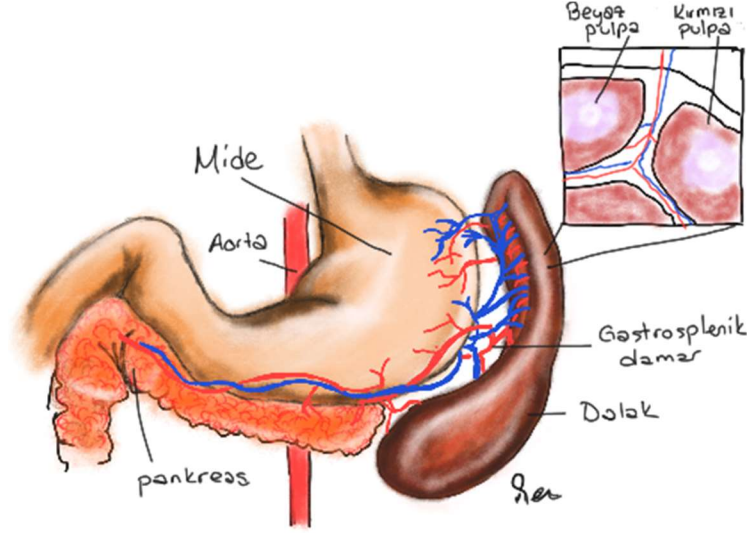
Carnivorlarda bota benzer bir yapıda iken, atlarda orağı andıran bir şekildedir. Domuzlarda görünüşü dile, sığırlarda kayışa küçük ruminantlarda ise yaprağa benzer bir şekilde yer alır. Dalak yassı ve uzun bir organdır (Şekil 1) (Dursun,2018; König,2019).



Şekil 1. Dalağın yapısı.

Yapısal olarak elastik olup düz kas liflerinden meydana gelmiş bir kapsülü ve bu kapsülden orijin alan bağ doku trabekülleri mevcuttur. Bu yapıların içini ise parankim dokusu doldurur. İşlevsel olarak dalağın beyaz ve kırmızı pulpa olmak üzere iki kısmı vardır (Şekil 2). Dalağın parankimi olan kırmızı ve beyaz pulpa, farklı işlevlere sahiptir. Beyaz pulpa, dolaşımla gelen antijenleri tanıyan ve bağışıklık yanıtı oluşturan lenfoid dokudur. Bu bölgede B ve T

lenfositlerinin çoğalması ve özellikle immünoglobulin M üretimi gerçekleşir. Kırmızı pulpa ise eritrosit ve trombositlerin depolanmasından sorumlu olduğu gibi, dolaşımdaki eski veya hasarlı kan hücrelerini, bakterileri ve diğer partikülleri elimine eden bir filtre görevi görür (König,2019; Williams,2015).



Şekil 2. Dalağın komşu organlarla birlikte abdomende yerleşimi ve Beyaz-Kırmızı Pulpanın yapısı.

Dalak, bağışıklık sistemi üzerinde önemli etkiler gösterir. Stres, hipovolemi veya hipokalsemi gibi durumlarda kasılarak depolanan kanın dolaşıma verilmesini sağlar. Ayrıca doğum sonrası normalde kemik iliği tarafından sürdürülen kan hücresi üretimi (hemopoez) bazı patolojik koşullarda (örneğin miyeloproliferatif hastalıklar,

hemolitik anemiler, kronik enfeksiyonlar) dalağın sınırlı düzeyde bu süreci tekrar üstlenmesine neden olabilir (Lewis & ark.,2019).

Dalak kontraktıl bir kapsülle çevrilidir ve her biri farklı amaçları yerine getiren farklı mikroanatomik bölgelere ayrılmıştır. Dalağın lenfoid kısmı olan beyaz pulpa dalak arteriyel beslenmesinin daha küçük dallarını kaplar ve iç T hücre bölgelerini çevreleyen periferel B hücre folikülleri ile lenf düğümlerini andıran bir şekilde organize olur. Dalakta afferent lenfatik damarlar bulunmadığından hücreler ve antijenler beyaz pulpaya kan yoluyla ulaşır. Beyaz pulpa dalağın lenfoid ve lenfoid olmayan kısımlarını ayıran marjinal zon ile çevrilidir. Dalağa giren arteriyel kanın çoğu marjinal zon içinden akarak marjinal zonü çevreleyen fibroblastik dokuya bağlanan marjinal bir sinüse dökülür. Bu nedenle marjinal zon kan taramasında ve hücrelerinin organa taşınmasında önemli bir rol oynar. Arteriyel kanın geri kalanı açık uçlu kapiller damarlar tarafından kırmızı pulpa kordonlarına boşaltılır. Fibroblastlar ve retiküler liflerden oluşan karmaşık bir ağ açık kan dolaşımının yapısal çerçevesini oluşturur. Kan dolaşımı daha sonra venöz sinüsler adı verilen kendine özgü yapılara girer. Kordonların retiküler ağ örgüsünün ve sinüslerin spesifik mimarisi kırmızı pulpadaki yaşlanmış kırmızı kan hücrelerinin seçici olarak uzaklaştırılmasını sağlar (Moore,2014).

Dalak bağışıklık fonksiyonunun yanı sıra demir homeostazı gibi diğer önemli fizyolojik süreçlerde de rol oynar. Yaşlanmış ya da

yırtılmış kırmızı kan hücreleri dalakta tutulur ve bunların hemoglobin içeriği eritropoez için gereken demirin çoğunu sağlayan serbest demire metabolize edilir. Erişkin dalağı ekstramedüller hematopoez için de önemli bir bölgedir. Enfeksiyon anemi ve genetik kan bozuklukları durumlarında veya gebelik sırasında kemik iliğinden mobilize edilen hematopoetik kök hücreler yeni oluşan dalak nişlerine göç eder ve burada farklı kan hücrelerine dönüşürler. Dalak aynı zamanda monositler, trombositler, plazmablastlar, uzun ömürlü hafıza B hücreleri ve kırmızı kan hücreleri için bir hücre rezervuarı görevi görür. Kanama, akut fizyolojik stres (“savaş ya da kaç” reaksiyonu) ya da suda yaşayan memeli hayvanlarda apneik dalış sırasında dalağın kasılması, sistemik kırmızı kan hücrelerinin ve trombositlerin sayısını artırır. Son olarak, dalak monositlerinin hızla yayılması iskemik miyokardiyal hasara yanıt olarak etkilenen kalp dokusunun iyileşmesine katılır. Dalağın uygun şekilde çalışması, birlikte hareket eden çeşitli hücrelere bağlıdır. Son kanıtlar fibroblastların ve makrofajların doku homeostazı için çok önemli olan çift yönlü etkileşime girdiğini göstermektedir (Bellomo & ark.,2021).

DALAĞA CERRAHİ YAKLAŞIMLAR

Pre-operatif Yönetim

Cerrahi müdahale gerektiren dalak bozuklukları olan hayvanlarda genel ve fokal splenomegali veya her ikisi birden

izlenebilir. Yaygın (simetrik) splenomegali; konjesyon (yani dalak torsiyonu, sağ kalp yetmezliği, mide dilatasyonu/volvulus [GDV] ve ilaçlar), enfeksiyona bağlı infiltrasyonlar (örneğin mikotik, bakteriyel ve riketsiyal), yabancı cisimler, immün aracılı hastalıklar (örneğin immün aracılı trombositopeni ve immün aracılı hemolitik anemi) ve neoplazmlar (örneğin lenfosarkom, histiyositik sarkom ve kedi mastositozu) neden olabilir (Dobson & ark.,2006). Benign lezyonlar (nodüler rejenerasyon, hematoma ve travma) ve neoplastik oluşumlar (hemangiosarkom ve lenfoma) fokal splenomegaliye neden olabilir. Neoplaziye bağlı infiltratif splenomegali köpek ve kedilerde spontan (noniyatrojenik) splenomegalinin en yaygın nedenlerinden biridir. Dalak travmasına bağlı kanama veya bunla bağlantılı gelişen hematomun yırtılması ayrıca altta yatan hastalığa bağlı olarak şekillenen kanama (kronik enfeksiyon, immün aracılı hastalık veya yaygın damar içi pıhtılaşma [DIC- Disseminated Intravascular Coagulation]) nedeniyle anemi mevcut olabilir. Travma geçmişi olmadığından emin olunan hayvanların pıhtılaşma faktörleri ölçülüp değerlendirilmelidir. Splenektomi yapılırken kan transfüzyonu için tam kan ve eritrosit süspansiyonu (PRBC) hazır olarak bulundurulmalıdır (Fossum,2018; Richer,2018). Bir çalışmada dalaklarında kitleler nedeniyle splenektomi operasyonu yapılan 542 köpekten 240'ına kan transfüzyonu uygulanmıştır ve bu uygulamanın yaşamsal faaliyetlere geri dönüş için önemli olduğu vurgulanmıştır (Lynch & ark.,2015). PCV (Hct) seviyesi %20 altında

olan ve HGB seviyesi 5-7 g/dL altında olan hayvanlara operasyon öncesi dönemde kan transfüzyonu uygulaması fayda sağlayabilir. Yaygın damar içi pıhtılaşma'dan şüphelenilen hayvanlarda tedavi protokolleri heparin içermesi hasta için yararlı olabilir. Operasyon öncesinde dehidre olan hayvanlara damar içi (i.v) yolla sıvılar verilmedir (Fossum,2018; Richer,2018).

Dalak Biyopsisi

Dalak biyopsisi nodüler veya fokal kitlelerin değerlendirilmesi, klinik olarak yaygın splenomegali veya anormal ultrasonografik ekojenitenin değerlendirilmesi, dalakta bulunması muhtemel metastazik lezyon şüphesinin değerlendirilmesinde endikasyon bulur (Niles, 2015).

Biyopsiler ince iğne aspirasyonu ve nüve biyopsisi yoluyla perkutan olarak ya da laparoskopik olarak yapılabilir. Ultrason eşliğinde yapılan biyopsiler teşhis amacıyla kullanılacak örneklerin perkutan yolla elde edilme olasılığını artırır. Perkutan yolla elde edilen biyopsiler çoğunlukla mastositozis ve lenfosarkom gibi diffuz lezyonlar için diagnostiktir. Fokal veya nodüler lezyonlara bu yöntemle kolay erişim sağlanamaz. Fokal veya nodüler lezyonlarda ince iğne aspirasyonu ile yapılacak (aspirat sitolojisi-bir iğne yardımıyla vücuttaki şüpheli bir dokudan hücrelerin çekilip, lam üzerine yayılması ve boyanarak mikroskop altında değerlendirilmesi) biyopsi belirleyici olabilir. Ancak aspirat

sitolojisi istenildiği kadar hassas değildir. Özellikle hemangiosarkomu hematomdan ayırt etmede duyarsızdır (Hauser, 2007).

Teknik

Splenik aspirasyon'da hayvana hafif sedasyon uygulayarak, sağ lateral veya ventrodorsal yatış pozisyonu verilir. Fenotiazin veya barbitürat içeren preperatlar sakinleştirici olarak kullanılmaktan kaçınılır çünkü splenik konjesyon kaynaklı venöz kan akımının yavaşlamasına neden olabilmektedir. Abdomenin sol yanında küçük bir bölge biyopsi için hazırlanır. Gerekli asepsi ve antisepsi koşulları sağlandıktan sonra küçük bir iğne (23 ve 25 gauj boyutlarında ya da 2,5 ila 3,8 cm uzunluğunda) ile karın duvarına girilir ve splenik arterlere zarar verilmeden iğne dalağa birkaç kez sokulur. İğnenin haznesinde kan görüldüğü zaman iğne çıkarılır ve iğnenin içerisinde bulunan içerik temiz bir lam üzerine püskürtülür (Fossum,2018).

Dalağın iğne ile aspirasyonundan sonra sonra nadiren (çoğunlukla hemangiosarkom ve diffuz lenfosarkomlu hayvanlarda) önemli bir kanama şekillenebilir. Böyle durumlarda ultrasonografinin rehberliğinde iğne aspirasyon biyopsisi kullanılabilir (Watson &ark., 2011).

Laparoskopik biyopsi yapılırken bir Veress iğnesi (kapalı teknik) kullanılarak CO₂ ile pnömoperitoneum (10-12 mm Hg) oluşturulur ya da Hasson (açık teknik) tekniği kullanılarak dişi

trokar yardımıyla abdomen içerisine girilir. Ardından laparoskopik teleskop 30° lik açıyla yerleştirilir. Elde edilen görüntü rehberliğinde iki adet ilave portal oluşturulur. İkinci portal tercihen 10 mm boyutunda, yerleşimi median hatta olacak şekilde, prepişyumun 1 cm kraniyaline yerleştirilir. Ardından hayvan sağ tarafına çevrilir ve üçüncü portal ikinci portalın 5 cm kaudolateraline yerleştirilir. Üçüncü portaldan atravmatik bir forceps ve ikinci portaldan LigaSure V (Valleylab, Boulder, Colo.) yerleştirilir. Dalağa uygulanacak manipölasyon sırasında yırtılmalara sebep olmamak için varsa dalak kitlesinin yeri belirlenir. Kavrama forcepslerini kullanarak dalağın kaudal kısmı kaldırılır ve dalağın ventral yönü gözlemlenir. Laparoskopik biyopsi forcepsi kullanılarak dalak kapsülü kavranıp bükülerek biyopsi alınacak kısma erişim sağlanır ve örnek alınır. Kanama kontrolünü sağlamak için biyopsi bölgesine emici sünger yerleştirilir. Ensizyonlar katmanlar halinde kapatılır (Collard & ark., 2010; Lipscomb, 2012; Radhakrishnan & Mayhew, 2013).

Cerrahi biyopsi esnasında fokal lezyonların biyopsisi ince iğne aspirasyonu veya bir TruCut, Jamshidi, modifiye Franklin-Silverman veya panç biyopsi ile yapılabilir. Dalağın merkezine yakın fokal lezyonları uzaklaştırmak amacıyla dalağın kapsülü ve parenşimini içine alacak genişlikte ve fokal lezyonu uzaklaştırmaya yetecek derinlikte ensizyon yapılır. Dalak kapsülündeki defekt atravmatik iğneli emilebilir 3-0 veya 4-0 dikiş materyalleri

kullanılarak basit ayrı veya matress dikişleri ile kapatılır (Fossum,2018).

Splenorafi

Splenorafi, dalak kapsülünün yüzeysel yırtıklarının sütür teknikleriyle kapatılmasıdır. Dalak kapsulasının yüzeysel yırtıklarında hemostaz sağlamak için endikedir. Dalak kapsülünde meydana gelen yüzeysel laserasyonlar sütür ile kapatılabilir. Eğer splenik yaradan kaynaklanan kanama hızlı ve yoğun bir şekilde gerçekleşiyorsa, yaralanan dokuyu besleyen arterlerin, dalakla birleşim noktalarına yakın bölgelerinden ligasyonu yapılarak bu alan devaskülarize edilebilir. Bu işlem sonucunda ilgili dokuda iskemi oluşmaz ve bu bölgede yaklaşık üç hafta içinde kollateral dolaşım gelişir (Keramidas, 1979). Dalak parankimi içerisinde bulunan ve izole şekilde yaralanmış büyük arterler tek tek ligatüre edilebilir. Dalak kapsülü, atravmatik iğneli emilebilir 3-0 veya 4-0 dikiş materyalleri kullanılarak, basit ayrı ya da basit sürekli dikiş yöntemleri kapatılır. Kanamanın kontrol altına alınması amacıyla dalak parankimine horizontal matress (yatay U) sütür tekniği uygulanarak defektin kapatılması gerekebilir. Süregelen kanamayı kontrol altına almak için dalak yüzeyine basınç uygulanabilir ya da omentum dalak etrafına sarılabilir. Eğer tam hemostaz sağlanamazsa, parsiyel ya da total splenektomi uygulanmalıdır (Bjorling, 2014).

Splenektomi

Splenektomi dalağın cerrahi olarak çıkarılmasıdır. Splenektomi, torsiyon, travma, yaygın infiltratif hastalık, splenomegali ve hem neoplastik hem de neoplastik olmayan nedenlerle (hematom, nodüler hiperplazi) ortaya çıkan tek veya çok sayıda dalak kitlesi olgularında endikedir (Schwartz, 2024).

Splenektomi parsiyel veya total olmak üzere iki şekilde yapılır.

Parsiyel Splenektomi

Dalağın teşhis veya tedavi amaçlı cerrahi olarak parsiyel şekilde çıkarılması olgusudur. Parsiyel splenektomi, izole apse gibi dalağın travmatik veya fokal lezyonlarının görüldüğü durumlarda endikedir. Bununla birlikte, parsiyel splenektominin endikasyonları sınırlıdır ve riskleri faydalarından daha fazla olabilir. Riskler arasında postoperatif kanama, eğer malign patoloji varsa vücutta bırakılan dalak porsiyonunda malign hücrelerin kalma olasılığı bulunur. Total splenektomiye kıyasla, kısmi splenektomi daha uzun operasyon süreleri gerektirebilir. Kısmi splenektomiden sonra vücutta bırakılan kısmı kendini yenilemez. Nadiren uygulanmasına rağmen, kısmi splenektomi dalak fonksiyonunun korunmasını sağlar ancak tümör kitlesi dalağın sadece bir kısmını etkilese bile, dalak neoplazisi için önerilmez. Dalak biyopsisinde nodüler veya fokal kitlelerin değerlendirilmesi, klinik olarak anlamlı yaygın

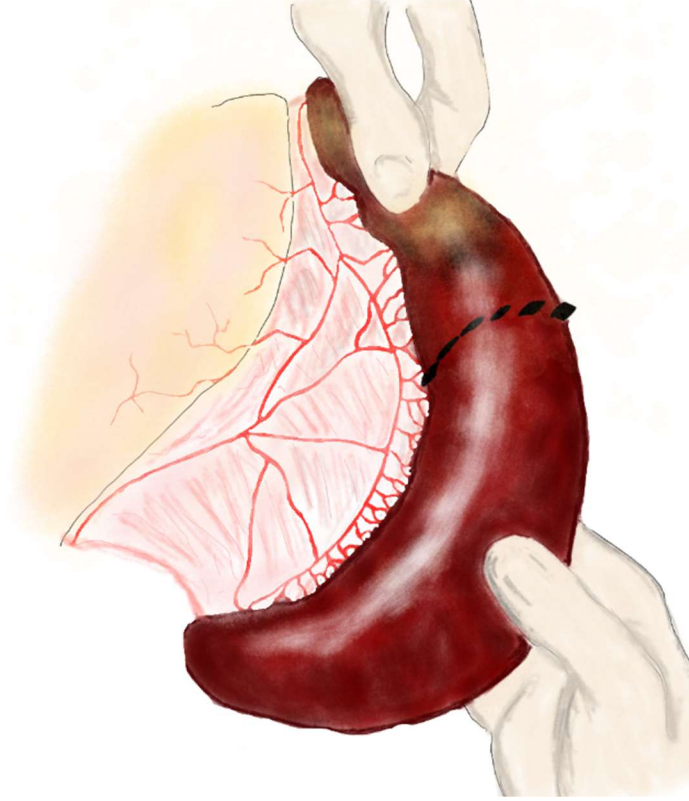
splenomegali veya anormal ultrasonografik ekojenitenin değerlendirilmesi, dalakta metastatik lezyon şüphesinin doğrulanması için önemlidir, biyopsi almak için parsiyel splenektomi uygulanabilir [Niles, 2015; Waldron & Robertson, 1995].

Teknik

Dalağa processus xiphoideus'tan umblicus'un (göbek deliği) kaudaline kadar uzanan ventral abdominal median hat ensizyonu üzerinden yaklaşılr. Bu ensizyon büyük lezyonlar için ve tam abdominal eksplorasyon için uzatılmalıdır. Abdomenin tamamının eksplorasyonu neoplazi şüpheli tüm hayvanlarda uygulanmalıdır (Fossum,2018).

Cerrahi girişime başlanmadan önce gerekli anestezi protokolü uygulanmalı, sonrasında belirtilen bölgenin tıraş ve dezenfeksiyonu sağlanmalı, operasyon girişiminin gerçekleştirileceği alan sınırlandırılmalıdır. Dalağa ulaşıldıktan sonra dalağın uzaklaştırılacak bölgesi belirlenmelidir. Bölgeyi besleyen hilar damarlara çift ligatür atılıp kesilmelidir. Gelişen iskeminin boyutu rezeksiyona rehber olacak şekilde kullanılmalıdır. İskeminin sağlandığı hat üzerinde dalak dokusu başparmak ve işaret parmağı arasında sıkıştırılıp dalak pulpası iskeminin şekillendiği bölgeye kadar sıvazlanmalıdır. Düzleşen kısma forseps yerleştirilip forsepslerin arasından dalak kesilmelidir (Şekil 3). Dalağın rezeke

edilen yüzeyi forcepse bitişik yerden, atravmatik iğneli emilebilir 3-0 veya 4-0 dikiş materyalleri ile basit sürekli dikiş tekniği kullanılarak kapatılmalıdır. Ardından demarkasyon çizgisine, üst üste binen iki sıra mattress dikişi atılmalıdır. Eğer kanama devam ederse aynı dikiş materyali kullanılarak yeniden basit sürekli dikişler uygulanmalıdır [Bjorling, 2014; Fess & Withrow, 1981; Fossum,2018; Niles, 2015; Schwartz, 2024).



Şekil 3. Dalağın kesisinin yapılacağı iskemik alanı da içine alan kesi hattı.

Total Splenektomi

Dalağın total olarak çıkarılması işlemidir. Splenik neoplazi (özellikle hemangiosarkom), splenomegali, splenik apseler, travmaya bağlı dalak rupturu ve splenik torsiyon durumlarında uygulanması endikedir. Total splenektomi en yaygın olarak gastrik dilatasyon volvulus sendromuna ve hayatı tehdit eden kanama ile kendini gösteren şiddetli travma öyküsü olan hayvanlara uygulanır. Geçmişte de tedaviye yanıt alınamayan hematolojik bozukluklar (trombositopeni ve hemolitik anemi) için uygulanmıştır ancak zamanla gelişen tıp teknikleriyle immunsupresif ilaçlar ve kortikosteroidler, böyle durumlarda splenektomi endikasyonunu azaltmıştır. Yine de ilaç tedavisinin başarısız olması veya vücut tarafından tolere edilemeyen yan etkilere yol açması durumunda splenektomi düşünülebilir (Bjorling, 2014).

Splenektominin başlıca dezavantajları, immün savunma, hematopoez ve filtrasyon işlevlerinin kaybedilmesidir. Splenektomi, immün aracılı hemolitik anemisi veya trombositopenisi olan hastalarda, diğer tedavi şekilleri (örn. immüno supresif ilaçlar) başarısız olmadıkça kontrendikedir. Ayrıca kemik iliği hipoplazisi olan hastalar için, bu hastalarda dalak hematopoezin ana bölgesi olduğundan total splenektomi kontrendikedir (Niles, 2015).

Splenektominin en sık uygulandığı durumlar dalağın neoplastik patolojileridir. Hemangiosarkom dalağın en sık görülen

primer tümörüdür. Dalağın diğer tümörleri arasında hemanjiom, leiomyosarkom, fibrosarkom, lenfosarkom, plazma hücre sarkomu, mast hücre sarkomu ve retiküler hücre sarkomu yer alır. Hemangiosarkom nedeniyle splenektomi uygulanan köpeklerde ameliyat sonrası hayatta kalma süresi dört ila altı ay (Fess & Withrow, 1981; Frey, 1997) kedilerde ise daha uzun olmaktadır (Scavelli & ark., 1985) ancak hemangiosarkoma sahip olan köpeklerde ötenazi en insancıl seçenektir. Köpeklerde dalak leiomyosarkomunun tedavisi için dalağın cerrahi olarak çıkarılmasının, ortalama 10 aylık bir hayatta kalma süresi ile sonuçlandığı gözlemlenmiştir (Kapatkin & ark.,1992). Ayrıca, dalak, kedilerde sistemik mastositoz ile ilişkili mast hücrelerinin infiltrasyonu nedeniyle de büyüyebileceği akılda tutulmalıdır (Liska & ark., 1979).

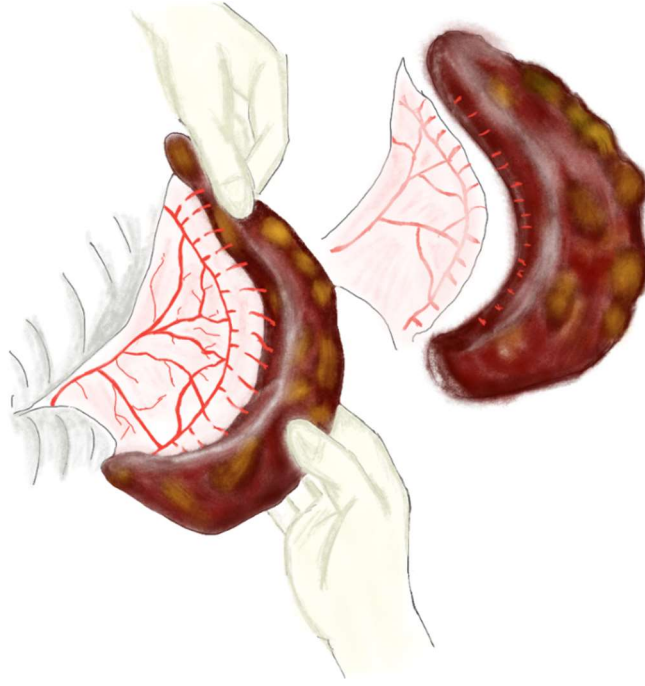
Teknik

Operasyona başlamadan önce yukarıda anlatılan hazırlıklar yapılmalı ve yine yukarıda bahsedildiği gibi dalağa yaklaşılr. Abdomenin eksplorasyonu yapıldıktan sonra dalak dışarı çıkarılır, ensizyonun yapıldığı bölgenin etrafına nemlendirilmiş tampon veya pedler yerleştirilir. Dalağın hilusunda bulunan tüm damarlara tercihen emilebilir iplikle çift ligatür atılır. Ligatür işleminde 3-0 veya 4-0 emilebilir dikiş materyali kullanılır. Ligatüre fundusa yakın kısa boyutlu vena ve A.gastrica'lardan başlanır. A.gastroepiploic sinistra ve A.splenica'nın kollarına ligatür yapılır. Arteria ve

V.splenica, Arteria ve V.gastroepiploic sinistra ayrıca Lig.gastrosplenicum rezeke edilir. Mümkün olduğunca gastrik fundusu besleyen damarlar korunur (ėekil 4) (Bjorling, 2014; Fess & Withrow, 1981; Fossum,2018; Niles, 2015; Schwartz, 2024).

Bir diğer ligasyon tekniğinde (En Masse) damarları tek tek ligatür etmek zaman alan bir iğlem olduğu için kısa gastrik arterlerin, splenik arterlerin dorsal dalının, ana splenik arterin ve splenik arterin omentuma giden dalının (kaudal dal) ligatrn içeren modifiye bir toplu ligasyon tekniği tanımlanmığtır. Bu teknikte damarların dalakta sonlanma yerinden ligatür atılır. Tekniğin hızı kullanılan ligatür tekniğine bağlı olarak değiğmektedir (Smeak, 2008).

Total splenektomide sütürler, staplerler (LSD-Ligate and Divide Stapler) veya damar mühürleme cihazı (BVSD-Bipolar Vessel Sealing Device) kullanılarak yapılabilir. LSD cihazı damarın çevresine iki adet U ėeklinde stapler yerleğtirir ve iki stapler arasında kalan bölge kesilir. LSD'ler splenektomi için hiler ligasyon tekniği gibi çoklu damar ligasyonu gerektiren prosedürler için önemli miktarlarda zaman kazandırabilirler (Shaver & ark., 2015).



Şekil 4. Dalağı besleyen damarların tek tek ligarüte edilip dalağın bölgeden ayrılması.

Laparoskopik ve Laparoskopik Yardımlı Splenektomi

Beşerî hekimlikte, laparsokopik splenektomi (LS) dalağın cerrahi hastalıkları için standart bir prosedür haline gelmiştir (Gamme & ark., 2013).

Uygulama sürelerinin daha uzun olduğu bildirilmesine rağmen, birçok çalışma laparoskopik splenektomi ile açık splenektomi karşılaştırıldığında laparoskopik splenektomide postoperatif komplikasyonların daha az şekillendiği ve normal

fizyolojiye dönmenin daha kolay ve kısa sürede gerçekleştiği bilinmektedir (Farah & ark., 1997; Kucuk & ark., 2005; Winslow & Brunt, 2003).

Veteriner hekimliğinde laparoskopik splenektominin birtakım zorlukları vardır ve laparoskopi kullanımını için vaka seçimi oldukça büyük bir öneme sahiptir. Kedi ve köpeklerde splenektominin en yaygın endikasyonu bir kitle varlığında gerçekleştirilir. Splenektomi gerektiren birçok hastada operasyon sırasında aktif bir hemoperitoneum ve oldukça sık görülen omentum yapışmaları vardır, bu durumda laparoskopik olarak ilgili bölgenin görüntülenmesini zorlaştırır. Kitlesi bulunan büyümüş bir dalağın intraabdominal manipülasyonu zor olabilir ve manipülasyon sırasında çok miktarda kanama şekillenebilir. Bu nedenle, total laparoskopik veya laparoskopik yardımcı splenektomi genellikle hemoperitoneum'u bulunmayan ve çapı 5-6 cm'den (Mayhew & ark., 2018) veya 55,2 cm³/kg hacminden az olan orta büyüklükteki dalak kitlelerinde düşünülmelidir (McGaffey & ark., 2022).

Gerekli koşulları sağlayan hastalarda laparoskopik splenektomi, operasyon sonrası ağrının azalması, normal fizyolojiye dönüş süresinin kısalması, ensizyon bölgesinde şekillenebilen enfeksiyon oranlarının ve kan kaybının azalması gibi faydalara sahiptir (Khalaj & Niasari-Naslaji, 2012; Maurin & ark., 2020; Shaver & ark., 2015; Stedile & ark., 2009; Wright & ark., 2016).

Teknik

Laparoskopik Yardımlı Splenektomi (LAS- Laparoscopic Assisted Splenectomy)

Standart anestezi ve cerrahi hazırlık prosedürleri gerçekleştirildikten sonra hasta ventrodorsal pozisyonda yatırılır. Umblicus'un kaudalinde median hatta 3 cm'lik bir ensizyon yapılır ve linea albaya yaklaşıncaya kadar derialtı dokusu boyunca bu ensizyon devam ettirilir. Linea alba ensize edilir ve fasial ensizyondan bir SILS™ (SILS- Single Incision Laparoscopic Surgery) portu yerleştirilir. Port katlanarak ve tabanına eğri uçlu Carmalt hemostat yerleştirilerek karın içine yönlendirilir. Sonrasında 3 adet 5 mm'lik kanüller port üzerinden abdomene giriş için yerleştirilir. CO₂ kullanılarak 10-12 mmHg abdomen içi basınç oluşturulur. Abdominal ensizyonun çok uzun yapılması, pnömoperitonyumun korunmasını güçleştirir. Görüntüleme sağlandıktan sonra abdomen anormallikler yönünden incelenir. Abdominal eksplorasyon, laparoskopik evreleme ve gerektiğinde uygulanan ek prosedürlerin (örn. karaciğer biyopsisi ve gastropaksi) ardından kamera, aletler ve SILS™ Portu çıkarılır (Schwartz, 2024).

Ensizyon dalağın boyutuna göre genişletilir. Dalağın kaudal kısmı elle, kuru gazlı bezle ya da laparotomi pedi ile kavranır ve dalak ensizyon hattından dışarı çıkarılır. Daha önce anlatılan çeşitli ligasyon işlemleri operatörün tercihinine göre (BVSD önerilir)

gerçekleştirilir. Kanama kontrolü sağlandıktan sonra abdomen rutin olarak kapatılır (Schwartz, 2024).

Laparoskopik Splenektomi (LS- Laparoscopic Splenectomy)

Total LS, port yerleşimi operatörün tercihine ve uygulanan eş zamanlı prosedürlere bağlı olmak üzere çeşitli çok portlu teknikler kullanılarak tanımlanmıştır (Shaver & ark., 2015).

LAS işleminden farklı olarak dalağın çıkarılması işlemi abdomen içerisinde gerçekleştirilir. Gerekli ligatür ve kanama kontrolü sağlandıktan sonra dalak genişletilmiş orta hat portundan veya oluşturulacak olan parakostal ensizyondan dışarı alınır (Schwartz, 2024).

Post-operatif Yönetim

Dalağa yapılan cerrahi girişimlerden sonra, hasta hemodinamik olarak stabilitesini ve kendi hidrasyonunu sağlayana kadar sıvı tedavisi uygulanmalıdır. PCV (Hct) seviyesi izlenmeli ve gerekli ise kan transfüzyonu uygulanmalıdır. Kedi ve köpeklerde dalağa cerrahi girişim sonrası septik komplikasyonlar nadir olmakla birlikte antibiyotik tedavisi ameliyat sonrası 24 saat içerisinde kesilebilir (Niles, 2015).

Splenektomi sonrası köpeklerde kardiyak aritmiler bildirilmiştir ve yapılan bir çalışmada splenektomi sonrası hızlı ventriküler taşikardi insidansının yüksek olduğu belirtilmiştir

(Brown & ark., 1985). Ventriküler aritmiler için monitörizasyon faydalıdır; ancak aralıklı EKG monitörizasyonu ventriküler aritmileri saptamak için güvenilir değildir ve mümkünse sürekli monitörizasyon önerilir (Panissidi & DeSandre-Robinson, 2021; Stewart & ark., 2020). Ventriküler aritmiler hemodinamik dengesizliğe yol açabilir ve potansiyel olarak ölümcül aritmilere kadar ilerleyebilir. Eğer gerekliyse ise antiaritmik tedavi uygulanmalıdır (Niles, 2015).

Post-operatif Komplikasyonlar

Splenektomi sonrası ciddi komplikasyonlar nadirdir. Ligatürün çözülmesine bağlı kanama en sık görülen komplikasyondur (Niles, 2015). Yapılan bir çalışmada, hemoraji, neoplastik olmayan durumlar için splenektomi uygulanan köpeklerde operasyon sonrası ani ölümlerin en yaygın nedenidir (Marino & ark., 1994). PCV'nin düşmesi, klinik durumun kötüleşmesi ve hemoabdomen durumunda cerrahi müdahale gerekebilir. Seyrek görülen diğer komplikasyonlar arasında mide veya pankreasın damar yapısının zarar görmesi ve bu organlarda iskemiye neden olabilmesi yer alır. Ayrıca ameliyat sırasında pankreasın travmatik bir şekilde ele alınması sonucu pankreatit oluşabilir (Niles, 2015).

Kaynaklar

Bellomo, A., Gentek, R., Golub, R., & Bajénoff, M. (2021). Macrophage-fibroblast circuits in the spleen. *Immunological Reviews*, 302(1), 104-125.

Bjorling, D. E. (2014). Spleen: Surgery of the Spleen. In *Current techniques in small animal surgery* (pp. 682-685). Teton NewMedia.

Brown, N. O., Patnaik, A. K., & MacEwen, E. G. (1985). Canine hemangiosarcoma: retrospective analysis of 104 cases. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 186(1), 56-58.

Collard, F., Nadeau, M. E., & Carmel, É. N. (2010). Laparoscopic splenectomy for treatment of splenic hemangiosarcoma in a dog. *Veterinary surgery*, 39(7), 870-872.

Dobson, J., Villiers, E., Roulois, A., Gould, S., Mellor, P., Hoather, T., & Watson, P. (2006). Histiocytic sarcoma of the spleen in flat-coated retrievers with regenerative anaemia and hypoproteinaemia. *Veterinary Record*, 158(24), 825-829.

Dursun, N. (2008). Veteriner anatomi 2. *Medisan Yayınevi, Ankara, Türkiye*.

Farah, R. A., Rogers, Z. R., Thompson, W. R., Hicks, B. A., Guzzetta, P. C., & Buchanan, G. R. (1997). Comparison of

laparoscopic and open splenectomy in children with hematologic disorders. *The Journal of pediatrics*, 131(1), 41-46.

Fees, D. L., & Withrow, S. J. (1981). Canine hemangiosarcoma. *Compend Contin Educ Pract Vet*, 3(12), 1047-1051.

Fossum, T. W. (2018). *Small animal surgery* (5th ed.). Elsevier.

Frey, A. J., & Betts, C. W. (1977). A retrospective survey of splenectomy in the dog.

Gamme, G., Birch, D. W., & Karmali, S. (2013). Minimally invasive splenectomy: an update and review. *Canadian Journal of Surgery*, 56(4), 280.

Hauser, B. (2007). Correlation between cytopathology and histopathology of the skin, lymph node and spleen in 500 dogs and cats. *Schweizer Archiv fur Tierheilkunde*, 149(6), 249-257.

Kapatkin, A. S., Mullen, H. S., Matthiesen, D. T., & Patnaik, A. K. (1992). Leiomyosarcoma in dogs: 44 cases (1983-1988). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 201(6), 1077-1079

Keramidas, D. C. (1979). The ligation of the splenic artery in the treatment of traumatic rupture of the spleen. *Surgery*, 85(5), 530-533.

Khalaj, A., Bakhtiari, J., & Niasari-Naslaji, A. (2012). Comparison between single and three portal laparoscopic splenectomy in dogs. *BMC Veterinary Research*, 8, 1-4.

König, H. E., Liebich, H. G., & Aurich, C. (Eds.). (2018). *Veteriner anatomi:(evcil memeli hayvanlar): metin ve renkli atlas*. Medipres.

Kucuk, C., Sozuer, E., Ok, E., Altuntas, F., & Yilmaz, Z. (2005). Laparoscopic versus open splenectomy in the management of benign and malign hematologic diseases: a ten-year single-center experience. *Journal of laparoendoscopic & advanced surgical techniques*, 15(2), 135-139.

Lewis, S. M., Williams, A., & Eisenbarth, S. C. (2019). Structure and function of the immune system in the spleen. *Science immunology*, 4(33), eaau6085.

Lipscomb, V. (2012). Surgical staplers: toy or tool?. *In Practice*, 34(8), 472-479.

Liska, W. D., MacEwen, E. G., Zaki, F. A., & Garvey, M. (1979). Feline systemic mastocytosis: a review and results of splenectomy in seven cases.

Lynch, A. M., O'Toole, T. E., & Hamilton, J. (2015). Transfusion practices for treatment of dogs undergoing splenectomy

for splenic masses: 542 cases (2001–2012). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 247(6), 636-642.

Marino, D. J., Matthiesen, D. T., Fox, P. R., Lesser, M. B., & Stamoulis, M. E. (1994). Ventricular arrhythmias in dogs undergoing splenectomy: a prospective study. *Veterinary surgery*, 23(2), 101-106.

Maurin, M. P., Mullins, R. A., Singh, A., & Mayhew, P. D. (2020). A systematic review of complications related to laparoscopic and laparoscopic-assisted procedures in dogs. *Veterinary Surgery*, 49, O5-O14.

Mayhew, P. D., Sutton, J. S., Singh, A., Runge, J. J., Case, J. B., Griffin, M. A., & Giuffrida, M. A. (2018). Complications and short-term outcomes associated with single-port laparoscopic splenectomy in dogs. *Veterinary Surgery*, 47(S1), O67-O74.

McGaffey, M. E., Singh, A., Buote, N. J., Mayhew, P. D., Rupnik, N., Massari, F., ... & Monteith, G. (2022). Complications and outcomes associated with laparoscopic-assisted splenectomy in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 260(11), 1309-1315.

Moore, P. F. (2014). A review of histiocytic diseases of dogs and cats. *Veterinary pathology*, 51(1), 167-184.

Niles, J. D. (2015). The spleen. In *BSAVA Manual of canine and feline abdominal surgery* (pp. 231-243). BSAVA Library.

Panissidi, A. A., & DeSandre-Robinson, D. M. (2021). Development of perioperative premature ventricular contractions as an indicator of splenic hemangiosarcoma and median survival times. *Veterinary Surgery*, 50(8), 1609-1616.

Radhakrishnan, A., & Mayhew, P. D. (2013). Laparoscopic splenic biopsy in dogs and cats: 15 cases (2006–2008). *Journal of the American Animal Hospital Association*, 49(1), 41-45.

Richer MC: Spleen. In, Tobias KM, Johnston SA (Eds): *Veterinary Surgery, Small Animal*, Vol. 2, 1551-1564, Elsevier-Saunders, St. Louis, 2018

Scavelli, T. D., Patnaik, A. K., Mehlhaff, C. J., & Hayes, A. A. (1985). Hemangiosarcoma in the cat: retrospective evaluation of 31 surgical cases. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 187(8), 817-819.

Schwartz, P. (2024). Splenectomy. *Techniques in Small Animal Soft Tissue, Orthopedic, and Ophthalmic Surgery*, 239-252.

Shaver, S. L., Mayhew, P. D., Steffey, M. A., Hunt, G. B., Mayhew, K. N., & Culp, W. T. (2015). Short-term outcome of multiple port laparoscopic splenectomy in 10 dogs. *Veterinary surgery*, 44(S1), 71-75.

Smeak, D. D. (2008). Total splenectomy: four pedicles technique [versão eletrônica]. *Scientific Proceedings: Companion Animals Program, Amsterdam, Netherlands*, 24-26.

Stedile, R., Beck, C. A., Schiochet, F., Ferreira, M. P., Oliveira, S. T., Martens, F. B., ... & Muccillo, M. S. (2009). Laparoscopic versus open splenectomy in dogs. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 29, 653-660.

Stewart, S. D., Ehrhart, E. J., Davies, R., & Khanna, C. (2020). Prospective observational study of dogs with splenic mass rupture suggests potentially lower risk of malignancy and more favourable perioperative outcomes. *Veterinary and Comparative Oncology*, 18(4), 811-817.

Waldron, D. R., & Robertson, J. (1995). Partial splenectomy in the dog: a comparison of stapling and ligation techniques. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 31(4), 343-348.

Watson, A. T., Penninck, D., Knoll, J. S., Keating, J. H., & Sutherland-Smith, J. (2011). Safety and correlation of test results of combined ultrasound-guided fine-needle aspiration and needle core biopsy of the canine spleen. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 52(3), 317-322.

Williams, J. M., & Niles, J. D. (Eds.). (2015). *BSAVA manual of canine and feline abdominal surgery (2nd ed.)*. British Small Animal Veterinary Association.

Winslow, E. R., & Brunt, L. M. (2003). Perioperative outcomes of laparoscopic versus open splenectomy: a meta-analysis with an emphasis on complications. *Surgery, 134*(4), 647-653.

Wright, T., Singh, A., Mayhew, P. D., Runge, J. J., Brisson, B. A., Oblak, M. L., & Case, J. B. (2016). Laparoscopic-assisted splenectomy in dogs: 18 cases (2012–2014). *Journal of the American Veterinary Medical Association, 248*(8), 916-922.

BÖLÜM 7

VETERİNER HEKİMLİKTE KEDİ VE KÖPEKLERDE DİZ EKLEMİ YANGISINDA GÜNCEL İNTRAARTİKÜLER ORTO-BİYOLOJİK (MSC, PRP, HA) MATERYAL UYGULAMASI

AYHAN KOÇYİĞİT ¹

Giriş

Veteriner hekimlikte kedi ve köpeklerde diz eklemi hem yapısal hem de fonksiyonel açıdan lokomotor sistemin temel bileşenlerinden biridir. Bu eklemden görülen dejeneratif hastalıklar arasında, özellikle diz eklemine hareket sistemini etkileyen artrit olguları, klinik pratikte oldukça yaygın ve hayvan refahını ciddi şekilde etkilemektedir (Kurt, Gürsel & Şen, 2023: 1).

Diz ekleminde artrit genellikle travmatik, konjenital ya da dejeneratif süreçlerin bir sonucu olarak ortaya çıkar ve kronik ağrı, topallık, eklem sertliği gibi semptomlarla karakterizedir (Dominic & Catherine, 2010: 284). Genuda artrit çoğunlukla sekonder osteoartrit (OA) gelişimiyle ilişkilidir ve diz ekleminde instabilite oluşturan

¹ Doktor, Veteriner Cerrah, Kayseri, Orcid: 0009-0004-7319-8318

patella luksasyonu gibi durumlar bu süreci tetikleyebilir (Szponder & ark., 2022: 5).

Özellikle küçük ırk köpeklerde medial patella luksasyonu sık görülürken, bu durum uzun vadede kıkırdak dejenerasyonu ve eklem kapsülünde inflamasyon ile sonuçlanabilir (Francesco, Giovanni, & Gerardo, 2018: 23). Kedilerde ise bu hastalık daha az bildirilmekle birlikte, özellikle yaşlı bireylerde osteoartritik değişikliklerin göz ardı edilmemesi gerektiği vurgulanmaktadır (Lascelles & ark., 2010: 535).

Kedi ve köpeklerde diz eklemi yangısı, çoğunlukla sekonder osteoartrit (OA) olarak ortaya çıkar ve diz eklemindeki biyomekanik bozulmalarla doğrudan ilişkilidir. Özellikle medial veya lateral patella luksasyonu, eklem yüzeyinde basınç artışına ve kıkırdak dejenerasyonuna yol açarak inflamasyonla birlikte artrit gelişimini tetikler(Dias & ark., 2021: 188).

Köpeklerde, özellikle küçük ırk ve genetik yatkınlığa sahip bireylerde, doğumsal veya gelişimsel patellar hizalanma bozuklukları etiyolojide merkezi bir rol oynar ve travmatik yaralanmalar, ligament yırtıkları ve bağ disfonksiyonları da artrit gelişimini hızlandırabilir (Spinella, Arcamone & Valentini, 2021: 186). Kedilerde benzer mekanizmalar yaşanabilir, ancak OA genetik yatkınlıktan ziyade yaşlanma ve aşınma kaynaklı olarak ortaya çıkar; diz eklemindeki dejeneratif değişiklikler, özellikle yaşlı bireylerde daha sık görülür (Leijon & ark., 2017: 186).

Tanıda çoklu yöntem modeli ile yaklaşım önerilir (Kohn, Sassoon & Fernando, 2016: 1886). İlk olarak, klinik değerlendirme; topallık, ağrı, eklem sertliği ve kas atrofisi yönünden değerlendirilir. Görüntüleme yöntemleri arasında yaygın olarak röntgen kullanılmaktadır. Günümüzde BT detaylı görüntülemeye son derece avantaj sağlamaktadır(Kuyinu & ark., 2016: 19). Eklem boşluğunda daralma, osteofitler, subkondral skleroz, sinoviyal sıvı artışı gibi

değişiklikler görülür. Gonyometri, eklem açılarını objektif ölçmek için yardımcı olabilir(Rhee & ark., 2023: 34).

Genu eklemi yangısının (artrit) patogeneğinde, eklem boşluğunu dolduran, hareketi kolaylaştıran, eklem kıkırdaklarının beslenmesinde görev alan sinoviyal sıvının anormal değişimlerle akışkan viskozitesi ve aktif görevlerini yerine getirmeme sonucu kıkırdak, kemik, sinoviyal zar, sinoviyal sıvı, bağlar, tendonlar ve eklem kapsülündeki değişikliklere neden olması ile karakterizedir (Little & Smith, 2008: 175; Cohen-Solal, Funck-Brentano & Hay, 2013: 422).

Yangının ilerlemesi sürecinde ECM'nin moleküler bileşimi ve organizasyonu önce değişir ve tekrarlayan mekanik aşındırmalar, menisküste tip I ve tip II kolajen kaybıyla birlikte dejeneratif değişikliklere yol açarken, proinflatuar sitokinler de kıkırdak matris homeostazını bozar. Böylece, hastalığın ilk aşamalarındaki inflammatuar mekanizmanın önemi ortaya çıkar(Goldring & Goldring 2010: 230; Chow & Chin 2020: 3).

Eklem kıkırdağı yapısında damar ve sinir ihtiva etmediği ve kendisini çok az yenileme özelliğine sahip olduğundan yangı durumunda kıkırdağın değişen bileşimi ve yapısı, kıkırdak bozulmasında rol alan mediyatörleri daha fazla üretmek için kondrositlerin uyarılmasına neden olur. Ardından, eklem kondrositleri apoptoza uğrar ve eklem kıkırdağı nihayet tamamen yok olur(Xia & ark., 2014: 495). Artan protein katabolizması sonucunda, kollajen ve proteoglikanların sentezinde bir dengesizlik oluşur ve kollajen lifleri proteoglikanlarla bir araya gelmeyi durdurur. Bu, kıkırdak üzerindeki ağ şeklindeki liflerin kaybına neden olarak, dayanıklılığını zayıflatır. Sonuç olarak, eklem kıkırdağı ve menisküs yüzeyinde boşluklar oluşur(Kuyinu & ark., 2016: 19). Kıkırdak, mekanik stresle etkilenen bölgelerde fibrozis geçirir, buna kemik sklerozu ve sinoviyal zar ile eklem kapsülünde kalınlaşma eşlik eder. Bozulmuş eklem yüzeylerinden gelen kıkırdak

parçaları, sinovyumun iltihaplanma sürecini başlatır, HA gibi sinoviyal bileşenlerin sentezini bozar, sinoviyal sıvının viskozitesini, elastikiyetini azaltır ve kıkırdağı nemlendirme yeteneğini ortadan kaldırır (Cohen-Solal, Funck-Brentano & Hay, 2013: 422).

Artrite bağlı semptomların kontrol altına alınmasında yaygın olarak başvurulanan yöntemler arasında non-steroidal antiinflatuar ilaçların (NSAID'ler) kullanımı, diyet destekleri, fiziksel rehabilitasyon uygulamaları ve vücut ağırlığının düzenlenmesi yer almaktadır. Buna rağmen NSAID kullanımı; gastrointestinal sistem üzerinde olumsuz etkileri, renal fonksiyonlarda bozulma ve trombosit aktivitesinde azalma gibi çeşitli yan etkilerle ilişkilendirilmekte ve diyet uygulamalarının gerçekleştirilmesinin uzun ve zor olması alternatif yollara başvurmayı gerektirmektedir(Innes, Tobias & Johnston, 2018: 1295; Lee & ark., 2019: 314).

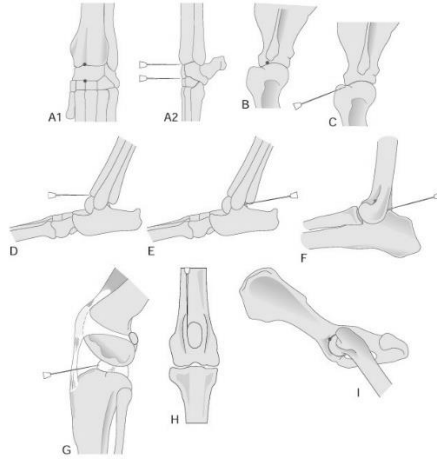
Son yıllarda gelişen görüntüleme teknikleri ve eklem biyomekaniği üzerine yapılan araştırmalar, dizde meydana gelecek artritın erken tanısı ve tedavi protokollerinin geliştirilmesinde önemli ilerlemeler sağlamıştır ve bununla birlikte, hastalığın patofizyolojisinin tam olarak aydınlatılması ve türler arası farklılıkların ortaya konulması, veteriner ortopedide güncel araştırma konularından biri olmaya devam etmektedir (Canapp, 2007: 195).

İntraartiküler Enjeksiyon Yöntemi

Kedi ve köpeklerde stifle (diz) eklemine intraartiküler (IA) enjeksiyonlar; osteoartrit, kraniyal çapraz bağ yırtıkları sonrası enflamasyon, akut veya kronik ağrı gibi durumlarda uygulanan etkili bir tedavi yöntemidir. Özellikle köpeklerde diz kapağı eklemi yangısına sık maruz kalır; kedi örnekleri sınırlı olsa da benzer anatomik yaklaşımlar uygulanabilir(Moak & ark., 2011: 32). Diz eklemi hafif fleksiyon pozisyonunda tutulmalı patella ve tibial

tüberosite palpe edilir. İğne, patellar tendonun medial veya lateral kenarından giriş yaparak femur-tibia açısını disekte edecek şekilde yönlendirilerek eklem boşluğuna girilir(Venator & ark., 2020: 31; Dursun & Yılmaz, 2023: 70).

Şekil 1: Eklem enjeksiyon teknikleri

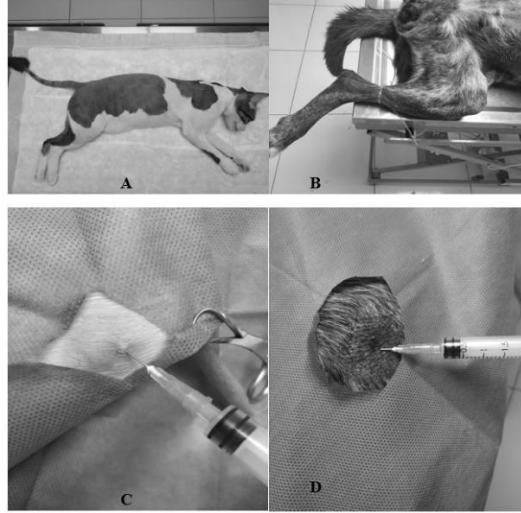


Kaynak: Schulz & Hayashi, 2018: 1218.

İlerlemiş vakalarda veya anatomik bozukluğu olan eklemlerde ultrason, skopi veya röntgen eşliğinde enjeksiyon uygulanarak iğne pozisyonunun güvenliği doğrulanabilir. Bu yaklaşımlar, yanlış yerleştirmelerin ve kırıkta hasarının oluşmasının önlenmesine yardımcı olur. Şiddetli osteoartritli vakalarda sıvı aspirasyonu zor olabileceğinden, patellanın proksimal ya da distal kenarından paralel düzlemde ilerleyen bir teknik kullanılabilir. İğne ve enjektör boyutu (örnek 30 kg köpek) 20 gauge iğne, 3 cc şırınga önerilir. Kedi vakalarında 22–25G ve 1–2 cc gibi daha küçük boyutlar uygundur (Holland & ark., 2000: 298). Kedilerde literatür daha sınırlıdır ancak köpeklerde tanımlanan anatomik yaklaşım çoğunlukla geçerli kabul edilir. Her vaka sedasyonun dozajı, eklem boyutu ve hayvanın refleks yanıtına göre bireyselleştirilmelidir. Özellikle iğne çapı daha küçük seçilmeli

(örneğin 22–25G) ve enjekte edilen hacim 0,5–1 cc civarında tutulmalıdır (Hyo-Sung K & ark.,2022: 9).

Şekil 2: Kedi (A,C) ve Köpekte(B,D) intraartiküler enjeksiyon



Orto-biyolojik Materyaller

Mezenkimal Kök Hücre (MSC)

Kök hücrelerle ilgili ilk kavramsal tanımlamalardan biri, 1868 yılında Alman biyolog Ernst Haeckel tarafından yapılmıştır. Haeckel, tüm hücrelerin ortak bir ata hücreden türediğini öne sürmüştü ve bu hücreye “Stammzelle” adını vermiştir. 19. yüzyılın ilerleyen dönemlerinde ise August Weismann, kök hücrelerin farklılaşabilme yeteneğine dikkat çekmiştir. 1960’lı yıllarda Ernest McCulloch ve James Till, kök hücrelerin temel özelliklerini ortaya koyan deneysel çalışmalar gerçekleştirmiştir. Nihayet 1998 yılında Amerikalı biyolog James Thomson, kök hücrelerin laboratuvar ortamında izole edilmesini ilk kez başarmıştır(Ramalho-Santos & Willenbring, 2007: 35).

Mezenkimal kök hücreler (MSC'ler), hem insan hem de hayvan organizmalarında yer alan öncü hücrelerdir. Bu hücreler;

kemik iliği, yağ dokusu, göbek kordonu, kordon kanı, Wharton jölesi, süt dişi pulpası, endometriyum gibi çeşitli biyolojik kaynaklarda bulunabilmekte ve bu dokulardan izole edilebilmektedir(Zakirova & ark., 2017: 207).

MSC'ler elde edilmesinde genellikle pelet veya mikrokütle sistemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden mikrokütle tekniği, kondrojenik kapasitenin artırılmasında daha etkilidir. Ancak, pelet yöntemi uygulandığında hücreler arası matriksin üretimi artmakta ve kondrosit salınımı daha stabil bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu teknikle oluşturulan kırık dokusunun, fizyolojik ve biyomekanik özellikleri açısından hiyalin kırığa daha fazla benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir (Nam & ark., 2018: 20).

MSC'lerin, eklem hasarlarında inflamatuvar yanıtı baskılayabildiği ve kondrositlerin çoğalmasında ile metabolik aktivitelerini olumlu yönde etkileyebildiği belirlenmiştir. Ayrıca MSC'lerin hem fibröz hem de fibröz olmayan dokularda hasarlı alanlardaki hücre birikimini (agresyonunu) düzenlediği ve esas etkilerinin parakrin mekanizmalar aracılığıyla ortaya çıktığı gösterilmiştir(Barry & Murphy, 2013: 584). MSC'lerden türeyen ve ekstraselüler veziküllerin bir alt grubu olan eksozomlar, kırık dokunun onarımında, yara iyileşmesinde ve doku onarımında potansiyel bir tedavi seçeneği olarak değerlendirilmektedir. Bu veziküllerin, uygulandıkları bölgede parakrin etkiler yoluyla hücreler arası sinyal iletimini artırdığı düşünülmektedir(Toh & ark., 2017: 56). Eksozomlar; proteinler, nükleik asitler, fosfolipitler, lipid iplikçikleri ve çeşitli biyolojik molekülleri içermektedir. Her ne kadar etki mekanizmaları tam olarak açıklığa kavuşmamış olsada içerdikleri mikro RNA'lar ve bazı enzimlerin kondrosit hücrelerinin çoğalmasında ve proliferasyonunu uyardığı bildirilmektedir. Ayrıca MSC kaynaklı eksozomların, inflamasyon sürecini, kondrosit apoptozunu ve

makrofaj aktivitesini azaltarak kıkırdak dokudaki hasarı sınırladığı belirtilmiştir(Kim, Choi & Kim, 2020: 41).

Kök hücrelerin kullanımı, rejeneratif tıpta çok yönlü olumlu etkileri nedeniyle giderek daha fazla ilgi görmektedir. Sahip oldukları yenileyici, anti-inflamatuar ve immün modülatör özellikler sayesinde; eklem hastalıkları ile kemik ve kıkırdak dokusunun onarımı, inflamasyonun azaltılması ve yumuşak doku iyileşmesinin hızlandırılmasında önemli rol oynamaktadırlar. Bu özellikleri nedeniyle kök hücreler, farklı türlerde ve hayvan modellerinde çeşitli hastalıklar ile yaralanmaların tedavisinde araştırma konusu olmaya devam etmektedir(McIlwraith & ark., 2011: 1552; Canapp & ark., 2016: 112).

Kök hücreler farklılaşma yeteneğine sahiptirler. Bunlar totipotent hücre, pluripotent hücre, multipotent hücre, unipotent hücre olarak sınıflandırılırlar;

Totipotent Kök Hücreler

Organizmadaki bir hücrenin, embriyo dışı (ekstraembriyonik) kaynaklı olarak diğer doku hücrelerine dönüşebilme yeteneği, farklılaşma (diferansiyasyon) olarak tanımlanır. Bu duruma en iyi örnek, döllenmiş zigot hücresidir. Zigot, vücutta bulunan tüm doku hücrelerine farklılaşma kapasitesine sahip olup, bu yönüyle tam potansiyele sahip (totipotent) bir hücredir(Mitalipov & Wolf, 2009: 185).

Pluripotent Kök Hücreler

Endoderm, mezoderm ve ektoderm, embriyonik yaprak katmanlarından türeyebilen ve farklılaşma yeteneğine sahip hücreler olarak tanımlanır. Bu hücreler, yaklaşık 200 farklı fetal veya yetişkin hücre tipine dönüşebilirler. Embriyo gelişimi sürecinde, bu hücreler blastosist katmanından izole edilebilir(Girlovanu & ark., 2015: 265).

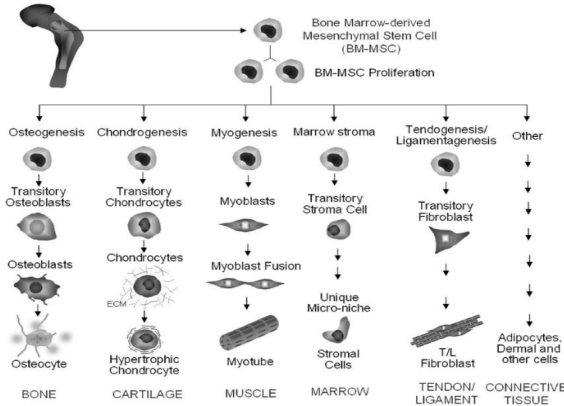
Multipotent Kök Hücreler

Pluripotent hücrelerin sahip olduğu geniş farklılaşma kapasitesine kıyasla, multipotent hücrelerin farklılaşma yeteneği daha sınırlıdır ve sadece belirli hücre türlerine dönüşebilirler. Bu nedenle, multipotent hücreler genellikle yetişkin hücreler olarak değerlendirilir. Doku gelişimi, onarımı ve bağışıklık sisteminin işleyişinde kritik rol oynarlar. Ayrıca, nöral ve kardiyak hastalıkların tedavisinde potansiyel bir terapi yöntemi olarak incelenmektedirler(Zakrzewski & ark., 2019: 1).

Unipotent Kök Hücreler

Tek bir hücre türüne dönüşme yeteneğine sahip olan bu kök hücrelerin kendini yenileme kapasiteleri sınırlıdır. Kas hücreleri, bu gruba örnek teşkil eder(Bernemann & ark., 2011: 1496).

Şekil 3: MSC'lerin dokulara dönüşüm tablosu



Kaynak: Jeong & ark., 2010: 15.

MSC uygulamalarında eklem içi ve sistemik yöntemler farklılık göstermekte olup, her iki uygulama şekli de önerilmektedir. Bunun yanında, yayınlanan araştırmalar MSC kullanımı sonrasında hayvan modellerinde olumlu sonuçlar elde edildiğini ve herhangi bir komplikasyon yaşanmadığını ortaya koymaktadır(Caminal & ark., 2014: 492).

Trombositten Zengin Plazma (PRP)

Trombositten zengin plazma(PRP), canlıya ait kanın santrifüj veya filtrasyon işlemleriyle trombosit yoğunluğunun artırıldığı plazma bölümüdür. Bu trombositler, alfa granülleri aracılığıyla büyüme faktörleri ve sitokinler bakımından zengindir(Dohan Ehrenfest & ark., 2009: 3). Veteriner hekimliğinde, at, koyun, domuz, köpek ve kedilerde eklem hastalıkları, iyileşmeyen yaralar ile deri hastalıklarının tedavisinde olumlu sonuçlar sağlanmıştır(Sardari & ark., 2011: 155).

Sağlıklı canlıların kanında trombosit sayısı, kediler ve köpeklerde 15×10^4 ile $90 \times 10^4/\text{mL}$, ruminantlarda ise 10×10^4 ile $80 \times 10^4/\text{mL}$ arasında değişir. Trombositler öncelikle dalakta depolanır ve periferel dolaşıma geçtikten sonra ortalama 8-10 gün yaşarlar. Her trombositin yapısında yaklaşık 50-80 adet alfa granül bulunur(Rendu & Brohard, 2001: 261). PRP, içerdiği trombositler sayesinde tendon, kas, kemik ve kırık dokusu gibi yapıların travma veya hasar sonrası iyileşme sürecine katkı sağlar; bu dokuların yenilenmesi ve çoğalmasıyla iyileşme dokusunun oluşumunu destekler(Nurden & ark., 2008: 3532). Trombositlerin ürettiği kimyasal haberciler, biyoaktif proteinler aracılığıyla hasarlı dokuda kemotaksis, hücre çoğalması, inflamatuvar yanıtın düzenlenmesi ve hücre farklılaşmasını koordine ederek iyileşme sürecini yönlendirir. İn vivo araştırmalar, trombositlerin büyüme faktörleri (IGF-1, bFGF, VEGF, PDGF, EGF) ve proinflamatuvar biyobelirteçler (IL-1, IL-6, IL-8) içerdiğini ve bu moleküllerin doğrudan trombosit granülleri ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur(Metcalf, Scoggin & Troedsson, 2012: 498 ; Wasterlain & ark., 2013: 186).

PRP üç farklı yöntem ile elde edilmektedir;

- Kan filtrasyonu ve trombositferez yöntemleri, yüksek konsantrasyonda trombosit ve trombosit kaynaklı büyüme faktörleri ile düşük sayıda lökosit içerir; ancak

bu teknikler yüksek maliyetli olup özel ekipman gerektirir,

- Tek aşamalı santrifüj işlemi, düşük maliyetli olup yaklaşık üç kat trombosit yoğunluğu sağlayan ürünler üretir; ayrıca beyaz kan hücresi sayısı ve maliyeti düşüktür,
- Çift aşamalı santrifüj işlemi, yaklaşık sekiz kat trombosit yoğunluğu sağlar ve maliyeti düşüktür(Dohan Ehrenfest & ark., 2014: 3).

PRP uygulamalarında tek doz enjeksiyona kıyasla, en az iki kez tekrarlanan enjeksiyonların anlamlı derecede istatistiksel iyileşme sağladığı tespit edilmiştir(Patel & ark., 2013: 356).

Hyaluronik Asit (HA)

Hyalüronik asit (HA), vücutta doğal olarak bulunan bir glikozaminoglikandır ve sinoviyal sıvı ile eklem kıkırdağının matriks yapısında yer alır. HA'nın moleküler yapısı, kıkırdak dokunun viskozitesi ve eklem yüzeylerinin kayganlığının korunması açısından kritik bir rol oynar (Ramesh & ark., 2019: 192). Dejeneratif eklem hastalıklarında HA düzeylerinde belirgin bir azalma gözlemlenir ve bu durum sinovyal sıvının viskoelastik özelliklerini olumsuz etkiler (Lannitti, Lodi & Palmieri, 2011: 13). Sonuç olarak, eklem ağrısı ve hareket kısıtlılığı, sinoviyal dokuda yer alan ağrı reseptörlerini koruyan bu viskoelastik ortamın bozulmasıyla ilişkili olabilir(Okazaki & Iwamoto 2009: 1578).

Hyalüronik asidin (HA), artrit tedavisinde eklem kıkırdağındaki yetersiz yapısal bileşenlerin yerini alabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, güncel araştırmalar HA'nın yalnızca yapısal bir ajan olmakla kalmayıp, aynı zamanda reaktif oksijen türlerinin oluşumunu engelleme, ağrı reseptörlerinin yüzeyini kaplama ve prostaglandin E₂ sentezini baskılama gibi

çeşitli biyokimyasal mekanizmalar aracılığıyla da terapötik etkiler gösterebildiğini ortaya koymuştur(Dougados, 2000: 19; Egemen, Hayrettin & Işık, 2018: 351; Goto & ark., 2001: 377). İnsan ve hayvanlar üzerinde uygulanan HA'nın eklem içi kıkırdak apoptozisini azalttığı ve ağrıyı ortadan kaldırdığını belirten çalışmalar mevcuttur.(Ramesh & ark., 2019: 192; Goldberg & Buckwalter, 2005: 216; Ryosuke & ark., 2006: 899).

Mevcut hiyalüronik asit (HA) preparatları, moleküler ağırlıkları ve formülasyon yapılarına göre çeşitli gruplara ayrılmaktadır. Bu sınıflandırma; düşük moleküler ağırlıklı (500–730 kDa), orta moleküler ağırlıklı (800–2000 kDa), yüksek moleküler ağırlıklı (yaklaşık 6000 kDa) çözeltiler ile çapraz bağlı HA formları ve hayvansal kaynaklı olmayan stabilize HA (NASHA) çözeltilerini kapsamaktadır (Lannitti, Lodi & Palmieri, 2011: 13). Eksojen HA'nın eklem içindeki kalış süresi genellikle birkaç günle sınırlı olmasına rağmen, tedaviye bağlı klinik iyileşmeler enjeksiyondan sonraki 5 ila 13 hafta arasında ortaya çıkmakta; bazı vakalarda bu etki 14 ila 26 hafta, hatta daha uzun süreler boyunca devam edebilmektedir(Zóboli & ark., 2013: 271).

Eklem yangısı ve hasarının bulunduğu durumlarda eklem içi yüksek moleküler ağırlıklı (yaklaşık 6000 kDa) çözeltiler ile çapraz bağa sahip HA formlarının düşük molekül ağırlığına sahip HA uygulamaları ile kıyaslandığında, Çapraz bağlı HMW HA, enjeksiyon sonrası sinoviyal sıvıda daha yüksek viskozite ve uzun süreli kalıcılık sağladığı, böylece şok emici ve kayganlaştırıcı işlevini güçlendiğini göstermiştir(Costa & ark., 2023: 1061). Hayvan modelli çalışmalarda kondroprotektif etkinliği , HMW ve çapraz bağlı HA'nın sürtünme katsayısını anlamlı şekilde düşürdüğü ve osteoartrit ilerlemesini geciktirdiği gösterilmiştir(Elmorsy & ark., 2014: 121). Klinik veriler, yüksek moleküler ağırlık ve çapraz bağlı HA formülasyonlarının (örneğin Hylan G-F 20), düşük moleküler ağırlıklı HA formlarına kıyasla daha uzun süreli ağrı hafifletmesi ve

fonksiyonel iyileşme sağladığını göstermektedir(Glinkowski, Śladowski & Tomaszewski, 2025: 2547).

Sonuç

Kedi ve köpeklerde diz eklemi yangılarında intraartiküler orto-biyolojik uygulamalar (MSC, PRP, HA), son yıllarda tedaviye destekleyici alternatifler olarak ön plana çıkmıştır. Bu biyolojik ajanlar; inflamasyonu azaltma, ağrıyı kontrol etme ve eklem dokusunun onarımını destekleme potansiyeline sahiptir.

Güncel araştırmalar, bu uygulamaların semptomatik iyileşme sağladığını ve eklem fonksiyonlarını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Ancak, uygulama protokolleri, uzun dönem etkileri ve hasta bazlı yanıt farklılıkları gibi konular hâlâ netlik kazanmamıştır.

Sonuç olarak, MSC, PRP ve HA gibi intraartiküler orto-biyolojik materyaller, diz eklemi yangılarının yönetiminde umut verici ve destekleyici bir rol oynamaktadır. Geleneksel tedavilerle birlikte veya tek başına kullanıldıklarında, hastaların yaşam kalitesini artırmakta ve eklem sağlığının korunmasına katkı sağlamaktadır. Bu yaklaşımların uzun vadeli etkinliğinin daha kapsamlı klinik verilerle desteklenmesi büyük önem taşımaktadır.

Kaynakça

Barry, F., & Murphy, M.(2013). Mesenchymal stem cells in joint disease and repair. *Nat Rev Rheumatol*, 9(10), 584-594. DOI: 10.1038/nrrheum.2013.109

Bernemann, C., Greber, B., Ko, K., Sternecker, J., Han, D.W., Araúzo-Bravo, M.J., & Schöler, H.R.(2011). Distinct developmental ground states of epiblast stem cell lines determine different pluripotency features. *Stem Cells*, 29(10), 1496-1503. DOI: 10.1002/stem.709

Buzoğlu, H. (2025). *PRP Elde Edilmesinde Standartlar*. Hakan Buzoğlu Web Sitesi. (Erişim tarihi: 19 Ağustos 2025, <https://hakanbuzoglu.com.tr/prp-elde-edilmesinde-standartlar>)

Caminal, M., Fonseca, C., Peris, D., Moll, X., Rabanal, R.M., Barrachina, J., Codina, D., Garc, F., Cair, J.J., Godia, F., Pla, A., & Vives, J.(2014). Use of a chronic model of articular cartilage and meniscal injury for the assessment of long-term effects after autologous mesenchymal stromal cell treatment in sheep. *N Biotechnol*, 31(5), 492-498. doi: 10.4314/ovj.v11i1.19

Canapp, Jr S.O.(2007). The canine stifle. *Clin Tech Small Anim Pract*, 22(4), 195-205. doi: 10.1053/j.ctsap.2007.09.008.

Canapp, Jr S.O., Leasure, C.S., Cox, C., Ibrahim, V., & Carr, B.J.(2016). Partial cranial cruciate ligament tears treated with stem cell and platelet-rich plasma combination therapy in 36 dogs: a retrospective study. *Front Vet Sci*, 3, 112. doi: 10.3389/fvets.2016.00112.

Chow, Y.Y., & Chin, K.Y.(2020). The Role of Inflammation in the Pathogenesis of Osteoarthritis. *Mediators Inflamm*, 3, 8293921. doi: 10.1155/2020/8293921.

Cohen-Solal, M., Funck-Brentano, T., & Hay, E.(2013). Animal Models of Osteoarthritis for the Understanding of the Bone Contribution. *Bonekey Rep*, 2, 422. doi: 10.1038/bonekey.2013.156

Costa, F.R., Marques, M.R.C., Costa, V.C., Santos, G.S., Martins, R.A., Santos, M.S., Santana, M.H.A., Nallakumarasamy, A., Jeyaraman, M., Lana, J.V.B., & Lana, J.F.S.D.(2023). Intra-Articular Hyaluronic Acid in Osteoarthritis and Tendinopathies: Molecular and Clinical Approaches. *Biomedicines*, 11(4), 1061. DOI: 10.3390/biomedicines11041061

Dias, E.I., Cardoso, D.F., Soares, C.S., Barros, L.C., Viegas, C.A., Carvalho, P.P., & Dias, R.I.(2021). Clinical application of mesenchymal stem cells therapy in musculoskeletal injuries in dogs-a review of the scientific literature. *Open Vet J*, 11(2), 188-202. doi: 10.5455/OVJ.2021.v11.i2.2.

Dohan Ehrenfest, D.M., Andia, I., Zumstein, M.A., Zhang, C-Q., Pinto, N.R., & Bielecki, T.(2014). Classification of platelet concentrates (Platelet-Rich Plasma-PRP, Platelet-Rich Fibrin PRF) for topical and infiltrative use in orthopedic and sports medicine: current consensus, clinical implications and perspectives. *Muscles Ligaments Tendons J*, 4(1), 3-9.

Dohan, E., Rasmusson, L., & Albrektsson, T.(2009). Classification of platelet concentrates: from pure platelet-rich plasma (P-TZP) to leucocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF). *Trends Biotechnol.* 27(3), 158-167. doi: 10.1016/j.tibtech.2008.11.009.

Dominic, J.M., & Catherine, A. L. (2010). Diagnostic imaging of the canine stifle: a review. *Vet Surg*, 39(3), 284-295. doi: 10.1111/j.1532-950X.2010.00678.x.

Dougados, M. (2000). Sodium hyaluronate therapy in osteoarthritis: arguments for a potential beneficial structural effect. *Semin. Arthritis Rheum.* 30, 19–25. doi: 10.1053/sarh.2000.0246.

Dursun, S., & Yılmaz, O.(2023). Anatomy of the Normal Stifle Joint Using Magnetic Resonance Imaging in Van Cats. *J Van Vet* , 34 (1), 70-74. <https://doi.org/10.36483/vanvetj.1238142>

Egemen, A., Hayrettin, K., & Isık, A.(2014). Intraarticular injections (corticosteroid, hyaluronic acid, platelet rich plasma) for the knee osteoarthritis. *World J Orthop*, 5(3), 351–361. doi: 10.5312/wjo.v5.i3.351.

Elmorsy, S., Funakoshi, S., Sasazawa, F., Todoh, M., Tadano, S., & Iwasaki, N.(2014). Chondroprotective effects of high-molecular-weight cross-linked hyaluronic acid in a rabbit knee osteoarthritis model. *Osteoarthritis and Cartilage*, 22, 121-127. doi: 10.1016/j.joca.2013.10.005.

Francesco, D.D., Giovanni, D.V., & Gerardo, F.(2018). Patellar luxation in dogs. *Vet Med*, 31(9), 23-32. doi: 10.2147/VMRR.S142545.

Girlovanu, M., Susman, S., Soritau, O., Rus-Ciucă, D., Melincovici, C., Constantin, A.M., & Miha, C.M.(2015). Stem cells-biological update and cell therapy progress. *Chujul med*, 88(3), 265-271. doi: 10.15386/cjmed-483.

Glinkowski, W., Śladowski, D., & Tomaszewski, W.(2025). Molecular Mechanisms and Therapeutic Role of Intra-Articular Hyaluronic Acid in Osteoarthritis: A Precision Medicine Perspective. *J. Clin. Med*, 14(8), 2547. <https://doi.org/10.3390/jcm14082547>.

Goa, K.L., & Benfield, P.(1994). Hyaluronic acid: a review of its pharmacology and use as a surgical aid in ophthalmology, and

its therapeutic potential in joint disease and wound healing. *Drugs*, 47(3), 536–566. doi: 10.2165/00003495-199447030-00009.

Goldberg, V.M., & Buckwalter, J.A.(2005). Hyaluronans in the treatment of osteoarthritis of the knee: evidence for disease-modifying activity. *Osteoarthritis Cartilage*, 13, 216-224. doi: 10.1016/j.joca.2004.11.010.

Goldring, M.B., & Goldring, S.R.(2010). Articular Cartilage and Subchondral Bone in the Pathogenesis of Osteoarthritis. *Ann. N. Y. Acad. Sci*, 1192, 230–237. doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.05240.x.

Goto, M., Hanyu, T., Yoshio T., Matsuno, H., Shimizu, M., Murata, N., Shiozawa, S., Matsubara, T., Yamana, S., & Matsuda, T.(2001). Intra-articular injection of hyaluronate (SI-6601D) improves joint pain and synovial fluid prostaglandin E2 levels in rheumatoid arthritis: A multicenter clinical trial. *Clin Exp Rheumatol*, 19, 377-383.

Holland, T., Jones, R., Basford, A., Child, T., & Smith, A.(2000). An intra-articular method for assessing topical application to a synovial joint. *Lab Anim*, 34(3), 298-300. doi: 10.1258/002367700780384654.

Hyo-Sung, K., Hyun-Jeong, H., Han-Jun, K., & Sun-Hee, D.(2022). Case Report: Articular Gout in Four Dogs and One Cat. *Front Vet Sci*, 9, 752774. doi: 10.3389/fvets.2022.752774.

Innes, J.F., Tobias, K.M., & Johnston, S.A.(2018). *Veterinary surgery: small animal*. 2nd ed. St. Louis: Elsevier Saunders, p. 1265–1299.

Jeong M.S., Byung-Chul K., Jae-Hong P., Il K.K., Anathathios M., & Yu-Shik H.(2010). Stem cells in bone tissue engineering. *Biomed Mater*, 5(6), 15. DOI:10.1088/1748-6041/5/6/062001.

Kim, Y.G., Choi, J., & Kim, K.(2020). Mesenchymal stem cell-derived exosomes for effective cartilage tissue repair and treatment of osteoarthritis. *Biotechnol J*, 15(12), 41-82. doi: 10.1002/biot.202000082.

Kohn, M.D., Sassoon, A.A., & Fernando, N.D.(2016). Classifications in Brief: Kellgren-Lawrence Classification of Osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res*, 474(8): 1886-1893. doi: 10.1007/s11999-016-4732-4

Kurt Kibar, B., Gürsel, A., & Şen, İ.(2023). Osteoarthritis In Small Animals. *Id healty sciene*, 1(1), 1-7. <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8077713>

Kuyinu, E.L., Narayanan, G., Nair, L.S., & Laurencin, C.T. (2016). AnimalModelsofOsteoarthritis: Classification, Update, and Measurement of Outcomes. *J. Orthop. Surg. Res*, 11, 19. doi: 10.1186/s13018-016-0346-5.

Lannitti, T., Lodi, D., & Palmieri, B.(2011). Intra-articular injections for the treatment of osteoarthritis: focus on the clinical use of hyaluronic acid. *Drugs in R&D*, 11(1),13–27. doi: 10.2165/11539760.

Lascelles, B.D.X., Henry 3rd, J.B., Brown, J., Robertson, L., Sumrell, T.A., Simpson, W., Wheeler, S., Hansen, B.D., Zamprogno, H., Freire, M., & Pease, A.(2010). Cross-sectional study of the prevalence of radiographic degenerative joint disease in domesticated cats. *Vet Surg*, 39(5), 535-544. doi: 10.1111/j.1532-950X.2010.00708.x

Lee, M.I., Kim, J.H., Kwak, H.H., Woo, H.M., Han, J.H., Yayon, A., Jung, Y.C., Cho, J.M., & Kang, B.J.(2019). A placebo-controlled study comparing the efficacy of intra-articular injections of hyaluronic acid and a novel hyaluronic acid-platelet-rich plasma

conjugate in a canine model of osteoarthritis. *J Orthop Surg Res*, 14, 314. doi: 10.1186/s13018-019-1352-1.

Leijon, A., Ley, C.J., Corin, A., & Ley, C.(2017). Cartilage lesions in feline stifle joints - Associations with articular mineralizations and implications for osteoarthritis. *Res Vet Sci*, 114, 186-193. doi: 10.1016/j.rvsc.2017.04.008.

Little, C.B. & Smith, M.M.(2008). Animal Models of Osteoarthritis. *Curr. Rheumatol. Rev*, 4, 175–182. DOI:10.2174/157339708785133523.

McIlwraith, C.W., Frisbie, D.D., Rodkey, W.G., Kisiday, J.D., Werpy, N.M., Kawcak, C.E., & Steadman, J.R.(2011). Evaluation of intra-articular mesenchymal stem cells to augment heal ing of microfractured chondral defects. *Arthroscopy*, 27(11), 1552-1561. doi: 10.1016/j.arthro.2011.06.002.

Metcalf, E.S., Scoggin, K., & Troedsson, M.H.T.(2012). The effect of platelet-rich plasma (PRP) on endometrial proinflammatory cytokines in susceptible mares following semen deposition. *J Equine Vet Sci*, 32(8), 498. DOI:10.1016/j.jevs.2012.06.065

Mitalipov, S., & Wolf, D.(2009). Totipotency, pluripotency and nuclear reprogramming. *Adv Biochem Eng Biotechnol*, 114, 185-199. doi: 10.1007/10_2008_45.

Moak, P., Hosgood, G., Rowe, E., & Lemke, K.A.(2011). Evaluation of intra-articular and subcutaneous administration of meloxicam for postoperative analgesia following stifle surgery in dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 24(1), 32-38. doi: 10.3415/VCOT-10-04-0059.

Nam, Y.J., Rim, Y.A., Lee, J., & Ju, J.H.(2018). Current therapeutic strategies for stem cell-based cartilage regeneration. *Stem Cells Int*, 25, 20. doi: 10.1155/2018/8490489.

Nurden, A.T., Nurden, P., Sánchez, M., Andia, I., & Anitua, E.(2008). Platelets and wound healing. *Front Biosci*, 13, 3532-3548. doi: 10.2741/2947.

Okazaki, K., & Iwamoto, Y.(2009). Progress of research in osteoarthritis. Gene expression and its regulatory mechanisms in the degenerative cartilage in osteoarthritis. *Clinical Calcium*, 19(11), 1578–1585.

Patel, S., Dhillon, M.S., Aggarwal, S., Marwaha, N., & Jain, A.(2013). Treatment with platelet-rich plasma is more effective than placebo for knee osteoarthritis: a prospective, double-blind, randomized trial. *Am J Sports Med*, 41(2), 356-364. doi: 10.1177/0363546512471299.

Ramalho-Santos, M., & Willenbring, H.(2007). On the origin of the term “stem cell”. *Cell stem cell*, 1(1), 35-38. doi: 10.1016/j.stem.2007.05.013.

Ramesh, C.G., Rajiv, L., Ajay S., & Anita S.(2019). Hyaluronic Acid: Molecular Mechanisms and Therapeutic Trajectory. *Front Vet Sci*, 25(6), 192. doi: 10.3389/fvets.2019.00192.

Rendu, F., & Brohard, B.(2001). The plates release reaction; granules constituents, secretions and functions. *Platelets*, 12(5), 261-273. doi: 10.1080/09537100120068170.

Rhee, B., Jin, C., Shin, S.H., Choi, H., Lee, & Y., Kim, S.(2023). Establishment of an image evaluation grading criteria for experimental stifle joint osteoarthritis in dogs: an X-ray and CT imaging study. *Lab Anim Res*, 15, 34-39. doi: 10.1186/s42826-023-00186-z.

Ryosuke, E., Manabu, M., Ryohei, N., & Nobuo, S.(2006). Suppressive Effect of Hyaluronan on Chondrocyte Apoptosis in Experimentally Induced Acute Osteoarthritis in Dogs. *J. Vet. Med. Sci.* 68(8), 899–902. doi: 10.1292/jvms.68.899.

Sardari, K., Emami, M.R., Kazemi, H., Movasagi, A.R., Goli, A.A., Lotfi, A., & Malekzadeh, S.(2011). Effects of platelet-rich plasma (PRP) on cutaneous regeneration and wound healing in dogs treated with dexamethasone. *Comp Clin Path*, 20, 155-162.

Schulz K.S., & Hayashi, K.(2018). Other diseases of the bones and joints. In T.W. Fossum(ed), *manuel of small animal surgery* (4th ed., 1218-1220). Holland: Elsevier.

Spinella, G., Arcamone, G., & Valentini, S.(2021). Cranial Cruciate Ligament Rupture in Dogs: Review on Biomechanics, Etiopathogenetic Factors and Rehabilitation. *Vet Sci*, 8(9), 186. doi: 10.3390/vetsci8090186.

Szponder, T., Latałski, M., Danielewicz, A., Krac, K., Kozera, A., Drzewiecka, B., Nguyen, N.D., Dobko, D., & Wessely-Szponder, J.(2022). Osteoarthritis: Pathogenesis, Animal Models, and New Regenerative Therapies. *J Clin Med*, 20, 12(1), 5. doi: 10.3390/jcm12010005.

Toh, W.S., Lai, R.C., Hui, J.H.P., & Lim, S.K.(2017). MSC exosome as a cell free MSC therapy for cartilage regeneration: Implications for osteoarthritis treatment. *Semin Cell Dev Biol*, 67, 56-64. doi: 10.1016/j.semcdb.2016.11.008.

Venator, K.P., Frye, C.W., Gamble, L.J., & Wakshlag, J.J.(2020). Assessment of a Single Intra-Articular Stifle Injection of Pure Platelet Rich Plasma on Symmetry Indices in Dogs with Unilateral or Bilateral Stifle Osteoarthritis from Long-Term Medically Managed Cranial Cruciate Ligament Disease. *Vet Med (Auckl)*, 9(11), 31-38. doi: 10.2147/VMRR.S238598.

Wasterlain, A.S., Braun, H.J., Harris, A.H., Kim, H.J., & Dragoo, J.L.(2013). The systemic effects of platelet-rich plasma injection. *Am J Sports Med*, 41(1), 186-193. doi: 10.1177/0363546512466383.

Xia, B., Chen, D., Zhang, J., Hu, S., Jin, H., & Tong, P.(2014). Osteoarthritis Pathogenesis: A Review of Molecular Mechanisms. *Calcif Tissue Int*, 95, 495–505. doi: 10.1007/s00223-014-9917-9.

Zakirova, E.Y., Valeeva, A.N., Masgutov, R.F., Naumenko, E.A., & Rizvanov, A.A.(2017). Application of allogenic adipose-derived multipotent mesenchymal stromal cells from cat for tibial bone pseudoarthrosis therapy (case report). *Bio Nano Science*, 7, 207-211. <http://dx.doi.org/10.1007/s12668-016-0306-x>

Zakrzewski, W., Dobrzyński, M., Szymonowicz, & M., Rybak, Z.(2019). Stem cells: past, present, and future. *Stem Cell Res Ther*, 10(1), 1-22. doi: 10.1186/s13287-019-1165-5.

Zóboli, A.A.C., Rezende, M.U., Campos, G.C., Pasqualin, T., Frucchi, R., & Camargo, O.P.(2013). Prospective randomized clinical trial: single and weekly viscosupplementation. *Acta Ortopedica Brasileira*, 21(5), 271–275. doi: 10.1590/s1413-78522013000500006.

BÖLÜM 8

KEDİLERDE KALİSİVİRÜS ENFEKSİYONU

NURİ MAMAK¹

1. Giriş

Kedi kalisivirüsü (FCV), kedilerde en yaygın ve klinik açıdan en önemli viral patojenlerden biridir. FCV, oldukça bulaşıcıdır ve genel kedi popülasyonunda yaygın olarak bulunur (Radford & ark., 2021: 443). Öncelikle ağız ve üst solunum yolu hastalığına (ÜSYE) neden olan bir kedi solunum yolu patojeni olarak tanımlanmasına rağmen (Sykes, 2014: 331), FCV enfeksiyonu bir dizi başka klinik belirtiliyle de ilişkilendirilmiştir (Di Profio & ark., 2025: 2009). FCV, evcil kediler arasında yaygın olan, yüksek oranda mutajenik bir RNA virüsüdür (Zheng & ve ark.; 2021: e73). Felidae ailesine özgüdür ve zoonotik potansiyeli yoktur. FCV, kedi popülasyonlarında yüksek genetik ve antijenik değişkenlik gösterir (Huang & ark., 2010: 129). Sıklıkla ve tipik olarak, özellikle dil ve damakta olmak üzere ağız ülserleri ve hafif üst solunum yolu belirtileri ile birlikte bulunur. Yavru kedilerde ve nadiren de yetişkin kedilerde, FCV enfeksiyonu şiddetli pnömoniye yol açabilir. Akut

¹ Prof. Dr., Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi, İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Burdur, Türkiye, Orcid: 0000-0001-9752-9709

FCV enfeksiyonu sırasında ve canlı zayıflatılmış virüs aşıları ile FCV aşılama sonrasında farklı uzuvlarda değişen topallık ile birlikte bir topallama sendromu belgelenmiştir. Ayrıca, FCV'nin kedilerde kronik gingivostomatit ile ilişkili olduğu ve son olarak, virülan sistemik FCV (VS-FCV) enfeksiyonunun, hastalığın epizootik yayılımı nedeniyle etkilenen kedi veya çoklu kedi ortamındaki birkaç kedi için sıklıkla ölümcül sonuçlar doğurduğu tanımlanmıştır (Fried & ark., 2021: 381; Pedersen & ark., 2000: 281; Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937). Şiddetli vakalarda VS-FCV enfeksiyonu alopesi, deri, ağız boşluğu, kulak kepçesi, burun delikleri ülserleri ve seröz hücreli kabuklanma ile nekrotizan pododermatite neden olabilir. Diğer semptomlar arasında deri altı ödemi, bronkointerstisyel pnömoni ve pankreas, karaciğer ve dalak nekrozu bulunur ve bu da enfekte kedilerde yüksek ölüm oranına yol açar (Spiri, 2022: 225).

FCV için tanı yöntemleri arasında ters transkripsiyon polimeraz zincir reaksiyonu (RT-PCR), hücre kültüründe virüs izolasyonu, elektron mikroskopi, immünohistokimya ve antikor ölçümleri yer almaktadır. Tedavi esas olarak destekleyici bakımı içerir ve FCV için özel olarak ruhsatlı antiviral ilaçlar bulunmamaktadır; ancak nitazoksanid ve mizoribin gibi bileşiklerin in vitro antiviral aktivite gösterdiği kanıtlanmıştır (Cui & ark., 2020: 104827). Virüs 60 yıldan fazla bir süredir biliniyor ve araştırılıyor olmasına rağmen, sterilize edici bağışıklık sağlayan veya VS-FCV kaynaklı hastalıktan güvenilir bir şekilde koruyan aşılardan eksikliği gibi hala birçok çözülmemiş problemler vardır (Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937) Buna rağmen, FCV yönetiminde aşılama çok önemlidir; modifiye canlı ve inaktive aşılardan olmak üzere çeşitli aşı türleri mevcuttur (Bordicchia & ark., 2021: 2040). FCV'nin yayılmasını kontrol altına almak için hijyenik önlemler ve etkili dezenfeksiyon, özellikle birden fazla kedinin bulunduğu ortamlarda önemlidir (Radford ve ark., 2009: 556). Bu bölümde, kedi

kalisivirüsü'nün etiyolojisi, epidemiyolojisi, patogenezi, klinik belirtileri, tedavisi ve kontrolü ele alınmıştır.

2. Etiyoloji

FCV, Caliciviridae ailesinin Vesivirus cinsine ait oldukça bulaşıcı bir patojendir. Bu aile, norovirüsler gibi önemli insan patojenlerinin yanı sıra tavşan hemorajik hastalığı virüsü ve Avrupa kahverengi tavşan sendromu virüsü gibi hayvanlara özgü virüsleri de içerir. Partiküller üzerindeki karakteristik fincan şeklindeki çukurlar, kalicivirüs ailesinin adının kaynağıdır (Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937). Virüs, hızlı evrim geçirmesine olanak tanıyan, pozitif (haberci) polariteli küçük (yaklaşık 7,5 kb) tek sarmallı bir RNA genomuna sahiptir. Zarf içermeyen bir virüstür ve lipid zarfının olmaması, çevredeki kalıcılığına katkıda bulunur ve virüsün konakçı hücrelerin hücresel fosfolipid zarlarıyla kaynaşmamasının, bunun yerine onlara girmek için alternatif yollar kullanmasının nedenini açıklar (Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937).

Virusun yapısında bulunan ana kapsid proteininde (VP1), antijenik bölgeler A'dan F'ye ve özellikle E bölgesine kadar olan kısımların, viral reseptör olan kedi bağlantisal yapışma molekülü A (fJAM-A) ile etkileşime girdiği bilinmektedir. FCV'nin hücresel reseptörü olan fJAM-A, endotel ve epitel hücrelerinin sıkı bağlantılarında bulunur ve bu hücre katmanlarının bütünlüğünü ve geçirgenliğini düzenler (Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937). fJAM-A, hücresel sıkı bağlantılarda bulunur ve bozulması ağız ve deri ülserlerinin oluşumuyla ilişkilidir. Son araştırmalar, FCV'nin hücresel giriş için klattrin aracılı endositozu bir yol olarak kullandığını ve ayrıca endozomların asitleştirilmesinin viral genomun soyulması için gerekli olduğunu ortaya koymuştur (Stuart & Brown, 2006: 7500). FCV izolatları arasındaki antijenik varyasyonlar, aşı çapraz korumasının sağlanmasında zorluklar yaratmaktadır. Bununla birlikte, suşlar arasındaki benzerlik derecesi,

belirli bir düzeyde çapraz korumaya izin vermektedir (Yang & ark., 2023: 7388). VP1'in fJAM-A'ya bağlanmasından sonra, virüs hücrenin enfeksiyonu için gerekli olan konformasyonel değişikliklere uğrar (Lu & ark., 2018: e00035). Farklı FCV izolatları arasındaki antijenik farklılıklar, aşı çapraz korumasını en üst düzeye çıkarmaya çalışırken bazı zorluklar yaratabilir (Poulet & ark.; 2000: 243). Bununla birlikte, FCV suşlarının çoğu antijenik olarak birbirine yeterince yakın olduğundan bir dereceye kadar çapraz koruma sağlamaktadır ve bu durum aşı geliştirme çalışmalarında kullanılmıştır. Genetik olarak, FCV'lerin çoğu tek bir çeşitli gen grubuna aittir (Coyne & ark., 2012: 11356); ancak Doğu Asya'da ikinci bir gen grubu tanımlanmıştır (Guo & ark., 2022: 2924). FCV suşlarının mekansal ve zamansal dağılımının incelenmesinde, çok yüksek genetik ve antijenik FCV suş karmaşıklığı tanımlanmıştır, bir kedi popülasyonunda birçok farklı FCV suşu dolaşmakta ve hiçbir bireysel saha suşu baskın değildir (Spiri & ark., 2016: 3253).

3. Epidemiyoloji

FCV, kozmopolit bir dağılıma sahiptir ve dünya çapında kedilerin en yaygın viral patojenlerinden biridir. FCV, enfekte hayvanlarda tipik olarak yüksek morbiditeye ancak düşük mortaliteye neden olur. Virüs oldukça bulaşıcıdır ve bulaşma esas olarak enfekte bir kediyle doğrudan temas yoluyla gerçekleşir. FCV öncelikle ağız ve burun salgıları yoluyla yayılır, ancak göz ve rektal sürüntülerde, dışkıda, kanda ve bazen de idrar örneklerinde de tespit edilmiştir. Akut enfeksiyonlu hayvanlar en önemli kaynaklar arasındadır (Rice & ark., 2002: 293; Di Profio & ark., 2025: 2009). FCV öncelikle kedileri etkiler ve vahşi kedigiller dışında bilinen bir rezervuarı veya alternatif konakçısı yoktur. İnsanlar enfeksiyona duyarlı değildir. FCV benzeri virüsler köpeklerden ara sıra izole edilmiştir ve bunların hem köpeklerde hem de kedilerde FCV epidemiyolojisindeki rolü belirsizdir. FCV TIG-1 suşu, 2014 yılında bir Sibirya kaplanının dışkısından izole edilmiştir. TIG-1 suşunun

büyüme kinetiği, enfeksiyondan sonraki 12 ila 36 saat arasında F9 suşuna kıyasla viral yükte daha hızlı bir artış göstermiştir. TIG-1, enfekte kedilerde %100 morbidite ve ölümcüllüğe neden olan oldukça virülan bir FCV suşu olarak tanımlanmıştır (Tian & ark.; 2016: 110). Kediler enfeksiyondan sonra en az 30 gün boyunca virüs yaymaya devam edebilir, bazılarında ise bu durum birkaç yıl hatta ömür boyu sürebilir. FCV, hem akut enfeksiyon geçiren kedilerde hem de görünüşte iyileşmiş ancak taşıyıcı olarak kalan kedilerde tespit edilir. Virüsün çevrede kalıcı olma yeteneği önemlidir, çünkü oda sıcaklığında kuru yüzeylerde günlerce hatta haftalarca, daha soğuk ve nemli koşullarda ise daha uzun süre hayatta kalabilir (Nims & Plavsic, 2013: 65). Bir kolonideki yüksek FCV yaygınlığı, az sayıda kalıcı olarak enfekte olmuş kedi ve kedi popülasyonunun diğer üyelerinin aynı FCV suşunun bir varyantı veya farklı bir suşla yeniden enfekte olmasıyla ilgili yüksek FCV suş çeşitliliğiyle ilişkilidir. Her kedi kolonisi veya grubu genellikle farklı atalardan evrimleşen farklı virüslerle enfekte olur (Radford & ark., 2001: 477; Radford & ark., 2003: 145). Aynı zamanda, bireysel kediler birden fazla FCV suşuyla enfekte olabilir (Coyne & ark., 2007: 1961). Ayrıca, FCV'nin kedilerde kronik gingivostomatit ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Fried & ark., 2021: 381) ve son olarak, VS-FCV enfeksiyonunun, hastalığın epizootik yayılımı nedeniyle etkilenen kedi veya çoklu kedi ortamındaki birkaç kedi için sıklıkla ölümcül sonuçlar doğurduğu tanımlanmıştır. Bir kedi kolonisine yeni suşların girmesi ve bireysel kedilerin birden fazla suşla enfekte olması, genetik değişkenliği artıran rekombinasyon olaylarına yol açabilir; bu durum, bir kedide toplu bağışıklık yanıtından kaçan antijenik varyantların seçimiyle ilişkili olabilir ve böylece bir kedi popülasyonunda endemik enfeksiyonu mümkün kılabilir (Coyne & ark., 2007: 1961). Kedilerin yüksek oranda değiştiği ve dolayısıyla yeni FCV suşlarının sık sık girdiği barınak ortamlarında, FCV'nin özellikle yüksek genetik değişkenliği gösterilmiştir (Pereira & ark., 2018: 777). Kedi barınaklarında FCV'nin yayılması, iyi hijyen ve

biyolojik güvenlik önlemleriyle azaltılabilir. Enfeksiyon genellikle akut enfekte ve taşıyıcı kedilerin salgılarıyla doğrudan temas yoluyla meydana gelir. Bununla birlikte, virüs çevrede hayatta kalır ve oda sıcaklığında kuru yüzeylerde bir aya kadar, daha soğuk koşullarda ise daha da uzun süre bulaşıcı kalır. Virüs ayrıca kuru ortamlara kıyasla nemli ortamlarda daha uzun süre kalır ve FCV yayan kedilerin bulunduğu tesislerde aerosol yayılımı tespit edilmiştir (Spiri & ark., 2019: 958). Virüs ayrıca pire dışkısında sekiz güne kadar bulaşıcı kalabilir ve yavru kediler, enfekte pireler veya dışkılarıyla temas yoluyla deneysel olarak FCV ile enfekte edilmiştir (Mencke & ark., 2009: 185; Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937).

4. Patogenez

Virüs, epitel hücrelerinde nekroza neden olur, tipik olarak dilde oluşan veziküller ülserlere dönüşür, etkilenen bölgelerde mukoza nötrofillerle infiltre olur. İyileşme genellikle iki ila üç hafta sürer, ancak bazı vakalarda önemli ölçüde daha uzun sürebilir. FCV daha az sıklıkla akciğerler veya eklemler gibi diğer dokuları etkileyerek pnömoniye (fokal alveolit, akut eksüdatif pnömoni alanlarına ve ardından proliferatif, interstisyel pnömoniye ilerler) ve topallığa, yani topallama sendromuna yol açar. Kedi herpes virüsü (FHV) ve FCV'nin birlikte enfeksiyonları, pnömonili yavru kedilerde tanımlanmıştır; FHV enfeksiyonu, mukosiliyer temizliğin azalması ve bağışıklık savunmasının bozulması nedeniyle FCV ile ikincil enfeksiyonu kolaylaştırabilecek hava yolu hasarına yol açar. Topallama sendromlu kedilerde sinoviyal membranların kalınlaşması ve sinoviyal sıvının miktarında artış ile birlikte akut sinovit gözlemlenmiştir. Topallama sendromunun patogenezini net değildir, ancak immün komplekslerin rol oynadığı düşünülmektedir ve FCV etkilenen eklemlerden izole edilebilir. Topallama sendromu, bazı modifiye canlı virüs aşılıyla FCV aşılmasından sonra da ortaya çıkabilir (Dawson & ark., 1994: 133; Dawson & ark., 1993: 346; Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937).

FCV enfeksiyonunun en karakteristik patolojik özelliği, zamanla yırtılan ve üstteki epitelin nekrozuna ve ülser oluşumuna yol açan oral veziküllerin gelişmesidir. Ülserli bölgeler daha sonra önemli nötrofil infiltrasyonuna uğrar (Radford & ark., 2021: 443). Bu lezyonlar, epitel hücrelerinin sıkı bağlantılarının bozulmasından kaynaklanır ve doku bütünlüğünü tehlikeye atar (Pesavento & ark., 2011: 361).

Kedilerde FCV enfeksiyonu öncelikle orofarenkste meydana gelir ve geçici viremiye neden olarak FCV'yi çeşitli dokulara yayar. İmmünohistokimya ve elektron mikroskopi, VS-FCV'nin kedi epitel ve endotel hücrelerini enfekte ettiğini, hücre ölümüne, vasküler hasara ve yüksek mortaliteye yol açtığını doğrulamıştır (Pesavento & ark., 2004: 257). VS-FCV suşları, epitel ve endotel hücre bağlantılarında bulunan bir reseptör olan fJAM-A'yı hedef alarak bağlantı bozulmasına ve sızıntıya neden olur. Ek olarak, kedi trombositlerinde ve kan lökositlerinde fJAM-A reseptörünün varlığı, kanda FCV RNA'sının saptanmasıyla da gösterildiği gibi, FCV'nin hematojen dağılımını düşündürmektedir (Pesavento & ark., 2011: 361). FCV, protein sentezini inhibe ederek ve apoptozu indükleyerek konak hücre süreçlerini manipüle eder. Ökaryotik başlatma faktörlerini (eIF'ler) seçici olarak parçalayarak konak protein sentezini bozar ve hücre mekanizmasını viral protein üretimine yönlendirir (Willcocks & ark., 2004: 1125). Apoptoz, viral yavruların salınımını kolaylaştırarak viral yayılımı daha da yardımcı olur (Al-Molawi & ark., 2003: 1237).

VS-FCV'nin neden olduğu sistemik hastalığın patogenezi ve klinik görünümü, yukarıda açıklanan tipik tablodan önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu VS-FCV suşları, enfekte kedilerin üçte ikisine kadarında yaygın vaskülit, çoklu organ tutulumuna ve ölüme neden olmaktadır (Coyne & ark., 2006: 544). VS-FCV enfeksiyonunun patogenezi bilinmemektedir ve viral evrim ve/veya

immün aracılı bileşenlerin yanı sıra çevresel ve yönetim faktörlerini de içerebilir (Hurley, 2006).

5. Tanı

FCV enfeksiyonunun tespiti ve tanısı çeşitli yöntemler içerir ve viral genom, geleneksel, nested ve gerçek zamanlı RT-PCR gibi çeşitli PCR tabanlı testler yoluyla tespit edilebilir. Test optimizasyonuna rağmen, bazı yerleşik RT-PCR sistemleri, virüsün yüksek genetik değişkenliği nedeniyle tüm FCV izolatlarını çoğaltmada başarısız olabilir (Meli & ark., 2018: 54). Gerçek zamanlı RT-PCR, daha yüksek hassasiyeti nedeniyle genellikle tercih edilir ve kantitatif testler, viral yük hakkında bilgi sağlayabilir. Orofarenks ve dil sürüntülerinin konjonktival sürüntülere kıyasla pozitif sonuç verme olasılığı daha yüksektir (Schulz & ark., 2015: 1012). Hızlı ve sağlam bir tespit yöntemi olan, enzimatik rekombinaz amplifikasyonu ile lateral akışlı test çubuğunun birleştirilmesi potansiyel göstermekte ancak daha fazla doğrulama gerektirmektedir (Liu & ark., 2022: 1651). Virüs izolasyonu, FCV enfeksiyonunu tespit etmek için değerli bir yöntemdir; ancak, yeterli numune miktarına duyulan ihtiyaç, taşıma sırasında virüsün inaktivasyon potansiyeli ve numunede bulunan antikorlardan kaynaklanan girişim gibi çeşitli faktörler nedeniyle her zaman başarılı olmayabilir. FCV, orofarenks, burun veya konjonktivadan alınan sürüntülerden izole edilebilir. Tespit duyarlılığı, RT-PCR'nin virüs izolasyon yöntemleriyle birleştirilmesiyle artırılabilir. Negatif bir test sonucu, özellikle şüpheli vakalarda, enfeksiyonu kesin olarak dışlamaz (Meli & ark., 2018: 54). Virüs, burun, konjonktiva veya orofaringeal sürüntülerden izole edilebilir (Gaskell & ark., 1998: 97), ancak örnekteki virion sayısının düşük olması, taşıma sırasında virüsün inaktivasyonu veya hücre dışı sıvılarda virüsün in vitro çoğalmasını engelleyen antikorların varlığı nedeniyle virüs izolasyonu başarısız olabilir (Meli & ark., 2018: 54). Elektron mikroskopi ve immünohistokimya güçlü tanı araçlarıdır ancak özel

ekipman ve teknik gereksinimleri nedeniyle rutin kullanım için pratik değildir (Monne Rodriguez & ark., 2014: 156).

VS-FCV enfeksiyonlarının teşhisi, spesifik genetik belirteçlere dayanmaz. Bunun yerine, klinik belirtilerin, epidemiyolojik bağlamın ve moleküler tanı bulgularının kapsamlı bir değerlendirmesini gerektirir. Bugüne kadar, klasik FCV ve VS-FCV enfeksiyonlarını birbirinden ayırt edebilecek tek bir laboratuvar testi bulunmamaktadır. Yukarıda FCV için belirtilenler VS-FCV için de geçerlidir: negatif bir FCV RTPCR sonucu, VS-FCV enfeksiyonunu dışlamaz (Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937).

6. Klinik Belirtiler

Klinik bulgular, FCV suşuna, etkilenen kedilerin yaşına ve bakım faktörlerine bağlı olarak farklılık gösterebilir. FCV enfeksiyonu akut oral ve üst solunum yolu belirtilerine neden olabilir, ancak aynı zamanda bağışıklık sistemiyle ilişkili bir durum olarak kabul edilen kronik gingivostomatit ile de ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, "ayak ve pençe" hastalığı ve VS-FCV hastalığı da tanımlanmıştır. Bazı vakalarda enfeksiyon subklinik iken, birçok vakada tipik bir dil ülseri sendromu ve nispeten hafif bir akut solunum yolu hastalığı görülür (Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937).

6.1. Akut Ağız ve Üst Solunum Yolu Hastalığı

Akut oral ve üst solunum yolu hastalığı belirtileri çoğunlukla yavru kedilerde görülür. Kuluçka süresi iki ila on gündür (Hurley & Sykes, 2003: 759). Ağız ülserleri, hapsirme ve seröz burun akıntısı başlıca belirtilerdir. Ateş de sıklıkla gözlenir. Ağız ülserleri (çoğunlukla dilde bulunur) nedeniyle bazen hipersalivasyon ile birlikte görülen iştahsızlık, rinit belirtilerinden daha belirgindir (Zheng & ark., 2021: e73). Belirtiler genellikle birkaç gün sonra

sadece semptomatik tedavi ile düzelir. Bazı şiddetli vakalarda, özellikle genç yavru kedilerde, nefes darlığı, öksürük, ateş ve depresyon ile kendini gösteren zatürre görülebilir. Ayrıca, FCV ile enfekte kedilerde eroziv konjonktivit vakaları bildirilmiştir (Gerriets % ark., 2012: 172).

FCV enfeksiyonu, solunum yolu tutulumunun ötesinde, topallama sendromu olarak bilinen kas-iskelet sistemi hastalığına da neden olabilir (Balboni & ark., 2022: 613). Bu durum, bir veya daha fazla uzvu etkileyen akut, değişken topallık, eklem ağrısı, şişlik, hareket etme isteksizliği, ateş ve halsizlik ile karakterizedir (Lanavea & ark., 2023: 1778). Genellikle kendiliğinden iyileşse de, bu belirtiler etkilenen kedilerde önemli rahatsızlığa neden olabilir (Hidayat, 2025: 21).

En şiddetli belirtisi, yüksek ateş, uyuşukluk, iştahsızlık, mukokutanöz ülserasyon, yüz ve uzuv ödemi, deri eritemi veya nekrozu, sarılık ve karaciğer ve akciğer hasarı gibi çoklu organ tutulumunu içeren akut başlangıçlı sistemik hastalıkla karakterize edilen VS-FCV'dir. Vaka ölüm oranı, özellikle duyarlı veya stresli kedi popülasyonlarında, klasik FCV enfeksiyonlarına göre belirgin şekilde daha yüksektir (Duclos & ark., 2024: 1).

6.2. Kedilerde Kronik Gingivostomatit (FCGS)

FCGS, özellikle damak-dil kıvrımlarının yan bölgelerinde eroziv ve/veya proliferatif inflamatuvar lezyonlarla karakterizedir. Bu durumdan etkilenen kedilerde orta ila şiddetli oral ağrı, aşırı tükürük salgısı, azalmış tüy görünümü, iştahsızlık, kilo kaybı, sinirlilik, içine kapanık davranış ve azalmış aktivite görülebilir. Hastalık aylarca hatta yıllarca sürebilir ve yaşam kalitesini önemli ölçüde etkileyerek bazı sahiplerin insancıl ötenaziye başvurmasına neden olabilir (Winer& 2016: 54).

6.3. Poliartrit

FCV, bazen topallık sendromu olarak bilinen poliartrite neden olabilir. Bu durum, topallık, eklem ağrısı, sertlik, hiperestezi ve kas ağrısı ile ilişkilidir ve sıklıkla ateş, depresyon ve iştahsızlık eşlik eder. Topallık, hafiften şiddetliye kadar değişebilir, bir veya birden fazla uzvu etkileyebilir ve sıklıkla kısa bir süre içinde uzuvlar arasında geçiş yapabilir. Ayrıca, akut solunum ve ağız semptomlarıyla eş zamanlı olarak veya bunların ardından belirgin bir klinik belirti olarak da gelişebilir. Etkilenen eklemlerde gözlemlenen lezyonlar arasında sinovyal membran kalınlaşması, artmış sinovyal sıvı üretimi, ödem ve çok odaklı kanamalar yer almaktadır. Çoğu durumda, eklemlerde uzun süreli etkiler olmaksızın 24-48 saat içinde tam iyileşme meydana gelir. Kalıcı enfeksiyon vakalarında, hastalığın başlangıcından birkaç ay sonra bile topallık ve eklem lezyonları gözlemlenebilir (Balboni & ark., 2022: 613; Lanave & ark., 2023; Di Profio & ark., 2025: 2009).

6.4. Pati ve Ağız Hastalığı

Karakteristik klinik belirtiler arasında patilerin ve başın derisinde, ağız içinde ve çevresinde ve perianal bölgede deri ödemi ve ülseratif lezyonlar, ayrıca ateş, depresyon ve iştahsızlık bulunur. Ödem esas olarak baş ve uzuvlarda bulunur. Genellikle ölüm oranı yüksek değildir, ancak ölümcül vakalarda tanımlanmıştır (Willi & ark., 2016: 202; Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937).

6.5. Virulent Sistemik Kedi Kalisivirüsü

Hastalık başlangıçta "hemorajik benzeri ateş" (Pedersen & ark., 2000: 281) olarak adlandırılmış, ancak daha sonra kanamalar nadiren gözlemlendiği için "oldukça virülan kedi kalisivirüs hastalığı" adı önerilmiştir (Hurley & ark., 2004: 241). Etken virüs suşları en yaygın olarak "virülan sistemik kedi kalisivirüsü" (VS-FCV) olarak adlandırılır. Yaygın suşların aksine, VS-FCV suşları,

şiddetli sistemik inflamatuvar yanıt sendromu, yaygın damar içi pıhtılaşma (DIC), çoklu organ yetmezliği ve genellikle ölümle karakterize sistemik hastalığa neden olur. Ölüm oranı yüksektir (%30–70) ve VS-FCV enfeksiyonunun klinik belirtileri değişkendir (Foley & ark., 2006: 55; Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937). Başlangıç semptomları tipik olarak, hapşırma, burun tıkanıklığı ve göz yaşı akıntısı ile birlikte hipertermi, iştahsızlık, uyuşukluk, ses kaybı ve aşırı sinirlilik ile karakterize edilen şiddetli akut üst solunum yolu hastalığına benzer. Hastalık ilerledikçe, pnömoni ve akciğer ödemi gelişebilir ve ciddi solunum güçlüğüne neden olabilir. Özellikle baş ve uzuvlarda değişen derecelerde yaygın deri ödemi karakteristiktir ve sürekli olarak gözlemlenir. Dermatolojik belirtiler belirgindir; ağız boşluğundan yüze, kulak kepçelerine ve patilere uzanan ülserler, burun, dudaklar, gözler ve kulaklar çevresinde fokal kabuklanma, eritem ve tüy dökülmesi ile birlikte görülür. Lezyonlar daha büyük, düzensiz kabuklar halinde birleşebilir. Bazı kedilerde hepatik nekroz ve karaciğer yetmezliği nedeniyle sarılık görülebilir (Hurley & ark., 2004: 241; Coyne & ark., 2006: 544). VS-FCV hastalığı olan bazı kedilerde sarılık görülür (örneğin, hepatik nekroz, pankreatit nedeniyle), bazılarında ise şiddetli solunum güçlüğü görülebilir (örneğin, pulmoner ödem nedeniyle). Yaygın damar içi pıhtılaşmaya bağlı tromboembolizm ve koagülopati gözlemlenebilir ve peteşi, ekimoz, burun kanaması veya kanlı dışkıya neden olabilir (Wang & ark., 2021: 2521).

6.6. Enterit

Enterit, FCV enfeksiyonu ile ilişkili bir klinik belirtili olarak da düşünülebilir. Aslında, FCV'nin ilk izolasyonu kedilerin gastrointestinal sisteminden belgelenmiştir ve daha sonraki birçok çalışma bu ilişkiyi desteklemiştir (Fastier, 1957: 382–389).

6.7. Kedilerde Alt İdrar Yolu Hastalığı ve Abort

Ayrıca, FCV'nin özellikle idiyopatik vakalarda kedilerde alt idrar yolu hastalığına (FLUTD) katkıda bulunan bir faktör olduğu öne sürülmüştür; bu durum, etkilenen kedilerde idrar ve üretral tıkaçlardan virüs izolasyonu ile desteklenmektedir, ancak doğrudan nedensel rolü henüz doğrulanmamıştır (Lund & ark., 2012: 895). Son olarak, abort yapan fetüslerden virüs izolasyonu ile gebe kedilerde FCV enfeksiyonunun potansiyel sonuçları olarak transplasental bulaşma ve abort düşünülmüştür (van Vuuren & ark., 1999: 636).

7. Tedavi

FCV'nin neden olduğu üst solunum yolu enfeksiyonu olan kedilerin tedavisi, intravenöz sıvılar, steroid olmayan antiinflamatuvar ilaçlar, nebulizasyon tedavisi ve beslenmeyi sürdürmek için son derece lezzetli yiyeceklerin verilmesini içeren destekleyici bakıma odaklanır (Radford & ark., 2009; 556). Şiddetli klinik belirtileri olan kedilerde dehidratasyonun tedavisi ve intravenöz sıvı uygulamasıyla elektrolit dengesizliklerinin giderilmesi gereklidir. Besin alımı son derece önemlidir. Yiyecekler, yerken daha az ağrıya neden olacak şekilde püre haline getirilebilir, oldukça lezzetli olmalı ve kokusunu artırmak için ısıtılmalıdır. Kediye sıcak, kokulu püre haline getirilmiş yiyeceklerle elle besleyerek yemeye teşvik etmek bazı durumlarda yeterli olabilir. Alternatif olarak, elle besleme için ticari sıvı yüksek enerjili diyetler kullanılabilir. Ek olarak, iştah açıcılar (örneğin, mirtazapin; 2 mg/keci PO 24 saatte bir transdermal preparat olarak mevcuttur. Böbrek veya karaciğer fonksiyon bozukluğu varsa 48 saatte bir verilebilir. Bununla birlikte, kedi üç günden fazla yemek yemiyorsa, besleme tüpü yerleştirilmesi ve enteral beslenme endikasyonu vardır. Diğer bir seçenek, nazoözofageal tüp ile beslemedir. Daha ciddi vakalarda ve birkaç gün içinde yemek yiyemeyeceği tahmin edilen kedilerde, özofagostomi tüpü ile besleme kullanılabilir. Steroid

olmayan antiinflamatuvar ilaçlar, ateş ve ağız ağrısını azaltmak için kullanılabilir, ancak yalnızca dehidratasyonu düzeltildikten sonra ve ideal olarak yemek alımı olduğunda kullanılmalıdır. Rekombinant kedi interferon omega (feIFN- ω), klinik belirtileri ve FCV replikasyonunu azaltmada etkili olduğunu göstermiştir (Matsumoto & ark., 2018: 53). Nitazoksanid ve mizoribin, hem in vitro hem de in vivo olarak antiviral aktivite göstermiş ve potansiyel terapötik faydalar sunmuştur (Cui vd., 2020: 104827). FCV, kedi herpes virüsü (FHV) ve kedi parvovirüsüne (FPV) karşı antikor içeren serumların, akut viral kedi üst solunum yolu enfeksiyonlarının tedavisinde etkili olduğu gösterilmiştir (Friedl & ark., 2014: 316). FCV enfeksiyonunun neden olduğu kedi kronik gingivostomatitinin (FCGS) tedavisinde, diş hijyeni, kortikosteroid tedavisi ve mezenkimal kök hücre tedavisi de dahil olmak üzere çeşitli yaklaşımlar araştırılmıştır. Sekunder bakteriyel enfeksiyonlar mevcut olduğunda, FCGS için geniş spektrumlu antibiyotikler reçete edilir. Prednisolon ve felFN- ω , FCGS'nin yönetimi için düşünülmekte olup, ayrıca stresi azaltmak, çevreyi zenginleştirmek ve iyi hijyeni sağlamak, çok kedili evlerde FCGS'yi önlemek için önemlidir (Hennet vd., 2011: 577). Maropitant bazen üst solunum yolu belirtileri gösteren kedilerde kullanılır. Veteriner kliniğinde kullanılmak üzere ucuz küçük nebulizatörler satın alınabilir ve düzenli olarak tuzlu su ile nebulizasyon tedavisi uygulanabilir (mümkünse 4-6 saatte bir, her seferinde 15 dakika). Burun akıntısı varsa, günde birkaç kez fizyolojik serum fizyolojik solüsyonu ile temizlenmeli ve burun deliklerinin çevresine lokal olarak merhem uygulanmalıdır. Burun çok tıkalıysa, serum fizyolojik ile burun yıkama yardımcı olabilir. Mukuslu burun akıntısı varsa, mukolitik etkili ilaçlar (örneğin, bromheksin) faydalı olabilir. Ateş, uyuşukluk veya iştahsızlığın mukopürülant burun akıntısıyla birlikte mevcut olması durumunda yedi ila on gün boyunca oral doksisiklin (10 mg/kg günde bir veya 5 mg/kg günde iki kez) önerilmektedir (Lappin& ark., 2017: 279).

Ribavirin, in vitro olarak FCV replikasyonunu inhibe edebilen birkaç antiviral ajandan biridir; ayrıca, in vitro olarak, düşük sitotoksositeye sahip bakır klorür ile kombinasyon halinde ribavirin ile sinerjik antiviral etkiler tanımlanmıştır (Li & ark., 2020: 231). Bununla birlikte, ribavirin kediler için çok toksik görünmektedir ve yan etkiler sistemik kullanımını engellemiştir (Povey, 1978: 1337).

Kedi interferon- ω 'nun (bazı Avrupa ülkelerinde köpek parvovirüsü, kedi lösemi virüsü ve FIV enfeksiyonlarının tedavisi için ruhsatlandırılmıştır) in vitro FCV replikasyonunu inhibe ettiği gösterilmiştir (Taira & ark., 2005: 543). Araştırmacılar, Nitazoxanide (NTZ) 'nin FCV enfeksiyonunu tedavi etmek için terapötik ajan olarak kullanılabileceği ve NTZ ile mizoribine (MZR), arasında in vivo potansiyel sinerjinin yanı sıra ilaç direncinin potansiyel gelişiminin de daha fazla çalışma ile ele alınması gerektiği sonucuna vardılar. FCV, FHV ve kedi parvovirüsüne (FPV) karşı antikorlar içeren ticari olarak temin edilebilen bir ürün olan Feliserin (sadece Almanya'da ve Avusturya'da özel ithalat yoluyla temin edilebilen hiperimmün serum), akut viral kedi üst solunum yolu hastalığının (FURTD) tedavisi için ticari olarak mevcuttur. Bir çalışmada, FCV ve/veya FHV enfeksiyonuna bağlı akut viral FURTD tedavisinde plaseboya kıyasla etkinliği değerlendirilmiştir (Friedl & ark., 2014: 316). Feliserin üç gün boyunca günde bir kez deri altına ve 8 saatte bir gözlere, burun deliklerine ve ağza topikal olarak uygulandı. Her iki gruptaki klinik belirtiler ve sağlık durumu zamanla önemli ölçüde iyileştiği görüldü (Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937)

Kedilerde Kronik Gingivostomatit (FCGS) tedavi etmek için çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Önerilen seçenekler, hastalığın şiddetine ve evresine bağlıdır ve antibiyotiklerin yanında titiz diş temizliği, günlük klorheksidin uygulaması, kortikosteroidler ve/veya diğer immünosupresan veya immünomodülatör ilaçlar (klorambusil

ve siklosporin (Vercelli & ark., 2006: 201) ve tam diş çekimleri (Hennet % ark., 2007: 49) yapılır. Stresi önlemeli, çok kedili evlerde çevresel zenginleştirmeyi ve yönetimi göz önünde bulundurulmalı (Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937).

VS-FCV salgınlarında, ciddi şekilde etkilenen kediler yoğun bakım destekleyici tedavi (örneğin, sıvı tedavisi ve antibiyotikler) ve ayrıca kedi interferon- ω ve spesifik antikor preparatları ile tedavi edilmiş, bununla birlikte, bazı kedilerde klinik iyileşme anekdot olarak bildirilmiştir. Bazı salgınlarda kedilere glukokortikoidler de verilmiştir, bu tedavinin faydası tartışmalıdır. Kontrollü klinik çalışmalar yayınlanmamıştır.

8. Koruma ve Kontrol

FCV aşıları yaygın olarak bulunmakta ve kedi popülasyonunda sıklıkla kullanılmaktadır. Bağışıklık enfeksiyonu önlemez, ancak genellikle hastalığın şiddetini azaltır, viral yükleri ve orofaringeal yayılımın ve FCV viremisinin süresini ve kapsamını azaltır. Ancak, aşılanmamış kediler, aşılanmış kedilere göre FCV enfeksiyonu kapma olasılığı 2 ila 2,9 kat daha fazla olduğundan, önemli ölçüde daha yüksek risk altındadır (Zheng & ark., 2021:ne73). Hem modifiye canlı virüs (MLV) hem de inaktive parenteral aşılar mevcuttur. MLV aşıları güçlü hücre aracılı ve humoral bağışıklık sağlasa da, yine de bazı patojenik potansiyellerini korurlar ve dikkatli bir şekilde uygulanmalıdır (Squires & ark., 2024: 277). Aşı yanlılıkla aerosol haline gelirse veya kedinin derisine dökülür ve tüy bakımı sırasında yutulursa klinik belirtiler ortaya çıkabilir (Radford & ark., 2021: 443). Modifiye canlı intranazal aşılar hala ABD'de piyasada bulunmaktadır, ancak ne yazık ki Avrupa'da artık mevcut değildir. Bir çalışmada, deneysel inaktive, adjuvan içermeyen bir FCV aşısının intranazal uygulamasının, maruz kalma sonrası klinik skorları ve virüs yayılımını azaltma açısından deri altı aşısından daha iyi olduğu gösterilmiştir (Sato &

ark., 2017: 1730). Canlı aşılar bazı patojenik potansiyellerini korur ve özellikle yanlış uygulandığında, örneğin böyle bir aşının yanlışlıkla aerosol haline gelmesi veya kedinin derisine veya tüylerine dökülmesi ve tüy bakımı sırasında yutulması durumunda hastalığa neden olabilir (Radford & ark., 1997: 1451). FCV ile ilişkili hastalıktan iyileşen kediler, özellikle farklı suşların neden olduğu hastalıklara karşı ömür boyu korunmazlar. Bu nedenle, FCV'nin endemik olduğu durumlarda bile, iyileşmiş, sağlıklı kedilerin aşılınması genellikle önerilir ve aşılama, daha geniş bir suş yelpazesine karşı bağışıklık sağlamak için klinik belirtiler ortadan kalkar kalkmaz uygulanmalıdır (Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937).

Şu anda tüm FCV saha suşlarına karşı eşit derecede iyi koruma sağlayan bir aşı mevcut değildir ve aşı şirketleri, potansiyel olarak daha geniş çapraz koruma sağlayabilecek daha yeni FCV suşlarını belirlemeye çalışmaktadır. En çok kullanılan aşı suşları, en eski olan ve 1950'lerde izole edilen F9, FCV 255 ve iki yeni suş olan G1 ve 431'dir (Poulet & ark., 2003: 243). Bazı aşı şirketleri aşılarında kullanılan virüs suşunu belirtmemektedir. Bir üretici, ABD'de aşısına virüsent bir suş eklemiştir (Huang & ark., 2010: 129). Avrupa'da mevcut olan ikinci aşı, FCV 431 ve FCV G1 içeren inaktive edilmiş, adjuvan içermeyen çift suşlu bir formülasyondan oluşmaktadır. Her iki formülasyon da genellikle FHV-1 ile tek başına veya FHV-1 ve FPV ile birlikte uygulanmaktadır (Radford & ark., 2009: 556).

Genç yavru kediler, annenin doğumdan önce bağışıklık kazanmış olması koşuluyla, anneden gelen antikolar (MDA'lar) yoluyla pasif bağışıklık kazanırlar (Claus & ark., 2006: 184). Gebelik sırasında aşılardan kaçınılmalıdır, ancak gerekirse sadece inaktive aşılar önerilir. MDA'lar öncelikle, gastrointestinal sistemde bozulmalarını önleyen tripsin inhibitörleri içeren kolostrum ile aktarılır. IgG, kolostrumdaki ana immünoglobulindir ve yavru

kedileri erken yaşamları boyunca korur. Barınaklar gibi yüksek riskli ortamlardaki yavru kediler için erken aşılama önerilir. Sonuç olarak, uygulanan birincil temel aşı sayısı, yavru kedinin aşılama başlangıcındaki yaşına ve aralarındaki seçilen aralıklara bağlıdır. Tüm birincil aşılama serisi boyunca aynı aşı markasının veya en azından aynı aşı süşunun kullanılması önerilir. Takviye dozu genellikle 12 aylıkken veya son dozdan bir yıl sonra verilir. FCV aşılama geçmişini bilinmeyen yaşlı kedilere, yeterli bir bağışıklık yanıtı oluşturmak için 2 ila 4 hafta arayla iki doz aşı yapılmalı ve ardından bir yıl sonra aynı virüs süşlerini içeren aşilar kullanılarak bir takviye dozu uygulanmalıdır (Squires & ark., 2024: 277; Di Profio & ark., 2025: 2009).

Aşılama, birçok VS-FCV salgınında kedileri saha enfeksiyonlarına karşı korumaz (Hurley 2003: 759), ancak deneysel olarak bazı koruma gösterilmiş ve önceden yapılan aşılama, hastalığın daha hafif bir formuna yol açmıştır (Lesbros & ark., 2013: 232397).

FCV, kedi barınaklarında sıklıkla bir sorundur. Virüs bulaşmasını sınırlamak veya hatta önlemek için yönetim ve kontrol aşılama kadar önemlidir. Barınak tasarımı ve yönetimi, kedilerin çapraz enfeksiyonunu önlemeyi hedeflemelidir. Kediler, aynı evden geldikleri bilinmedikçe ayrı ayrı barındırılmalıdır. Köpekler ve kediler ayrı ayrı barındırılmalı ve FCV ve diğer enfeksiyonların bulaşma riskini en aza indirmek için pire kontrolü uygulanmalıdır. Bir barınakta akut solunum yolu hastalığı meydana gelirse, ilgili etkenin tanımlanması (FCV'nin; FHV, Chlamydia felis, Bordetella bronchiseptica ve Mycoplasma spp.'den ayırt edilmesiyle) uygun önleyici tedbirler ve tedaviye karar vermede faydalıdır. Bir FCV salgını durumunda, FCV'nin çevrede yaklaşık bir ay boyunca kalabileceği (Clay & ark., 2006: 41) ve birçok yaygın dezenfektana dirençli olduğu dikkate alınmalıdır. Etkin maddeler arasında sodyum hipoklorit (2700 ppm; 1 dk), potasyum peroksimonosülfat (%1; 10

dk), klor dioksit (10 ppm) (Chiu & ark., 2015: 1208) ve norovirüslere karşı virüs öldürücü aktivitesi onaylanmış ticari ürünler bulunmaktadır. Herhangi bir giysi veya kedi yatağı vb. ≥ 60 °C'de yıkanmalıdır. Yeni sağlıklı kediler mümkün olan en kısa sürede aşılanmalıdır. Korumanın daha erken başlaması nedeniyle barınaklarda modifiye canlı virüs aşılıları tercih edilmektedir (Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937).

VS-FCV salgınları genellikle kedi barınakları veya veteriner klinikleri gibi çok kedili ortamlarda meydana gelir. VS-FCV salgınını kontrol etmek çok zordur; maruz kalan tüm kedilerin diğerlerine ciddi hastalık bulaştırma riski taşıdığı göz önünde bulundurulmalıdır; kedilerin güvende olduğu bilinen net bir "karantina süresi" yoktur; ve aşının koruyucu olduğu varsayılmaz. Dahası, kişiler ve cansız nesneler aracılığıyla dolaylı bulaşma da dikkate alınmalıdır (Deschamps & ark., 2015). Maruz kalan kediler izole edilmeli/karantinaya alınmalıdır. Hijyen ve dezenfeksiyon çok önemlidir; tüm yüzeylerin iyice temizlenmesini ve ardından zarfsız virüslere karşı etkili bir dezenfektan uygulanmasını içerir; örneğin, hızlandırılmış hidrojen peroksit (35.000 ppm, 10 dk), potasyum peroksimonosülfat (%1, 10 dk) ve sodyum hipoklorit (2700 ppm; 1 dk) veya aldehitler (%2) etkilidir (Chiu & ark., 2015: 1208). Kimyasal dezenfektanlar kullanılırken tüm organik maddeleri uzaklaştırmak için deterjanla ön temizlik yapılmalıdır (Hofmann-Lehmann & ark., 2022: 937).

9. Sonuç

Geniş yaygınlığıyla FCV, doğal konakçısı içindeki virüs evriminin etkilerini incelemek için değerli bir model görevi görmektedir. FCV, kedilerde üst solunum yolu enfeksiyonlarının (ÜSYE) önemli bir nedeni olmakla kalmayıp, aynı zamanda giderek artan bir şekilde virülan sistemik hastalık kaynağı olarak da kabul edilmektedir. FCV evrimine devam ettikçe, kontrol stratejileri

sürekli olarak güncellenmelidir. Klinik belirtilerin tanınması ve uygun testlerin kullanılması yoluyla hastalığın hızlı bir şekilde tanımlanması esastır. FCV enfeksiyonunun teşhisi, doğru yorumlama için klinik, moleküler ve epidemiyolojik faktörleri dikkate alan kapsamlı bir yaklaşım gerektirir. Çok kedili ortamlardaki kedilerin aşılmasını yıllık programlara göre yapılmalıdır. FCV'nin yüksek antijenik değişkenliği, aşı geliştirme için bir zorluk teşkil eder ve geniş çaplı nötralize edici aşılar üretmek için çeşitli girişimlerde bulunulmuştur. Etkili aşılar genellikle FCV ile ilişkili hastalığı önler, ancak enfeksiyonu önlemez ve aşı etkinliği, baskın FCV saha suşuna göre değişir. Bu nedenle, tamamen aşılanmış kedilerde sorunlar devam ederse, aşı suşunun/suşlarının değiştirilmesi düşünülmelidir. FCV'nin çeşitli ve hızla evrimleşen suşlarını ele almak için genomik gözetim verilerine dayalı devam eden antijenik gözetim gereklidir. Ayrıca, özellikle genetik olarak karakterize edilmiş dolaşımdaki suşlara karşı çapraz reaktif bağışıklığı değerlendirmek için hem aşılanmış hem de doğal olarak enfekte olmuş kedilerden rutin olarak serum örnekleri toplamak yararlı olabilir. Aşılama, klinik belirtilerin şiddetini azaltmada ve salgınları kontrol altına almada kritik bir rol oynasa da, virüsün tüm suşlarına karşı tam koruma sağlamaz. Bu nedenle, diğer önleyici stratejilerle desteklenmelidir. Tedavi esas olarak destekleyicidir ve hayvanın rahatlığını artırmayı, beslenmeyi teşvik etmeyi ve ikincil enfeksiyonları yönetmeyi amaçlar.

10. Kaynakça

- Al-Molawi, N., Beardmore, V. A., Carter, M. J., Kass, G. E. N., & Roberts, L. O. (2003). Caspase-mediated cleavage of the feline calicivirus capsid protein. *Journal of General Virology*, 84, 1237–1244.
- Balboni, A., Verin, R., Buldrini, I., Zamagni, S., Morini, M., Terrusi, A., Gallina, L., Urbani, L., Dondi, F., & Battilani, M. (2022). Natural cases of polyarthritis associated with feline calicivirus infection in cats. *Veterinary Research Communications*, 46(2), 613–619. <https://doi.org/10.1007/s11259-022-09933-4>
- Bordicchia, M., Fumian, T. M., Van Brussel, K., Russo, A. G., Carrai, M., Le, S. J., et al. (2021). Feline calicivirus virulent systemic disease: Clinical epidemiology, analysis of viral isolates and in vitro efficacy of novel antivirals in Australian outbreaks. *Viruses*, 13(10), 2040. <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.3390/v13102040>
- Chiu, S., Skura, B., Petric, M., McIntyre, L., Gamage, B., & Isaac-Renton, J. (2015). Efficacy of common disinfectant/cleaning agents in inactivating murine norovirus and feline calicivirus as surrogate viruses for human norovirus. *American Journal of Infection Control*, 43(11), 1208–1212.
- Claus, M. A., Levy, J. K., MacDonald, K., Tucker, S. J., & Crawford, P. C. (2006). Immunoglobulin concentrations in feline colostrum and milk, and the requirement of colostrum for passive transfer of immunity to neonatal kittens. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 8(3), 184–191.

- Clay, S., Maherchandani, S., Malik, Y. S., & Goyal, S. M. (2006). Survival on uncommon fomites of feline calicivirus, a surrogate of noroviruses. *American Journal of Infection Control*, 34(1), 41–43.
- Coyne, K. P., Christley, R. M., Pybus, O. G., Dawson, S., Gaskell, R. M., & Radford, A. D. (2012). Large-scale spatial and temporal genetic diversity of feline calicivirus. *Journal of Virology*, 86(20), 11356–11367.
- Coyne, K. P., Gaskell, R. M., Dawson, S., Porter, C. J., & Radford, A. D. (2007). Evolutionary mechanisms of persistence and diversification of a calicivirus within endemically infected natural host populations. *Journal of Virology*, 81(4), 1961–1971.
- Coyne, K. P., Jones, B. R., Kipar, A., Chantrey, J., Porter, C. J., Barber, P. J., Dawson, S., Gaskell, R. M., & Radford, A. D. (2006). Lethal outbreak of disease associated with feline calicivirus infection in cats. *Veterinary Record*, 158(16), 544–550.
- Cui, Z., Li, D., Xie, Y., Wang, K., Zhang, Y., Li, G., et al. (2020). Nitazoxanide protects cats from feline calicivirus infection and acts synergistically with mizoribine in vitro. *Antiviral Research*, 182, 104827. <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2020.104827>
- Dawson, S., Bennett, D., Carter, S. D., Bennett, M., Meanger, J., Turner, P. C., Carter, M. J., Milton, I., & Gaskell, R. M. (1994). Acute arthritis of cats associated with feline calicivirus infection. *Research in Veterinary Science*, 56(2), 133–143.
- Dawson, S., McArdle, F., Bennett, D., Carter, S. D., Bennett, M., Ryvar, R., & Gaskell, R. M. (1993). Investigation of

vaccine reactions and breakdowns after feline calicivirus vaccination. *Veterinary Record*, 132(14), 346–350.

Deschamps, J. Y., Topie, E., & Roux, F. (2015). Nosocomial feline calicivirus-associated virulent systemic disease in a veterinary emergency and critical care unit in France. *JFMS Open Reports*, 1(2), 2055116915621581. <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1177/2055116915621581>

Di Profio, F., Carnevale, M., Marsilio, F., Pellegrini, F., Martella, V., Di Martino, B., & Sarchese, V. (2025). Feline calicivirus infection: Current understanding and implications for control strategies. *Animals*, 15(14), 2009. <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.3390/ani15142009>

Duclos, A. A., Guzmán Ramos, P. J., & Mooney, C. T. (2024). Virulent systemic feline calicivirus infection: A case report and first description in Ireland. *Irish Veterinary Journal*, 77, 1. <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1186/s13620-024-00262-3>

Fastier, L. B. (1957). A new feline virus isolated in tissue culture. *American Journal of Veterinary Research*, 18, 382–389.

Foley, J., Hurley, K., Pesavento, P. A., Poland, A., & Pedersen, N. C. (2006). Virulent systemic feline calicivirus infection: Local cytokine modulation and contribution of viral mutants. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 8(1), 55–61.

Fried, W. A., Soltero-Rivera, M., Ramesh, A., Lommer, M. J., Arzi, B., DeRisi, J. L., & Horst, J. A. (2021). Use of unbiased metagenomic and transcriptomic analyses to investigate the association between feline calicivirus and feline chronic

gingivostomatitis in domestic cats. *American Journal of Veterinary Research*, 82(5), 381–394.

- Friedl, Y., Schulz, B., Knebl, A., Helps, C., Truyen, U., & Hartmann, K. (2014). Efficacy of passively transferred antibodies in cats with acute viral upper respiratory tract infection. *The Veterinary Journal*, 201(3), 316–321. <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.05.002>
- Gaskell, R., & Dawson, S. (1998). Feline respiratory disease. In C. E. Greene (Ed.), *Infectious diseases of the dog and cat* (pp. 97–106). WB Saunders Company.
- Gerriets, W., Joy, N., Huebner-Guthardt, J., & Eule, J. C. (2012). Feline calicivirus: A neglected cause of feline ocular surface infections? *Veterinary Ophthalmology*, 15(3), 172–179.
- Guo, J., Ding, Y., Sun, F., Zhou, H., He, P., Chen, J., Guo, J., Zeng, H., Long, J., Wei, Z., Ouyang, K., Huang, W., & Chen, Y. (2022). Co-circulation and evolution of genogroups I and II of respiratory and enteric feline calicivirus isolates in cats. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69, 2924–2937. <https://doi.org/10.1111/tbed.14447>
- Hennet, P. (2007). Results of periodontal and extraction treatment in cats with gingivostomatitis. *Proceedings of the World Veterinary Dental Congress*, 49.
- Hennet, P. R., Camy, G. A., McGahie, D. M., & Albouy, M. V. (2011). Comparative efficacy of a recombinant feline interferon omega in refractory cases of calicivirus-positive cats with caudal stomatitis: A randomised, multi-centre, controlled, double-blind study in 39 cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 13(8), 577–587. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2011.05.012>

- Hidayat, D. F. (2025). Epidemiology, pathogenesis, and control of feline calicivirus: Current insights and future directions. *Veterinary & Life Science Innovations*, 3(1), 21–36.
- Hofmann-Lehmann, R., Hosie, M. J., Hartmann, K., Egberink, H., Truyen, U., Tasker, S., Belák, S., Boucraut-Baralon, C., Frymus, T., Lloret, A., et al. (2022). Calicivirus infection in cats. *Viruses*, 14(5), 937. <https://doi.org/10.3390/v14050937>
- Huang, C., Hess, J., Gill, M., & Hustead, D. (2010). A dual-strain feline calicivirus vaccine stimulates broader cross-neutralization antibodies than a single-strain vaccine and lessens clinical signs in vaccinated cats when challenged with a homologous feline calicivirus strain associated with virulent systemic disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 12(2), 129–137. <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1016/j.jfms.2009.08.006>
- Hurley, K. F. (2006, September 14–16). Virulent calicivirus infection in cats. *Proceedings of the American College of Veterinary Internal Medicine Congress*, Amsterdam, The Netherlands.
- Hurley, K. F., Pesavento, P. A., Pedersen, N. C., Poland, A. M., Wilson, E., & Foley, J. E. (2004). An outbreak of virulent systemic feline calicivirus disease. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 224(2), 241–249.
- Hurley, K. F., & Sykes, J. E. (2003). Update on feline calicivirus: New trends. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 33(4), 759–772.
- Lanave, G., Buonavoglia, A., Pellegrini, F., Di Martino, B., Di Profio, F., Diakoudi, G., Catella, C., Omar, A. H., Vasinioti, V. I., Cardone, R., et al. (2023). An outbreak of limping

- syndrome associated with feline calicivirus. *Animals*, 13(11), 1778. <https://doi.org/10.3390/ani13111778>
- Lappin, M. R., Blondeau, J., Boothe, D., Breitschwerdt, E. B., Guardabassi, L., Lloyd, D. H., Papich, M. G., Rankin, S. C., Sykes, J. E., Turnidge, J., et al. (2017). Antimicrobial use guidelines for treatment of respiratory tract disease in dogs and cats: Antimicrobial guidelines working group of the international society for companion animal infectious diseases. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 31(2), 279–294.
- Lesbros, C., Martin, V., Najbar, W., Sanquer, A., McGahie, D., Eun, H. M., & Gueguen, S. (2013). Protective efficacy of the calicivirus valency of the leucofeligen vaccine against a virulent heterologous challenge in kittens. *Veterinary Medicine International*, 2013, 232397.
- Li, D., Cui, Z., Li, G., Zhang, L., Zhang, Y., Zhao, H., Zhang, S., Guo, Y., Zhao, Y., Men, F., et al. (2020). Antiviral effect of copper chloride on feline calicivirus and synergy with ribavirin in vitro. *BMC Veterinary Research*, 16, 231.
- Liu, D., Zheng, Y., Yang, Y., Xu, X., Kang, H., Jiang, Q., et al. (2022). Establishment and application of ERA-LFD method for rapid detection of feline calicivirus. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106, 1651–1661. <https://doi.org/10.1007/s00253-022-11785-6>
- Lu, Z., Ledgerwood, E. D., Hinchman, M. M., Dick, R., & Parker, J. S. L. (2018). Conserved surface residues on the feline calicivirus capsid are essential for interaction with its receptor feline junctional adhesion molecule A (fJAM-A). *Journal of Virology*, 92(5), e00035-18.

- Lund, H. S., Rimstad, E., & Eggertsdóttir, A. V. (2012). Prevalence of viral infections in Norwegian cats with and without feline lower urinary tract disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 14(12), 895–899.
- Matsumoto, H., Teshima, T., Iizuka, Y., Sakusabe, A., Takahashi, D., Amimoto, A., et al. (2018). Evaluation of the efficacy of the subcutaneous low recombinant feline interferon-omega administration protocol for feline chronic gingivitis-stomatitis in feline calicivirus-positive cats. *Research in Veterinary Science*, 121, 53–58. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.10.003>
- Meli, M. L., Berger, A., Willi, B., Spiri, A. M., Riond, B., & Hofmann-Lehmann, R. (2018). Molecular detection of feline calicivirus in clinical samples: A study comparing its detection by RT-qPCR directly from swabs and after virus isolation. *Journal of Virological Methods*, 251, 54–60. <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2017.10.001>
- Mencke, N., Vobis, M., Mehlhorn, H., D’haese, J., Rehagen, M., Mangold-Gehring, S., & Truyen, U. (2009). Transmission of feline calicivirus via the cat flea (*Ctenocephalides felis*). *Parasitology Research*, 105, 185–189.
- Monne Rodriguez, J. M., Soare, T., Malbon, A., Blundell, R., Papoula-Pereira, R., Leeming, G., et al. (2014). Alveolar macrophages are the main target cells in feline calicivirus-associated pneumonia. *The Veterinary Journal*, 201(2), 156–165. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.04.022>
- Nims, R., & Plavsic, M. (2013). Inactivation of caliciviruses. *Pharmaceuticals*, 6(3), 358–392. <https://doi.org/10.3390/ph6030358>

- Palombieri, A., Sarchese, V., Giordano, M. V., Fruci, P., Crisi, P. E., Aste, G., et al. (2022). Detection and characterization of feline calicivirus associated with paw and mouth disease. *Animals*, 13(1), 65. <https://doi.org/10.3390/ani13010065>
- Pedersen, N. C., Elliott, J. B., Glasgow, A., Poland, A., & Keel, K. (2000). An isolated epizootic of hemorrhagic-like fever in cats caused by a novel and highly virulent strain of feline calicivirus. *Veterinary Microbiology*, 73(4), 281–300.
- Pereira, J. J., Baumworcel, N., Fioretti, J. M., Domingues, C. F., Moraes, L. F., Marinho, R., Vieira, M. C. R., Pinto, A. M. V., & de Castro, T. X. (2018). Molecular characterization of feline calicivirus variants from multicat household and public animal shelter in Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49, 777–784.
- Pesavento, P. A., MacLachlan, N. J., Dillard-Telm, L., Grant, C. K., & Hurley, K. F. (2004). Pathologic, immunohistochemical, and electron microscopic findings in naturally occurring virulent systemic feline calicivirus infection in cats. *Veterinary Pathology*, 41(3), 257–263. <https://doi.org/10.1354/vp.41-3-257>
- Pesavento, P. A., Stokol, T., Liu, H., van der List, D. A., Gaffney, P. M., & Parker, J. S. (2011). Distribution of the feline calicivirus receptor junctional adhesion molecule A in feline tissues. *Veterinary Pathology*, 48(2), 361–368.
- Poulet, H., Brunet, S., Soulier, M., Leroy, V., Goutebroze, S., & Chappuis, G. (2000). Comparison between acute oral/respiratory and chronic stomatitis/gingivitis isolates of feline calicivirus: Pathogenicity, antigenic profile and cross-neutralisation studies. *Archives of Virology*, 145, 243–261.

- Povey, R. C. (1978). Effect of orally administered ribavirin on experimental feline calicivirus infection in cats. *American Journal of Veterinary Research*, 39, 1337–1341.
- Radford, A., Afonso, M. M., & Sykes, J. E. (2021). Feline calicivirus infections. In *Greene's infectious diseases of the dog and cat* (pp. 443–454). Elsevier Health Sciences.
- Radford, A. D., Addie, D., Belák, S., Boucraut-Baralon, C., Egberink, H., Frymus, T., Gruffydd-Jones, T., Hartmann, K., Hosie, M. J., Lloret, A., et al. (2009). Feline calicivirus infection: ABCD guidelines on prevention and management. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 11(7), 556–564. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2009.05.004>
- Radford, A. D., Bennett, M., McArdle, F., Dawson, S., Turner, P. C., Glenn, M. A., & Gaskell, R. M. (1997). The use of sequence analysis of a feline calicivirus (FCV) hypervariable region in the epidemiological investigation of FCV related disease and vaccine failures. *Vaccine*, 15, 1451–1458.
- Radford, A. D., Dawson, S., Ryvar, R., Coyne, K., Johnson, D. R., Cox, M. B., Acke, E. F., Addie, D. D., & Gaskell, R. M. (2003). High genetic diversity of the immunodominant region of the feline calicivirus capsid gene in endemically infected cat colonies. *Virus Genes*, 27, 145–155.
- Radford, A. D., Sommerville, L. M., Dawson, S., Kerins, A. M., Ryvar, R., & Gaskell, R. M. (2001). Molecular analysis of isolates of feline calicivirus from a population of cats in a rescue shelter. *Veterinary Record*, 149, 477–481.
- Rice, C. C., Kruger, J. M., Venta, P. J., Vilnis, A., Maas, K. A., Dulin, J. A., & Maes, R. K. (2002). Genetic characterization of 2 novel feline caliciviruses isolated from cats with idiopathic

- lower urinary tract disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 16(3), 293–302.
- Sato, H., Sehata, G., Okada, N., Iwamoto, K., Masubuchi, K., Kainuma, R., Noda, T., Igarashi, T., Sawada, T., Noro, T., et al. (2017). Intranasal immunization with inactivated feline calicivirus particles confers robust protection against homologous virus and suppression against heterologous virus in cats. *Journal of General Virology*, 98, 1730–1738.
- Schulz, C., Hartmann, K., Mueller, R. S., Helps, C., & Schulz, B. S. (2015). Sampling sites for detection of feline herpesvirus-1, feline calicivirus and *Chlamydia felis* in cats with feline upper respiratory tract disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 17, 1012–1019. <https://doi.org/10.1177/1098612X15569615>
- Spiri, A. M. (2022). An update on feline calicivirus. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 164(4), 225–241. <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.17236/sat00346>
- Spiri, A. M., Meli, M. L., Riond, B., Herbert, I., Hosie, M. J., & Hofmann-Lehmann, R. (2019). Environmental contamination and hygienic measures after feline calicivirus field strain infections of cats in a research facility. *Viruses*, 11, 958.
- Spiri, A. M., Theze, J., Meli, M. L., Cattori, V., Berger, A., Steinrigl, A., Pybus, O. G., Hofmann-Lehmann, R., & Willi, B. (2016). Genetic diversity and phenotypic associations of feline caliciviruses from cats in Switzerland. *Journal of General Virology*, 97, 3253–3266.
- Squires, R. A., Crawford, C., Marcondes, M., & Whitley, N. (2024). 2024 guidelines for the vaccination of dogs and cats—

compiled by the vaccination guidelines group (VGG) of the World Small Animal Veterinary Association (WSAVA). *Journal of Small Animal Practice*, 65, 277–316.

Stuart, A. D., & Brown, T. D. (2006). Entry of feline calicivirus is dependent on clathrin-mediated endocytosis and acidification in endosomes. *Journal of Virology*, 80, 7500–7509.

<https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1128/JVI.02452-05>

Sykes, J. E. (2014). Pediatric feline upper respiratory disease. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 44(2), 331–342.

Taira, O., Suzuki, M., Takeuchi, Y., Aramaki, Y., Sakurai, I., Watanabe, T., Motokawa, K., Arai, S., Sato, H., & Maehara, N. (2005). Expression of feline interferon-alpha subtypes in *Escherichia coli*, and their antiviral activity and animal species specificity. *Journal of Veterinary Medical Science*, 67, 543–545.

Tian, J., Liu, D., Liu, Y., Wu, H., Jiang, Y., Zu, S., et al. (2016). Molecular characterization of a feline calicivirus isolated from tiger and its pathogenesis in cats. *Veterinary Microbiology*, 192, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2016.07.005>

van Vuuren, M., Geissler, K., Gerber, D., Nöthling, J. O., & Truyen, U. (1999). Characterisation of a potentially abortigenic strain of feline calicivirus isolated from a domestic cat. *Veterinary Record*, 144, 636–638.

Vercelli, A., Raviri, G., & Cornegliani, L. (2006). The use of oral cyclosporin to treat feline dermatoses: A retrospective analysis of 23 cases. *Veterinary Dermatology*, 17, 201–206.

- Wang, Z., Xin, T., Wei, J., Jiang, Y., Liu, X., Song, W., Guo, X., Yuan, W., Cui, Y., Zhu, H., et al. (2021). Isolation and phylogenetic analysis of strains of feline calicivirus in Beijing, China. *Archives of Virology*, 166, 2521–2527.
- Wei, Y., Zeng, Q., Gou, H., & Bao, S. (2024). Update on feline calicivirus: Viral evolution, pathogenesis, epidemiology, prevention and control. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1388420.
<https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1388420>
- Willcocks, M. M., Carter, M. J., & Roberts, L. O. (2004). Cleavage of eukaryotic initiation factor eIF4G and inhibition of host-cell protein synthesis during feline calicivirus infection. *Journal of General Virology*, 85, 1125–1130.
- Willi, B., Spiri, A. M., Meli, M. L., Samman, A., Hoffmann, K., Sydler, T., Cattori, V., Graf, F., Diserens, K. A., Padrucci, I., et al. (2016). Molecular characterization and virus neutralization patterns of severe, non-epizootic forms of feline calicivirus infections resembling virulent systemic disease in cats in Switzerland and in Liechtenstein. *Veterinary Microbiology*, 182, 202–212.
- Winer, J. N., Arzi, B., & Verstraete, F. J. M. (2016). Therapeutic management of feline chronic gingivostomatitis: A systematic review of the literature. *Frontiers in Veterinary Science*, 3, 54.
- Zheng, M., Li, Z., Fu, X., Lv, Q., Yang, Y., & Shi, F. (2021). Prevalence of feline calicivirus and the distribution of serum neutralizing antibody against isolate strains in cats of Hangzhou, China. *Journal of Veterinary Science*, 22, e73.

VETERİNERLİK ALANINDA MOLEKÜLER KENETLEME BÖLÜMÜ KULLANIMI

Ahmet HARMANKAYA¹

Ayla ÖZCAN²

Giriş

Hayvan sağlığı, gıda güvenliği ve ekonomik istikrarda önemli faktörlerden birisidir. Artan dünya nüfusu ve buna bağlı olarak hayvansal gıda talebindeki artış nedeniyle, salgın hastalıklar hayvancılık sektörü üzerinde daha da fazla baskı oluşturmaya başlamıştır. Mevcut önleyici ve tedavi edici ilaçlar bazen patojen mutasyonları ve bazen de yanlış hedef seçimi gibi nedenlerle yetersiz kalmakta ve bu da çiftçiler ve ülke ekonomileri üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır (Avasathi & ark., 2025). Bu nedenle, veterinerlik alanında etkin ilaç geliştirme çalışmalarında yeni öncül maddeleri belirlemek amacıyla bilişim yaklaşımlarının kullanılması ihtiyacı doğmuştur (Pathak & Kim, 2022:1008728). *In silico* ilaç tasarımı yöntemleri, ilaç adaylarının keşfedilmesi ve geliştirilmesinde önemli bir roller oynamaktadır. Bu bağlamda, moleküler kenetleme, moleküler dinamik simülasyonları ve ağ farmakolojisi gibi teknikler, ilaç adayının hedef moleküllerle etkileşimini analiz etmek için yaygın olarak kullanılan araçlardır (Macalino & ark., 2015:1686; Gupta & ark., 2024:1035; Kumar & ark., 2025:83). Bu tür teknolojiler, birçok bileşiğin niteliklerini

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kafkas Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Orcid: 0000-0001-9923-6723

² Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Bölümü, Orcid: 0000-0001-6442-8047

analiz etme imkanı sunmakta ve zaman tasarrufu sağlamaktadır. Örneğin, moleküler kenetlenme (docking) (MK, MD) çalışmaları, bir ilacın hedef protein üzerindeki bağlanma yeteneğini tahmin ederek, hem zaman hem de maliyet açısından tasarruf sağlamaktadır (Pinzi & Rastelli, 2019:4331). Ayrıca, *in silico* yöntemler vasıtasıyla ilaçların farmakokinetik ve toksisite profilleri değerlendirilerek, istenmeyen yan etkilerin önüne geçilmesi hedeflenmektedir (Pires & ark., 2015:4066). Bu yönden, ADMET (absorption, distribution, metabolism, excretion, toxicity; absorpsiyon, dağılım, metabolizma, atılım, toksisite) analizleri, bir bileşiğin ilaç olarak uygunluğunu belirleyebilmek için kritik öneme sahiptir (Martínez-Archundia & ark., 2018:403; Rao & Shetty, 2022:105497).

Moleküler Kenetlenme ve Temel İlkeleri

Yapı temelli sanal tarama yöntemi olarak da bilinen moleküler kenetlenme, ilaç keşfinin ön aşamalarında hedef proteinin yapısına dayalı olarak küçük moleküllü ilaç adaylarını (ligand) keşfetmek amacıyla kullanılan hesaplamalı bir araçtır (Zhu & ark., 2022:15961). Bu yöntemde, hedef biyolojik bir molekülün (genellikle bir protein) bilinen üç boyutlu (3D) yapısından faydalanılarak, bu hedefin bağlanma cebine potansiyel ligandların bağlanması amaçlanır (Pinzi & Rastelli, 2019:4331). Bağlanma sürecinin temel amacı, ligandın biyolojik hedef (reseptör) üzerindeki en uygun bağlanma şeklini (poz) ve bu bağlanma şekliyle ilgili olarak da bağlanma enerjisini (veya afinitesini) tahmin etmektir. Bu tahmin edilen bağlanma enerjisi, bileşiklerin hedeflenen proteine olan afinitesine göre sıralanmasını sağlar. En yüksek sıralamaya sahip adaylar dikkatlice incelenerek, sonrasında *in vitro* ve *in vivo* testlere tabi tutulur (Agu & ark., 2023:13398; Paggi & ark., 2024:389).

Moleküler kenetlenme yöntemleri genellikle puanlama fonksiyonu ve örnekleme prosedürü diye iki ana bileşene

ayrılmaktadır. Puanlama fonksiyonunda, bileşik için bir bağlanma pozisyonu belirlenir ve bu pozisyonun doğru olduğu varsayılarak bileşiğin bağlanma enerjisi tahmin edilir. Örnekleme prosedüründe ise, oluşabilecek potansiyel pozisyonlar belirlenir ve üretilen her pozisyon puanlama fonksiyonuna gönderilir ve fonksiyonun verdiği en düşük enerji (en yüksek puan) değerine sahip pozisyon, ligandın tahmin edilen en uygun bağlanma şekli (tahmin edilen poz) olarak kabul edilir (Paggi & ark., 2024:389).

Moleküler Kenetlenme Türleri

Moleküler kenetlenme, reseptörün ve ligandın esneklik derecesine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır.

- a. **Rijit Kenetlenme:** Hem reseptör hem de ligandın konformasyonunun sabit kabul edildiği en basit ve hesaplama açısından en az yoğun yöntemdir.
- b. **Esnek Kenetlenme:** Hem ligand hem de reseptörün bağlanma sırasında konformasyonel değişikliklere izin verildiği, en gerçekçi ancak en hesaplama yoğun yöntemdir.
- c. **Yarı Esnek Kenetlenme:** Reseptörün rijit kaldığı, ancak ligandın belirli bir aralıkta (örneğin, bağ açısı ve bağ uzunluğu sabit tutularak) konformasyonel değişiklik yapmasına izin verilen yaklaşımdır. Küçük moleküllü ligandlar ve biyomakromoleküller arasındaki etkileşimleri incelemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Chen & ark., 2020:98).

ADME/T (Absorpsiyon, Dağılım, Metabolizma, Atılım ve Toksikite) Filtrelemesi

ADMET analizi, bir ilaç adayının farmakokinetik özelliklerini tahmin etmek amacıyla *in silico* araştırmalarda kullanılan önemli bileşenlerden birisidir. İlaç keşfi süreçlerinde en

sık karşılaşılan problemlerden birisi, ilaç adayının sürecin ilerleyen aşamalarında zayıf farmakokinetik ve toksik özelliklerinden dolayı başarısız olmasıdır. Bu yüzden, ADMET kriterlerinin ilaç geliştirme sürecinin ön safhalarında dikkate alınması ve değerlendirilmesi hem zaman tasarrufu sağlamakta hem de ilaç geliştirme maliyetlerini düşürmektedir (Pires & ark., 2015:4066). ADME (Emilim, Dağılım, Metabolizma, Atılım) profili, bir bileşiğin vücutta nasıl hareket ettiğini (örneğin, bağırsakta emilim, dokulara dağılım ve sistemden atılım) tanımlarken, Toksisite (T) tahmini ise, hepatotoksisite, karsinojenite, mutajenite ve sitotoksisite gibi potansiyel zararları değerlendirmektedir (Pires & ark., 2015:4066; Avashthi & ark., 2025).

Veterinerlik Alanında Moleküler Kenetlenmenin Rolü

Veterinerlik alanındaki ilaç keşfetme çabaları genellikle çiftlik hayvanlarını etkileyen mikroplara ve bazı parazitlere odaklanmaktadır (Caneschi & ark., 2023; Abreu & ark. 2023:953). Bununla birlikte, hayvanlardan elde edilen veriler insanlara yönelik olanlara göre daha azdır ve bu verileri bir araya getirmeye yardımcı olabilecek araç sayısı da çok düşüktür. Yine de, ilaç geliştirmedeki temel aşamalar hem hayvanlar hem de insanlar için birbirine oldukça benzemektedir. Bu aşamalar arasında ilaç adaylarının farmakokinetik ve farmakodinamik özelliklerinin karşılaştırılması yer almaktadır (Singh & Seed, 2021:1391; Loewa & ark., 2023:1). İşte bu noktada, veterinerlik ilaç adaylarının tasarımı ve geliştirilmesinde moleküler kenetlenmeden faydalanılmaktadır (Agrwal & ark., 2025:277).

Veteriner İlaç Keşif Sürecinde Moleküler Kenetlenmenin Avantajları

1. **Hız ve Maliyet Etkinliği:** İlaç geliştirme süreçleri genellikle uzun zaman almakta ve yüksek maliyetlere neden olmaktadır. Moleküler kenetlenme, bu süreci

hızlandırmakta ve maliyetini düşürmektedir (Avashthi & ark., 2025:60). Büyük kimyasal kütüphanelerdeki (PubChem, Zinc Database vb.) potansiyel olarak aktif bileşikler sanal olarak taranarak (Virtual Screening), in vitro veya in vivo testlere kolayca yönlendirilebilmektedir (Bhagat & ark., 2021:46; Paggi & ark.,2024:389).

2. **Hedef Molekülün Belirlenmesi:** Moleküler kenetlenme, ilaç adaylarının enzimler, reseptörler veya transkripsiyon faktörleri gibi belirli hedef proteinlere/genlere bağlanma eğilimlerini (afinitelerini) tahmin ederek moleküler mekanizmaların anlaşılmasına yardımcı olmaktadır (Zhu & ark., 2022:15961).
3. **İlaç Yeniden Konumlandırma (Drug Repurposing) ve Doğal Ürün Değerlendirmesi:** Moleküler kenetlenme, onaylanmış insan ilaçlarını veya doğal biyoaktif bileşikleri (fitokimyasallar, nutrasötikler) hayvan hastalıklarında yeni hedeflere karşı tarayarak hızlı çözümler sunabilir (Vlasiou & ark.,2024: 1494242).

Moleküler Kenetlenmenin Veteriner Uygulama Alanları

Veterinerlik alanı yeni ilaç adaylarının belirlenen bir hedef proteinle olan bağlanma özelliklerini değerlendirmek amacıyla moleküler kenetlenme yönteminden faydalanabilmektedir (Agrwal & ark., 2025:277). Böylece bir bileşiğin belirli bir hayvan türünde işe yarayıp yaramayacağı, etkili olup olmayacağı ya da yan etki oluşturup oluşturmayacağı kestirilebilmektedir. Bu yöntem, aynı zamanda farklı hayvan türlerine has biyolojik özellikleri anlamamıza da yardımcı olmaktadır. Örneğin, proteinlerin üzerinde ilacın bağlandığı bölgelerdeki etkileşimlerin karşılaştırılması, hayvan türleri arasındaki biyolojik farklılıkları anlamamızı sağlar ve bu sayede, bir ilacın hayvanlar arasında neden farklı etkiler gösterdiği

daha iyi anlaşılabilir ve türlere özgü tedaviler geliştirilebilir (Pathak & Kim, 2022:1008728). Artan antibiyotik direnci, çevre kirleticilerinin canlılar üzerinden tekrar sisteme girmesi veya hayvanlardan insanlara bulaşabilen (zoonotik) hastalıklar gibi sebepler yüzünden veteriner ilaçlarının etkisi sadece hayvanlarla sınırlı kalmamaktadır. Bu yüzden, veteriner ilaçlarını doğru ve bilinçli kullanmak son derece önemli bir hale gelmektedir. Bu bağlamda veteriner bilişim teknolojileri sayesinde veteriner ilaçlarının hangi hedeflerde nasıl etki gösterdiğini anlayabilmek, veteriner hekimler için hem hayvan sağlığı hem de insan sağlığını korumada önemli görüş açıları sunabilir (Khalifa & ark.,2024:1629).

Viral Enfeksiyonlar ve Antiviral İlaç Geliştirme

Viral enfeksiyonlar veteriner hekimlere büyük zorluklar çıkarmaktadır ve bu yüzden etkili antiviral ilaçların geliştirilmesine ihtiyaç duymaktadırlar. Son yıllarda, moleküler kenetlenme bu alanda önemli bir araç haline dönüşmüş ve çeşitli viral patojenlere karşı antiviral ilaç adaylarının belirlenmesini kolaylaştırmıştır.

Kedi Enfeksiyöz Peritonit Virüsü (FIPV)'nün replikasyonunda önemli rol oynayan Mpro ve 3CLpro proteazlarının antiviral ilaç hedefi olarak seçildiği çalışmalarda, moleküler dinamik simülasyonları ve moleküler kenetlenme uygulamaları, GS-441524 ve NSC87511 gibi bileşiklerin FIPV'nin Mpro ve 3CLpro proteazlarına bağlanma pozisyonlarını başarıyla tahmin etmiştir (Theerawatanasirikul & ark., 2020:104697; Khan & ark., 2025: e19744). Benzer şekilde, Filipin tıbbi bitkilerinden elde edilen doğal bileşiklerin Domuz Epidemik İshal Virüsü (PEDV)'nün iki temel proteazı olan 3CLpro ve PL2pro'ya karşı inhibitörler olarak kullanıldığında, bazı doğal metabolitlerin 3CLpro'nun katalitik bölgesine, PL2pro'nun ise ubiquitin bağlama bölgesine yüksek afinite ile bağlandığı görülmüştür (de Guzman & ark., 2024:2192). Ayrıca, sığırlarda Yumrulu Deri Hastalığı Virüsü (LSDV)'nün DNA

polimeraz proteinini hedefleyen potansiyel inhibitörler moleküler kenetlenme yöntemiyle taranmış ve taksifolin gibi flavonoid türevlerinin LSDV DNA polimerazına karşı umut verici inhibitör adayları olduğu belirlenmiştir (Zia & ark., 2024:1283).

Bakteriyel Hastalıklar ve Mastitis

Mastitis, genellikle *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus spp.* ve *Corynebacterium bovis* gibi bakterilerin neden olduğu meme dokusu iltihabıdır ve süt sığırcılığında önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Chen & ark., 2017:545). Son yıllardaki artan antibiyotik direnci ve sütte ilaç kalıntısı endişeleri nedeniyle, mastitis tedavisinde doğal kaynaklı antimikrobiyal ve antiinflamatuvar bileşiklere yönelik çalışmalar artmıştır. Bu çalışmalarda ağ farmakolojisi ve moleküler kenetlenme gibi yöntemler bir arada kullanılarak ilaç adaylarının etki mekanizmaları aydınlatılmaya çalışılmıştır. Örneğin, *E. coli* kaynaklı mastitis tedavisi üzerine yapılan bir çalışmada, ağ farmakolojisi ve moleküler kenetlenme birlikte kullanılarak, likopenin mastitise bağlı inflamasyonda Serin/Treonin protein kinaz-1 (AKT1), İnterlökin-1Beta (IL-1 β), Tümör nekroz faktör- α (TNF- α) ve Mitojen-aktif protein kinaz-1 (MAPK1)'in yanısıra 15 temel düzenleyici hedef proteine -6.4 ila -8.5 kkal/mol arasında değişen bağlanma enerjileriyle kenetlendiği ve MAPK sinyal yolunu modüle ederek inflamasyonu azalttığı bildirilmiştir (Yang & ark., 2025: 106428). Yine ağ farmakolojisi ve moleküler kenetlenmenin birlikte kullanıldığı başka bir mastitis çalışmasında timol ve karvakrolün özellikle TNF, Toll-benzeri reseptör 4 (TLR4), Albümin (ALB), IL-1, TLR2, IL-6, İnterferon-gama (IFN γ), ve Miyeloid farklılaşma primer yanıt geni 88 (MyD88) gibi enflamasyonla ilişkili hedeflere yüksek afinite gösterdiği, timolün -5.88 kkal/mol'lük bağlanma enerjisiyle TNF ile kararlı bir kompleks oluşturduğu bildirilmiştir (Cao & ark., 2023:350). Benzer şekilde, nane (*Mentha piperita*) bitkisinin aktif bileşenleri de yarı esnek kenetlenme yöntemiyle

incelenmiş; bu bileşenlerin TNF, IL-6 ve Sinyal dönüştürücü ve transkripsiyon aktivatörü 3 (STAT3) gibi mastitis patogeneğinde rol oynayan hedeflere güçlü bağlanma sergilediği belirlenmiştir (Wang & ark., 2025:129).

Staphylococcus xylosus'un neden olduğu mastitis vakalarında biofilm oluşumu önemli bir faktördür. Chen & ark. (2017:545) homoloji modellemesi ve moleküler kenetlenmesi kullandıkları çalışmalarında, baicalin gibi flavonoid türevlerinin *S. xylosus*'taki imidazol gliserofosfat dehidrataz proteinine bağlanarak biofilm oluşumunu etkili bir şekilde inhibe edebileceğini göstermişlerdir. Bu bulgu, baicalini mastitis tedavisinde potansiyel bir aday olarak düşündürmüştür. *Mycoplasma bovis* kaynaklı pnömoninin moleküler mekanizmasının ağ farmakolojisi ve MK kullanılarak aydınlatılmaya çalışıldığı başka bir çalışmada, Çin tıbbi formülü olan Dang-Shen-Yu-Xing dekoksasyonunun (DSYXD) aktif bileşenlerinin IL-6, IL-10, TNF ve diğer enflamatuvar medyatörlere yüksek afinite ile bağlandığı ve böylece hem antimikrobiyal hem de immün-düzenleyici etki gösterdiği söylenmiştir (Yang & ark., 2024:1431233).

Paraziter Hastalıklar

Moleküler kenetlenmeden, parazitlerin yaşam döngüsündeki temel enzimler hedef alınarak antiparaziter bileşiklerin keşfinde de faydalanılmıştır. Örneğin, Tavşan hepatik koksidiyozu'nda, Laktoferrin ve Diclazuril'in *Eimeria stiedae*'nin yüzey antijenleri (SAG4 ve SAG5) ve tavşan TNF- α 'sı ile etkileşimleri moleküler kenetlenme yöntemiyle incelenmiş ve bileşiklerin bu proteinlere karşı yüksek afinite gösterdiği bildirilmiştir (Elbasuni & ark., 2025:1). Ağ farmakolojisi ve moleküler kenetlenmenin kullanıldığı başka bir çalışmada ise Qinghao Changshan formülü bileşenlerinin tavuk koksidiyozunda Epidermal büyüme faktör reseptörü (EGFR), Östrojen reseptörü 1 (ESR1) ve Progesteron reseptörü (PGR) gibi

hedef proteinlere bağlandığı ve böylece antikoksidiyoz mekanizmanın aydınlatıldığı ileri sürülmüştür (Tian & ark., 2025:2222).

Diğer Hayvan Hastalıkları

Veteriner hekimlikte viral, bakteriyel ve paraziter hastalıkların yanı sıra, onkoloji ve bağışıklık mekanizmaları vb. gibi farklı alanlarda da doğal kaynaklı bileşiklerin tedavi veya destekleyici potansiyelleri *in silico* yöntemlerle araştırılmış ve deneysel çalışmaların maliyet ve süresi önemli ölçüde azaltılmıştır.

Köpeklerde en sık görülen malign neoplazilerden biri olan meme tümöründe Matrine bileşiğinin anti-tümör potansiyeli ağ farmakolojisi ve moleküler kenetlenme ile incelenmiş ve analizler sonucunda, Matrine'nin, Janus kinaz 2 (JAK2) (-7,8 kkal/mol), Androjen reseptörü (AR) (-7,2 kkal/mol), Histon deasetilaz 6 (HDAC6) (-7,3 kkal/mol) ve Nüklear reseptör altfamilya 3 grup C üye 1 (NR3C1) gibi tümör proliferasyonu, hormon reseptör aktivitesi ve epigenetik düzenlemede kritik rol oynayan hedef proteinlere yüksek afinite ile bağlandığı bildirilmiştir. Yazarlara göre, bu bulgular Matrine'i köpek meme tümörlerinin tedavisinde umut verici bir aday olarak düşündürmüştür (Noor & ark., 2025:111020).

Geviş getirmeyen hayvanlarda özellikle atlarda çevresel etkisi yüzünden metan gazının azaltılması veterinerler için önem arz etmektedir. Bu düşünceden yola çıkarak yapılan bir çalışmada, *Moringa oleifera* yapraklarındaki fitokimyasalların atlardaki Metilkoenzim M Redüktaz enzimi üzerindeki inhibitör etkisi MK simülasyonları ile taranmıştır. Bu çalışmada Tetradekanoik asidin -142,98 kJ/mol ile en yüksek bağlanma enerjisine sahip olduğu ve test edilen bileşikler arasında en güçlü antimethanojenik ajan olduğu belirlenmiştir (Khusro & ark., 2020).

Tırnak hastalığı sığır, at ve diğer hayvanlarda görülen cerrahi bir hastalık olup, ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Tırnak hastalığında, *Macleaya cordata* bitkisinin sekonder metabolitlerinin antiinflamatuvar etkilerinin moleküler kenetlenme yöntemi ile değerlendirildiği bir çalışmada; sanguinarin, chelerythrine, allocryptopine ve protopine'in MAPK3 ve JAK2'ye iyi bağlandığı, özellikle allocryptopine–MAPK3 kompleksinin -8,62 kkal/mol bağlanma enerjisiyle oldukça kararlı bir etkileşim gösterdiği bildirilmiştir. Bu etkileşimlerden, bu alkaloidlerin siklik adenosin monofosfat (cAMP), JAK/STAT, Fosfatidilinozitol 3'-kinaz-Serin/Treonin protein kinaz (PI3K-Akt) ve Rat sarkoma/Mitojen-aktif protein kinaz (Ras/MAPK) sinyal yolları aracılığıyla etki gösterdiği ve tırnak hastalığını tedavi etme potansiyeline sahip olduğu görüşüne varılmıştır (Dong & ark., 2021:11). Başka bir çalışmada Ali ve ark. (2023:171) sığırların bağışıklık sisteminde önemli rol oynayan Nod-benzeri reseptör ailesi TLR4 (Toll-like receptor 4) (NLRP9) inflamasyon reseptörüne karşı *Withania somnifera* (Ashwagandha) kökünden elde edilen doğal bileşikler (Withanoside IV, Withanoside V, Withanolide A, Withanolide B, ve Sitoindoside IX) moleküler kenetlenme ve simülasyon yaklaşımlarıyla analiz etmişlerdir. Withanolide B'nin NLRP9 proteininin aktif bölgesine -10.5 kkal/mol'lük enerjiyle bağlandığını ve güçlü hidrofobik etkileşimler ve hidrojen bağları kurduğunu gözlemlemişlerdir. Ali ve ark. elde ettikleri bu sonuçlardan Ashwagandha'nın sığırlarda bağışıklığı düzenlemede destekleyici bir rol oynayabileceğini ve ilaç adayı olabileceğini düşünmüşlerdir.

Sonuç

Moleküler kenetlenme veteriner hekimlikte, viral, bakteriyel ve paraziter hastalıklardan diğer fizyolojik hastalıklara kadar geniş bir yelpazedeki hastalıklara karşı yeni ve tedavi edici stratejilerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Fakat veteriner ilaç keşfinde moleküler kenetlenme kullanımı, insan odaklı veri

tabanlarının (örneğin, Protein Data Bank) baskınlığı, hayvan türlerine özgü farmakodinamik ve farmakokinetik verilerin azlığı nedeniyle sınırlıdır. Ayrıca hayvan türleri arasında ilaç metabolizması farklılıkları (örneğin, sitokrom P450 varyasyonları), kenetleme simülasyonlarının varsaydığı bağlanma afinitelerini etkileyebilmektedir. Bu yüzden türe has protein modellemelerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Kaynakça

Abreu, R., Semedo-Lemsaddek, T., Cunha, E., Tavares, L., & Oliveira, M. (2023). Antimicrobial Drug Resistance in Poultry Production: Current Status and Innovative Strategies for Bacterial Control. *Microorganisms*, 11(4), 953. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11040953>

Agarwal, A., Chadha, N., & Sahu, A. (2025). Molecular Docking and Virtual Screening to Investigate Lead Compounds for Veterinary Drug Development. In *Bioinformatics in Veterinary Science: Vetinformatics* (pp. 277-305). Singapore: Springer Nature Singapore.

Agu, P. C., Afiukwa, C. A., Orji, O. U., Ezech, E. M., Ofoke, I. H., Ogbu, C. O., Ugwuja, E. I., & Aja, P. M. (2023). Molecular docking as a tool for the discovery of molecular targets of nutraceuticals in diseases management. *Scientific Reports*, 13(1), 13398. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40160-2>

Ali A, Mir, G, Ayaz, A, Maqbool I, Ahmad S B, Mushtaq S, Khan A, Mir T M & Rehman et al M U. (2023). In silico analysis and molecular docking studies of natural compounds of *Withania somnifera* against bovine NLRP9. *Journal of Molecular Modeling*. 29, 171 <https://doi.org/10.1007/s00894-023-05570-z>

Avashthi, H., Angadi, U. B., Majumdar, S. G., Bhati, J., Singh, D. B., Chandra, M., ... & Mishra, D. C. (2025). A systematic

review on revolutionizing veterinary drug discovery: harnessing omics data to combat complex diseases in domestic animals. *Network Modeling Analysis in Health Informatics and Bioinformatics*, 14:60. <https://doi.org/10.1007/s13721-025-00558-6>

Bhagat, R T. Santosh R. Butle, Deepak S. Khobragade, Sagar B. Wankhede, Chandani C. Prasad, Divyani S. Mahure and Ashwini V. Armarkar (2021) “Molecular Docking in Drug Discovery”, *Journal of Pharmaceutical Research International*, 33(30B), pp. 46–58. doi: 10.9734/jpri/2021/v33i30B31639.

Caneschi, A., Bardhi, A., Barbarossa, A., & Zaghini, A. (2023). The Use of Antibiotics and Antimicrobial Resistance in Veterinary Medicine, a Complex Phenomenon: A Narrative Review. *Antibiotics* (Basel, Switzerland), 12(3), 487. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12030487>

Cao, G., Liu, J., Liu, H., Chen, X., Yu, N., Li, X., & Xu, F. (2023). Integration of Network Pharmacology and Molecular Docking to Analyse the Mechanism of Action of Oregano Essential Oil in the Treatment of Bovine Mastitis. *Veterinary sciences*, 10(5), 350. <https://doi.org/10.3390/vetsci10050350>

Chen, G., Seukep, A. J., & Guo, M. (2020). Recent Advances in Molecular Docking for the Research and Discovery of Potential Marine Drugs. *Marine drugs*, 18(11), 545. <https://doi.org/10.3390/md18110545>

Chen, X. R., Wang, X. T., Hao, M. Q., Zhou, Y. H., Cui, W. Q., Xing, X. X., Xu, C. G., Bai, J. W., & Li, Y. H. (2017). Homology Modeling and Virtual Screening to Discover Potent Inhibitors Targeting the Imidazole Glycerophosphate Dehydratase Protein in *Staphylococcus xylosus*. *Frontiers in chemistry*, 5, 98. <https://doi.org/10.3389/fchem.2017.00098>

de Guzman, J. C. C., Dulay, A. N. G., & Orosco, F. L. (2024). Selective protease inhibitors from secondary metabolites of Philippine medicinal plants against porcine epidemic diarrhea virus: A computational veterinary drug discovery approach. *Open Veterinary Journal*, 14(9), 2192–2214. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i9.8>

Dong, Z., Liu, M., Zou, X., Sun, W., Liu, X., Zeng, J., & Yang, Z. (2021). Integrating Network Pharmacology and Molecular Docking to Analyse the Potential Mechanism of action of *Macleaya cordata* (Willd.) R. Br. in the Treatment of Bovine Hoof Disease. *Veterinary sciences*, 9(1), 11. <https://doi.org/10.3390/vetsci9010011>.

Elbasuni, S., Abdel Haleem, M., El Daous, H., Elhawary, N., H. Baloza, S., Mambouh, M., Magdy, Y., El-Far, A., & Abaza, M. (2025). Anticoccidial Efficacy of Lactoferrin and Diclazuril against Hepatic Coccidiosis in Rabbits: Molecular Docking Insights and Experimental Validation. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, (), 1-14. doi: 10.21608/ejvs.2025.398149.2931

Gupta, P., Pal, Y., Kumar, P., Gupta, S., Singh, S., & Tiwari, S. (2024). A critical review on computational techniques through in silico assisted drug design. *International Journal of Pharmaceutical Investigation*, 14(4), 1035-1041. <https://doi.org/10.5530/ijpi.14.4.113>

Khalifa, H. O., Shikoray, L., Mohamed, M. I., Habib, I., & Matsumoto, T. (2024). Veterinary Drug Residues in the Food Chain as an Emerging Public Health Threat: Sources, Analytical Methods, Health Impacts, and Preventive Measures. *Foods* (Basel, Switzerland), 13(11), 1629. <https://doi.org/10.3390/foods13111629>

Khan, M. Y., Shah, A. U., Duraisamy, N., Moawad, N., ElAlaoui, R. N., Cherkaoui, M., & Hemida, M. G. (2025). Identification of potential inhibitors of the main protease from feline

infectious peritonitis virus using molecular docking and dynamic simulation approaches. *PeerJ*, 13, e19744. <https://doi.org/10.7717/peerj.19744>

Khusro, A., Aarti, C., Salem, A. Z. M., Pliego, A. B., & Rivas-Caceres, R. R. (2020). Methyl-coenzyme M Reductase (MCR) Receptor as Potential Drug Target for Inhibiting Methanogenesis in Horses Using *Moringa oleifera* L.: An in Silico Docking Study. *Journal of equine veterinary science*, 88, 102949. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.102949>

Kumar, R., Khan, S., & Yadav, A. (2025). Integrating computational and experimental approaches in 21st century drug design. *JDDHS*, 2(02), 83-90. <https://doi.org/10.21590/jddhs.02.02.04>

Loewa, A., Feng, J. J., & Hedtrich, S. (2023). Human disease models in drug development. *Nature reviews bioengineering*, 1–15. Advance online publication. <https://doi.org/10.1038/s44222-023-00063-3>

Macalino, S., Gosu, V., Hong, S., & Choi, S. (2015). Role of computer-aided drug design in modern drug discovery. *Archives of Pharmacal Research*, 38(9), 1686-1701. <https://doi.org/10.1007/s12272-015-0640-5>

Martínez-Archundia, M., Bello, M., & Correa-Basurto, J. (2018). Design of drugs by filtering through admet, physicochemical and ligand-target flexibility properties. *Methods in Molecular Biology*, 403-416. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8630-9_24

Noor, F., Ding, W., Sun, N., Sun, P., Yang, H., Zhang, H., Fan, K., Yin, W., Zhang, Z., Sun, Y., Wang, J., Zhong, J., & Li, H. (2025). Matrine as a potent inhibitor of canine mammary tumors: Insights from network pharmacology, molecular docking, molecular dynamics and in vitro analysis. *Veterinary immunology and*

immunopathology, 289, 111020.
<https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2025.111020>

Paggi, J. M., Pandit, A., & Dror, R. O. (2024). The Art and Science of Molecular Docking. *Annual Review of Biochemistry*, 93(1), 389–410. <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-030222-120000>

Pathak, R. K., & Kim, J. M. (2022). Vetinformatics from functional genomics to drug discovery: Insights into decoding complex molecular mechanisms of livestock systems in veterinary science. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 1008728. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1008728>

Pinzi, L., & Rastelli, G. (2019). Molecular Docking: Shifting Paradigms in Drug Discovery. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(18), 4331. <https://doi.org/10.3390/ijms20184331>

Pires, D. E. V., Blundell, T. L., & Ascher, D. B. (2015). PkcsM: predicting small-molecule pharmacokinetic and toxicity properties using graph-based signatures. *Journal of Medicinal Chemistry*, 58(9), 4066–4072. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.5b00104>

Rao, S. A. and Shetty, N. P. (2022). Structure-based screening of natural product libraries in search of potential antiviral drug-leads as first-line treatment to covid-19 infection. *Microbial Pathogenesis*, 165, 105497. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105497>

Singh, V. K., & Seed, T. M. (2021). How necessary are animal models for modern drug discovery? *Expert Opinion on Drug Discovery*, 16(12), 1391–1397. <https://doi.org/10.1080/17460441.2021.1972255>

Theerawatanasirikul, S., Kuo, C. J., Phetcharat, N., & Lekcharoensuk, P. (2020). In silico and in vitro analysis of small

molecules and natural compounds targeting the 3CL protease of feline infectious peritonitis virus. *Antiviral Research*, 174, 104697. <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2019.104697>

Tian, D., Fu, H., Tao, H., Li, M., Zhang, Q., & Deng, W. (2025). Deciphering the anticoccidial mechanism of Qinghao Changshan formula through network pharmacology and molecular docking. *Veterinary World*, 18(8), 2222–2229. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2025.2222-2229>

Vlasiou M. C. (2024). Vet informatics and the future of drug discovery in veterinary medicine. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1494242. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1494242>

Wang, X., Lai, J., Xu, F., & Liu, M. (2025). Network Pharmacology and Molecular Docking: Exploring the Mechanism of Peppermint in Mastitis Prevention and Treatment in Dairy Cows. *Veterinary Sciences*, 12(2), 129. <https://doi.org/10.3390/vetsci12020129>

Yang, M., Yang, F., Guo, Y., Liu, F., Li, Y., Qi, Y., Guo, L., & He, S. (2024). Molecular mechanism of Dang-Shen-Yu-Xing decoction against *Mycoplasma bovis* pneumonia based on network pharmacology, molecular docking, molecular dynamics simulations and experimental verification. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1431233. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1431233>

Yang, T., Bai, J., Wu, Y., & Zhuang, C. (2025). Lycopene exerts a treatment effect on bovine mastitis induced by *Escherichia coli* infection via the MAPK pathway using network pharmacology, a mice model and molecular docking. *Veterinary Journal* (London, England:1997), 314, 106428. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2025.106428>

Zhu, H., Zhang, Y., Li, W., & Huang, N. (2022). A Comprehensive Survey of Prospective Structure-Based Virtual

Screening for Early Drug Discovery in the Past Fifteen Years. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(24), 15961. <https://doi.org/10.3390/ijms232415961>

Zia, S., Sumon, M. M., Ashik, M. A., Basar, A., Lim, S., Oh, Y., Park, Y., & Rahman, M. M. (2024). Potential Inhibitors of Lumpy Skin Disease's Viral Protein (DNA Polymerase): A Combination of Bioinformatics Approaches. *Animals* : an open access journal from MDPI, 14(9), 1283. <https://doi.org/10.3390/ani14091283>

