

# ATLARDA LYME BORRELİOZİS

## LYME BORRELİOSIS IN HORSES

Bariş Tolga CANDAN<sup>1</sup> Ayşe Ilgın KEKEÇ<sup>2</sup>

Büşra Gülay Celil ÖZASLAN<sup>1</sup> Barış HALAÇ<sup>3</sup>

Gönderildiği Tarihi: 21 Aralık 2024

Kabul Tarihi: 31 Aralık 2024

### Makale Atfı

Candan B.G., Kekeç A.I., Özasan B.G.C. & Halaç B. (2024). Atlarda Lyme Borreliozis. *İstanbul Rumeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(2): 48-65.

### Özet

Lyme hastalığı, spiral şekilli bir bakteri olan *Borrelia burgdorferi* tarafından oluşturulan, özellikle *Ixodes* cinsi kene türleri ile bulaşan ve geniş bir konakçı yelpazesi bulunan zoonoz bir hastalıktır. Vektör kenelerin dünya genelinde geniş bir yayılım göstermesi, yaban hayvanları ve göçmen kuşlarla uzun mesafelere ulaşabilmesi önemli bir risk faktörüdür. Lyme hastalığı, 1975 yılında nispeten yakın sayılabilecek bir tarihte, ABD'nin Connecticut Eyaletinin Lyme Kasabasında çocuklar ve yetişkinlerde ortaya çıkan artrit benzeri semptomlar veren salgın nedeniyle yapılan çalışmalar sonucu adlandırılmıştır. Etken *Borrelia burgdorferi* ise 1982 yılında Willy Burgdorfer tarafından izole edilerek adlandırılmıştır. Kronik zayıflama, davranış değişiklikleri, abort, hafif ateş gibi patognomik olmayan bulgulara sahiptir ve atlarda sinirsel semptomlara yani nöroborreliozise neden olmaktadır. Lyme hastalığı etkeni *Borrelia burgdorferi*'nin zoonoz karakteri ve kedi, köpek, at gibi insanlarla yoğun teması olan hayvanların da konakçı olması nedeniyle insanlarda da ciddi vakalara neden olması sebebiyle toplum sağlığı açısından risk oluşturan bir hastalıktır. Kültür ortamında üremesi oldukça güç olduğundan, tanısında serolojik testlerin kilit rol oynadığı Lyme hastalığının seroprevalansının yüksek olduğu ve uluslararası hayvan hareketlerinin kolaylaştığı, vektör kenelerin küresel ısınma ile yayılımının değişim gösterdiği günümüzde, gün geçtikçe arttığı bilinmektedir. Bu derlemede, Türkiye'de henüz ihbarı zorunlu olmayan bir hayvan hastalığı olan, Lyme hastalığı ve etkeni hakkında genel bilgi, tanı ve tedavisi ile birlikte Türkiye'de ve dünyada atlar ile yapılmış çalışmalarda elde edilen seroprevalansa dair bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** At, Borreliozis, *Borrelia burgdorferi*, Lyme hastalığı, Türkiye.

### Abstract

Lyme disease is a zoonotic disease caused by *Borrelia burgdorferi*, a spiral-shaped bacterium, transmitted especially by tick species of the *Ixodes* genus, and has a wide host range. The fact that vector ticks spread widely around the world and can travel long distances with wild animals and migratory birds is an important risk factor. Lyme disease was named as a result of studies carried out relatively recently in 1975, due to an epidemic that caused arthritis-like symptoms in children and adults in the Lyme Town of Connecticut, USA, and the causative agent *Borrelia burgdorferi* was isolated and named by Willy Burgdorfer in 1982. It has non-pathognomonic findings such as chronic wasting, behavioral changes, abortion, mild fever, and causes nervous symptoms, namely neuroborreliosis, in horses. Lyme is a disease that poses a risk to public health due to the zoonotic character of *Borrelia burgdorferi*, and the fact that animals that have extensive contact with humans, such as cats, dogs and horses, cause serious cases in humans as well. It is known that the seroprevalence of Lyme disease, for which serological tests play a key role in diagnosis as it is very difficult to reproduce in culture, is high and is increasing day by day, as international animal movements are becoming easier and the spread of vector ticks is changing with global warming. In this review, it is aimed to provide general information about Lyme disease and its causative agent, which is an animal disease that is not yet mandatory to be notified in Turkey, its diagnosis and treatment, as well as information about the seroprevalence obtained from studies conducted with horses in Turkey and around the world.

**Key Words:** Horse, Borreliosis, *Borrelia burgdorferi*, Lyme Disease, Türkiye.

---

<sup>1</sup>Veteriner Hekim, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, btcandan@gmail.com, busragulay.celil@mku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6687-8401, ORCID: 0000-0001-5600-413X.

<sup>2</sup> Araş. Gör. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, ilginkekec@iuc.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0821-8376,

<sup>3</sup>Dr. Öğrt. Üyesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, baris.halac@iuc.edu.tr ORCID: 0000-0002-3067-9937.

---

## 1. GİRİŞ

Lyme hastalığı (Lyme borreliozis), 20'den fazla *Borrelia* suşunu barındıran *Borrelia burgdorferi* (*B. burgdorferi*) sensu lato (Bbsl) kompleksindeki türlerin neden olduğu, *Ixodes* cinsi keneler tarafından yayılan, Avrupa, Kuzey Amerika ve Asya ülkelerinde ortaya çıkan, zoonoz ve birden çok sistemi etkileyen bir hastalıktır. *Borrelia* türleri yaşamlarını sürdürebilmek için vertebralı rezervuarlara ve arthropod vektörlere bağımlılık duymaktadırlar.

Lyme hastalığı etkenleri omurgalıları ve *Ixodes* türü keneleri dönüşümlü olarak infekte etme yoluyla doğada varlığını sürdürmektedir. Omurgalı konakçıların memeliler, kuşlar ve sürüngenler olduğu bilinmektedir. Etken *Borrelia burgdorferi* sensu lato çok sayıda genotürlere ayrılmıştır, ancak tüm genotürlerin temel biyolojisi aynı olması nedeniyle bu tür spiroketlerin tümü *B. burgdorferi* olarak adlandırılmıştır.

Tüm *Borrelia*'lar için ortak olan çeşitli özelliklerin varlığı bildirilmiştir. Bu cinsin üyelerinin zorunlu simbiyotik olarak bir yaşam döngüsü sürdürdükleri ve herhangi bir serbest yaşam durumunun söz konusu olmadığı vurgulanmıştır. *B. burgdorferi* infeksiyonlarında çeşitli omurgalı türlerin görevinin rezervuar konakçı, eklembacaklıların ise infeksiyonu bir konakçıdan diğerine aktarması olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar bu genellemelerin tek istisnasının rezervuar konakçısı *Pediculus humanis* (insan vücut biti) olan *B. recurrentis* olduğunu belirtmişlerdir. Bu rezervuar konakçının *B. recurrentis*'i, ısırma ve kan emme yoluyla insanlara iletmediğini, insan vücudunda bitin ezilmesi sonucunda açığa çıkan etkenin sıyrıklar ve diğer cilt lezyonları yoluyla vücuda girdiği bildirilmiştir (El Hamzaoui ve ark., 2019).

Lyme hastalığı veteriner hekimlikte özellikle *B. burgdorferi*'nin endemik olduğu bölgelerde köpek, kedi ve atların çok sık karşılaşılan infeksiyonları nedeniyle önemli bir sorun oluşturmaktadır.

Lyme borreliozis atlarda ilk defa Güney Afrika'da 1978 yılında, serolojik olarak tespiti ise 1992 yılında yapılmıştır (Demir ve Keskin, 2019). İlk bildiriminden günümüze kadar

dünyanın pek çok yerinde serolojik olarak tespit edilmiş, at popülasyonunda yüksek bir seroprevalansa sahip olduğu bildirilmiştir (Demir ve Keskin, 2019; Alruhaili ve ark., 2024; Funk ve ark., 2016; Durrani, Goyal ve Kamal, 2011; Käsbohrer ve Schönberg, 1990). Atlarda *B. burgdorferi* infeksiyonlarının çoğunlukla asemptomatik bir seyir izlediği, bazı atlarda ara sıra topallık, kilo kaybı, artrit ve ensefalit gibi semptomlar görülebildiği belirtilmiş, görülen semptomlarının sayısının çokluğu ve değişkenliği sebebiyle ayırıcı tanı noktasında zorlukların olduğu, çoğunlukla karşılaşılan vakalara semptomatik tedavi uygulandığı bildirilmiştir (Alruhaili ve ark., 2024; Divers, 2013).

Bu derlemede Lyme hastalığı ile ilgili bilgilerin güncel veriler ışığında yeniden gözden geçirilmesi ve toplanması amaçlanmıştır.

## 2. ETİYOLOJİ

Lyme hastalığının etkeni *Borrelia burgdorferi*; Spirochaetales takımı, Spirochaetales ailesi, *Borrelia* cinsi altında yer alır. *Borrelia* spp. Gram negatif, ince, uzayan, kapsülsüz, hareketli, sporsuz, flagellar koruyucuları olan bir bakteridir (Yener ve İkiz, 2022). Dış yüzeyinde mukopolisakkarit bir yapıda olan S-tabakası ve bu tabakanın altında 6-14 arası değişen sayılarda endoflagella bulunmakta ve bu periplazmik boşluğu ise üç katmanlı dış zar sarmaktadır (Hayes ve Burgdorfer, 1993). Aynı zamanda hareket özelliği sayesinde, eklem bacaklı ve omurgalı konakçılara yayılabilen oldukça istilacı bir mikroorganizma olma özelliği kazanmaktadır; vektör ve konakçı arasında önemli ilişki kurmaktadır (Motaleb, Liu ve Wooten, 2015).

*B. burgdorferi* lineer kromozoma sahiptir. Bunun yanında lineer ve sirküler plazmidleri de bulunmaktadır. Dış yüzey proteinleri Osp A, OspB ve OspC 'yi sentezleyen genler lineer plazmidler üzerinde yer almaktadır (Şen, 2006). Ayrıca barındırdığı en az 132 işlevsel gen, bakteriye hücre içi lokalizasyon, immun yanıtta kaçma ve oto regülasyon gibi patojen özellikler kazandırmaktadır (Stricker, Lautin ve Burrascano, 2005).

Keneden izole edilmesi kolay olsa da kronik hastalık durumlarında deri, BOS, kan ve eklem sıvılarından izole etmek zordur. Kültür için Barbour – Stoenner - Kelly H (BSK-H) besiyeri kullanılmaktadır. *B. burgdorferi*, mikroaerofilik, yavaş üreyen bir bakteridir ve optimal üreme sıcaklığı 33-35°C 'dir. İnkübasyon süresi 10 gün ila 35 gün arasında değişmektedir. *B. burgdorferi* Wright, akridition orange ve gümüş boyası ile diğer spiroketlere oranla daha iyi boyanır (Tekbıyık ve Eyigör, 2006). Üreme sonrası mikroskopik inceleme için ise karanlık saha mikroskobu kullanılmaktadır (Hızel, 1997).

Lyme hastalığına neden olan *Borrelia burgdorferi* sensu lato, içinde 20'den fazla genotür bulundurmaktadır. Genellikle hem kuzey hemde güney yarımkürede 40. ve 60. paraleller arasında dağılım göstermektedirler (Margos ve ark., 2019). Bunlardan *B. afzelii*, *B. bavariensis*, *B. garinii*, *B. japonica*, *B. lusitaniae*, *B. sinica*, *B. spielmanii*, *B. tanukii*, *B. turdi*, *B. valaisiana*, ve *B. yangtze* Avrupa ile ilişkilendirilirken, *B. americana*, *B. andersonii*, *B. californiensis*, *B. carolinensis*, ve *B. kurtenbachii*'nin Amerika'da görüldüğü bildirilmiştir (Rudenko ve ark., 2011; Steere ve ark., 2016).

### 3. EPİDEMİYOLOJİ

*Borrelia* infeksiyonlarının etkeni kenelerin gastrointestinal kanallarında yaşamakta ve ısırıkla beraber konakçıya aktarılmaktadır (Divers, 2013). *Ixodes* cinsi keneler hastalığın en önemli vektörüdür ve bunun yanında kuşlar, rodentler, omurgalılar, kertenkeleler rezervuar konumdadır (Margos ve ark., 2019). Kirpilerin de hastalığın rezervuarı olabileceği bildirilmiştir (Öncel, 2018).

Vektörler türe göre değişiklik göstermektedir. Örneğin; *B. garinii*; *Ixodes ricinus*, *I. pavlovskyi*, *I. uriae*, *I. persulcatus* gibi çok çeşitli vektörlerde bulunabilirken, *B. valaisiana* sadece *Ixodes ricinus*'ta bulunabilmektedir (Margos ve ark., 2012; Masuzawa, 2004). Aynı durum rezervuarlar için de geçerlidir; *B. spielmanii*, kirpiler gibi kısıtlı rezervuarlarda bulunurken, *B. burgdorferi* sensu stricto rodentler, kuşlar, böcekçiller gibi geniş rezervuar çeşitliliğine sahiptir (Wolcott ve ark., 2021). Çok çeşitli vektörlerin ve rezervuarların varlığı, hastalığın yayılmasını da doğrudan etkilemektedir. Bunun yanında kuşların da Lyme borreliosis'in, uzak mesafelere taşınmasında önemli bir rol oynadığı saptanmıştır (Humair ve Gern, 2000). Mevsimsel olarak uzak mesafeler kat eden göçmen kuşlar, üzerlerine yapışmış olan kenelerle etkeni uzak mesafelere taşır, etkenin bulunduğu habitata kolay yayılabilme yeteneği, rezervuar çeşitliliğinin geniş olması ve zoonoz olması hem beşeri hem de hayvan sağlığı açısından önem taşımaktadır (Humair ve Gern, 2000; Yücel ve Çalışır, 1997).

Yüksek yağış miktarı, yoğun bitki örtüsü ve nem oranının yüksek olması gibi faktörler *I. ricinus* türü kenelerin çoğalmasında etkili olduğundan iklim koşulları ve coğrafi şartlar hastalığın ortaya çıkmasında ve yayılmasında yadsınamaz bir etkiye sahiptir (Yücel ve Çalışır, 1997; Özeren, Kaya ve Önlen, 2013). Lyme hastalığı, zoonoz bir infeksiyon olduğundan, endemik bölgelerde bulunan av köpekleri, yabani hayvanlar gibi; çiftçiler, avcılar, orman işçileri gibi kişiler de yüksek risk grubunda yer almaktadır (Lindgren ve Jaenson, 2016).

İstatistiklere göre, Lyme hastalığının çoğunlukla Kuzey yarımkürenin yağışlı, ormanlık ve ılıman bölgelerde endemik olarak görüldüğü bildirilmiştir (Şen, 2006). Etken, kenelerin endemik olarak yaşadığı yerlerde bulunan *Ixodes* cinsi kenelerle birlikte, kan emdikleri yabani ve evcil memelilerde de tespit edilmiştir (Ranka ve ark., 2004; Clark, Leydet ve Hartman, 2013).

Avrupa'da, *Ixodes ricinus*, Amerika Birleşik Devletleri'nde daha yaygın olan siyah bacaklı keneler (*Ixodes scapularis*) ile karşılaştırıldığında, *B. burgdorferi* sensu lato' nun ana taşıyıcısıdır (Gern ve ark., 1998). Amerika'da *Ixodes* cinsi kene türlerine ek olarak *Dermacentor variabilis* ve *Amblyomma americanum* türlerinde de *B. burgdorferi* izole edilmiş ama hastalık oluşturmada etkili rollerinin olmadığı bildirilmiştir. Avrupa'da incelenen *I. ricinus*'ların %10 ile %40 arasında enfekte oldukları, Asya'da *I. persulcatus*'un, Avusturalya'da da *I. holocyclus* vektör olduğu görülmektedir (Yücel ve Çalışır, 1997).

Günümüzde dünyamızın karşı karşıya bulunduğu küresel ısınma sürecinde, vektörlerle bulaşan hastalıklarda, özellikle Lyme hastalığında, daha kuzey enlemlerde vaka sayılarının arttığı görülmektedir (Ogden ve ark., 2014).

Birçok ülkede *Borrelia burgdorferi* infeksiyonlarının atlarda yapılan seroprevalans çalışmaları mevcuttur. Fransa'da %33, İsveç'te %6,8, Almanya'da %16, Brezilya'da %9.8-42.8, Danimarka'da %29 ve Avusturya'nın çeşitli yerlerinde yapılan çalışmalarda da %60-90 arası sonuçlar tespit edilmiştir (Maurizi ve ark., 2010; Basile ve ark., 2015; Hansen ve ark., 2010; Alruhaili ve ark., 2024)

Ülkemizde atlar üzerinde yapılan çalışmaların sayısı az olmakla birlikte, çalışmalarda İzmir'de %6, Şanlıurfa'da %5,91 olarak saptanmıştır (Bhide ve ark., 2008; Demir ve Keskin, 2019).

Bazı çalışmalarda yaşlı hayvanlarda seropozitifliğin arttığına yönelik bilgiler bulunsa da cinsiyet ve yaş ile seroprevalans arasında doğrudan bir bağlantı bulunamamıştır (Amusatogui ve ark., 2008; Stefanciková ve ark., 2008; Couto ve ark., 2010).

#### **4. PATOGENEZ**

Vücuda deri yolu ile giren *B. burgdorferi*, kan ve lenf yolu ile vücuda yayılıp infeksiyon oluştururken bireyin immun sisteminden korunmak zorundadır. Bunu da birkaç farklı mekanizma ile yapabilmektedir. Bunlardan ilki; immun sistem tarafından tanınan yüzey proteinlerinin aşağı regülasyonu, ikincisi; immun sistemi baskılamak, üçüncüsü ise hücre dışına kaçmaktır (Brodziński ve Nasierowski, 2019). *Borrelia burgdorferi*' nin immun

sistemden kaçarak vücutta yayılıp, enfeksiyon oluşturmasında yüzeyinde bulunan proteinlerin rolü çok önemlidir. Bu yüzey proteinlerinin en önemlileri OspA (Outer Surface Protein A), OspB, OspC, OspD, OspE, OspF, Erp (OspE/F-ilişkili proteinler), CRASPs (Complement Regulator Acquiring Surface Proteins)'dir (Brodziński ve Nasierowski, 2019; Singh ve Girschick, 2004). OspA, kenenin bağırsağında yüksek oranda bulunmaktadır. İn vitro olarak, IL-6, TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  gibi sitokinlerin salınımını sağladığından immun sistemin kuvvetli bir uyarıcısı olarak görülmektedir. Bu nedenle kene, konakçıyı ısırıldıktan sonra OspA salınımı azaltılarak etkenin bağışıklık sisteminden kaçması sağlanmaktadır (Divers, 2013; Singh ve Girschick, 2004; Rupprecht ve ark., 2008). Buna karşın, OspC yüzey proteinlerinin varlığı ise *Borrelia* etkenlerinin önemli bir hayatta kalma faktörüdür ve konakçı kanının emilmeye başlanmasına bağlı sıcaklık ve pH değişimi ile beraber salınımı artmaya başlamaktadır (Pal ve ark., 2001; Schwan ve Piesman, 2000; Ramamoorthi ve ark., 2005). Aynı zamanda, *Borrelia* etkenleri OspC aracılığı ile kene tükürüğünde bulunan immunodilatörlerden biri olan Salp15'e (Tükürük proteini 15) bağlanabilmekte, CD4+ hücrelerinin aktivitesini inhibe edebilmekte ve interlökin 2 (IL-2) üretiminin azalmasına yol açabilmektedir. Kene tükürüğüne karşı bağışıklık reaksiyonunu azaltan birçok mekanizmalardan biri de budur (Fikrig ve Narasimhan, 2006). Yapılan çalışmalar OspC bulundurmeyen spiroketlerin konakçı vücudunda yayılamadığını göstermektedir (Brodziński ve Nasierowski, 2019; Rupprecht ve ark., 2008; Fikrig ve Narasimhan, 2006).

*Borrelia*, kene tükürüğü proteinlerini koruma olarak kullanmanın yanı sıra, konakçının bağışıklık yanıtını azaltan kendi proteinlerini de üretmektedir. CRASP'ler ve Erps'ler bu proteinlerdendir. Bahsedilen proteinler konakçının komplement sistemini bozup aktivasyonunu durdurarak etki göstermektedir (Brodziński ve Nasierowski, 2019). Konakçı immün reaksiyonundan kaçınmanın bilinen son mekanizması, *Borrelia* türlerinin konakçı vücudundaki immünolojik olarak ayrıcalıklı bölgelere, yani bağışıklık sisteminin, hücre dışı matris gibi neredeyse hiç nüfuz etmediği alana ulaşmasıdır (Rupprecht ve ark., 2008; Cabello, Godfrey ve Newman, 2007; Liang ve ark., 2004). Etkenin tükürük salgısı ile konakçıya aktarılması *Borrelia* türlerine göre değişkenlik gösterir ve 24 – 48 saat sürmektedir (Yener ve İkiz, 2022; Re III, Occi ve McGregor, 2004). Etkenin vücuda girmesinden sonra, kan ve bağ doku ve periferel sinir sistemi yolu ile vücutta yayılmakta, kan-beyin bariyerini aşabilmektedir (Divers ve ark., 2018).

## 5. KLİNİK BULGULAR

Genotipik farklılıklar dolayısıyla hastalığın oluşturduğu klinik semptomlar da farklılık göstermektedir (Demaerschallck ve ark., 1995). Örneğin, serebrospinal sıvı örneklerinde *B. burgdorferi* sensu stricto ve *B. garnii*, acrodermatitis ile seyreden deri lezyonu örneklerinde ise *Borrelia afzelii* izole edilmiştir (Dressler ve ark., 1993).

Atlardaki duruma bakıldığında, Lyme Borreliosiz'in patognomonik bir semptomunun bulunmaması, inkubasyon süresinin ve insidansının tam olarak bilinmemesi nedeniyle saptanması zor bir hastalıktır. Kronik zayıflama, eklemlerde şişme, artrit, sporadik topallık, kas erimesi, kaslarda hassaslaşma, letarji, üveit, ensefalit, davranış değişiklikleri, hiperestezi, abort, sporadik hafif ateş gibi çok fazla sayıda patognomonik olmayan klinik semptom bildirilmiştir (Magnarelli ve Anderson, 1988; Burgess ve ark., 1988; Butler ve ark., 2005; Sorensen, 1990). Genelleşmiş alt motor nöron zayıflığının belirtileri, yüz sinirinin parezi veya kas fasikülasyonları ile daha az sıklıkla gözlenmektedir. Disfaji, dil felci ve fasikülasyonlar da klinik olarak belirgin olabilmektedir. Belirtilerdeki çeşitlilik, Lyme borreliosisinin çoklu sistemik doğasını yansıtmaktadır. Üveit, *Borrelia* enfeksiyonunun nöral olmayan belirtisi olarak rapor edilmiştir (Johnstone ve ark., 2016). İnsanlardaki vakalarda gözlenenin aksine, atlarda eklemlerde şişme çok daha az gözlemlenmektedir (Divers, 2013).

Atlarda nöroborreliozis olarak tanımlanan vakalar da bulunmaktadır. Lyme nöroborreliozisi atlarda, hiperestezi, bel ağrısı, kas kaybı, bacaklarda ataksi, fasiyal sinir felci, depresyonla seyreden kafa titremesi gibi klinik semptomlar bildirilmiştir (Imai ve ark., 2011).

Üveit ve nörolojik bulgularla seyreden borreliozisin prognozu kötüdür (Scherrer ve ark., 2020). Genellikle aköz bulanıklık, sarımsı – yeşil fibroid hümor aköz, miyosis, preiridial fibrovasküler membran oluşumu ve rubeosis iridis, korpora nigra kaybı gibi diğer iris değişiklikleri ile seyreden bilateral göz hastalıkları oluşur (Divers ve ark., 2018).

Yüksek ateş ve bacak ödemi genellikle *Borrelia* ve *Anaplasma phagocytophilum*'un aynı anda enfeksiyon oluşturması sonucu ortaya çıkmaktadır (Chang ve ark., 2005).

Kenenin sökülmesini takiben, deride lymphohistiocytic kutanöz nodüller olduğu vakalar bulunmaktadır. Bu tarz vakalar Lyme pseudolymphoma olarak adlandırılmaktadır. (Sears ve ark., 2012)

## 6. TANI

Atlardaki Lyme Borelliozis özellikle de Lyme nöroborreliyozis karakteristik semptomları olmadığından, tanısı zordur (Chang ve ark., 2000). Bakterinin kültüre edilmesinin de zor olması, tanıda, uygulama kolaylığı ve hızlı sonuç sağlayan ELISA, IFA ve FAT gibi serolojik testlerin kullanımı öne çıkmaktadır ve doğrulama amacı ile de immunoblot teknikleri önerilmektedir (Divers, 2013; Wilske, 2003).

Bu amaçla iki aşamalı serolojik test protokolü uygulanmaktadır. İlk aşama ELISA ve FAT ile gerçekleştirildikten sonra Western blot ile ikinci aşama (Brodziński ve Nasierowski, 2019; Butler ve ark., 2005; Magnarelli ve ark., 2000). Tanıda; OspA, OspC ve OspF rekombinant antikorlarını hedefleyen Equine Multiplex Assay, spesifik Bb antijenini (VlsE'nin IR6'sı) taklit eden C6 peptidine karşı oluşan antikorları hedefleyen SNAP4Dx hızlı tanı kitleri de kullanılır (Wagner ve ark., 2011; Johnson, Divers ve Chang, 2008). OspA, OspC ve OspF için kantitatif antikor tespiti ile birlikte multipleks antikor boncuk testinin at lyme hastalığının serolojik tanısı için kullanılabilmesi bildirilmiştir (Divers, 2013). Bunların yanında özellikle yeni vakalarda deri biyopsisi, sinoviyal sıvı, oküler akıntılar gibi etkilenen dokulardan PZR ile etkene ait DNA varlığının belirlenmesi ile de tanı konulmaktadır (Imai ve ark., 2011).

## **7. TEDAVİ VE KORUMA KONTROL**

Endemik bölgelerde Lyme hastalığının önlenmesine yönelik yöntemler; kene maruziyetinin veya uzun süreli kene tutulumunun önlenmesi, erken antimikrobiyal kullanımı ve aşılama.

Hastalıktan korunma amaçlı olarak atlarda güncel bir aşının bulunmadığı ancak köpeklerde kullanılan aşılarda da koruyucu olabileceğine yönelik araştırmalar mevcuttur (Divers ve ark., 2018; Neely ve ark., 2021).

Önleyici olarak ektoparazitlerin kullanılması ve kene ile temasın olabileceği düşünülen arazilerde dolaşımdan sonra kene kontrolü yapılması ve en kısa sürede çıkarılması önem arz etmektedir (Divers ve ark., 2001; Butler ve ark., 2005; Songer ve Post, 2004). Köpeklerde kullanılan fipronil bazlı kene spreylere atlarda da kullanılmakta ve herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır. Bu spreylere kenelerin gözlenmesi durumunda, yaz sonu, sonbahar ve kış başında yapılmalıdır (Divers ve ark., 2018).

Atlarda Borreliozis tedavisi uzun sürmektedir ve oral veya parenteral tetrasiklinler (doksisisilin veya minosilin), parenteral beta-laktam antibiyotikler yaygın olarak kullanılmaktadır (Divers ve ark., 2018). Ancak oral tetrasiklinler, uzun vadede çok yan



etki göstermektedir. Bunun yanısıra intravenöz olarak kullanılan tetrasiklinlerin böbrek yetmezliklerine neden olabileceği unutulmamalıdır (Caol ve ark., 2017). Ayrıca nörolojik semptomlar gösteren atlarda yapılan bir çalışmada da oral tetrasiklinlerin etkili olmadığı bildirilmiştir (Scherrer ve ark., 2020). Kutanöz lezyonlarla ilerleyen durumlarda penisilin ve amoksisilin de ikincil olarak tercih edilebilir (Stanek ve ark., 2004). Caol ve ark. (2017) ceftiofur'un, in vitro olarak *Borrelia burgdorferi*'ye karşı duyarlı olduğu bildirmişlerdir.

## 8. ATLARDA LYME HASTALIĞININ TÜRKİYE'DEKİ DURUMU

Lyme Borreliozis'in, Türkiye'deki atlardaki durumu hakkında literatür taramalarında iki çalışma ile karşılaşmıştır. Bhide ve ark. (2008) İzmir ilinde Türk Jokey Kulübü kliniğine rutin kontrol için getirilen sağlıklı ve aktif yarışan 300 attan alınan örnekler ile bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada bu 300 örnek Enzyme linked protein A/G assay (ELPAGA) tekniği kullanılmış, 18 attan alınan örnek pozitif sonuç vermiş ve %6 seropozitiflik saptanmıştır.

Demir ve Keskin (2019) Şanlıurfa ilinde Safkan Arap atlarında 186 attan alınan örneklerle bir çalışma yapmıştır. ELISA metodu ile yaptığı çalışmada 11 adet örnek pozitif sonuç vermiş ve %5,91 seropozitiflik saptanmıştır.

Ülkemizde insanlar (Öztürk, 2019; Solay ve Cezayir 2024), sığırlar (İzgür, 1997; Tekbıyık ve Eyigör, 2006) ve köpekler (Yener ve İkiz, 2022) ile ilgili çalışmalar bulunmakta, ancak atlarla ilgili yapılan çalışmalar sınırlıdır.

## 9. SONUÇ

Yapılan literatür taramaları sonunda Türkiye'de atlarda Lyme hastalığı hakkında yapılan çalışmaların henüz çok yetersiz sayıda olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalarda prevalans %5,91 - %6 olarak saptanmıştır. Çalışma sayısının azlığı ve Türkiye coğrafyasının iklimsel çeşitliliğinin kenelerin yaşam alanları ile ilgili olarak farklılık göstermesi nedeniyle ülke genelindeki durum, çalışma sayıları arttıkça netleşecektir. Lyme hastalığı zoonoz olması, ekonomik zarara neden olması ve hayvan refahını olumsuz etkilemesi nedeniyle, koruyucu önlemler alınması önem arz etmektedir. Multidisipliner olarak yapılacak çalışmalar, çalışmaların yapıldığı bölgelerde, etken, vektör ve konakların dağılımı hakkında daha detaylı bir projeksiyon sunabilir. Küresel iklim değişikliği ve ılıman kuşağın genişlemesi ile bulaşıcı hastalıkları yayan vektörlerin yaşam alanını genişletmesi, kenelerle bulaşan hastalıkların yayılımının artmasında rol oynamaktadır. Son yıllarda ekolojik dengelerin bozulması, ormanların ve yaban hayatı alanlarından tarım alanları açılması, yayla yasağı, tarlaların işlenmemesi, baraj ve göletler inşası, av yasağı, şehirlere göç, plansız kentleşme, yabani ve

yırtıcı hayvanların bilinçsizce öldürülmesi sonucu besin piramidinin bozulması ve küresel ısınma kene popülasyonunda artışa neden olmuştur. Yaban hayatıyla temasın artması, kolaylaşan kıtalar arası seyahat imkanları, damızlık hayvan nakliyatları, insan ve hayvan göçleri görülen vakaları da arttırmıştır (Demir ve Keskin, 2019; Ogden ve ark., 2014; Pantchev ve ark., 2015; İnci ve Düzlü, 2009).

Türkiye’de turistik amaçlı ve sportif amaçlı binicilik sporuna olan ilgi her geçen gün artmakta, yeni binicilik tesisleri kurulmaktadır. Lyme hastalığının varlığının saptanması ve tanısı zor olan bu hastalığın, tedaviye başlanmadan önce seçenekler arasında değerlendirilmesi Veteriner Hekimlerin bilgilendirilmesi tedavi süreçlerinin kısalmasında fayda sağlayacaktır. Hastalığın zoonoz olması nedeniyle tek sağlık kavramı içerisinde değerlendirilmesi daha kısa sürede tanı ve tedaviye ulaşılması açısından fayda sağlayacaktır.

**Etik Onay:** Gerekli Değil

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Kurumsal ve Finansal Destek Beyanı:** Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde hiçbir kurum desteği ve finansal destek alınmamıştır.

**Yazar katkısı:** Konu: BTC, BH; Tasarım: BTC, BH, AIK; Literatür incelemesi: BTC, BGCÖ, AIK; Kritik inceleme: AIK, BH; Makalenin yazımı: BT C, BGCÖ, AIK.

## **KAYNAKLAR**

Alruhaili M.H., Marzok M., Gattan H.S., Salem M., Abd El-Lateef H.M. & Selim A. (2024) Seroprevalence and Assessment of Risk Factors Associated to *Borrelia burgdorferi* Infection in Egyptian Horses. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.*, 30(3): 349-354.

Amusategui I., Tesouro M.A., Kakoma I. & Sainz A. (2008). Serological reactivity to Ehrlichia canis, Anaplasma phagocytophilum, Neorickettsia risticii, Borrelia burgdorferi and Rickettsia conorii in dogs from northwestern Spain. *Vector Borne and Zoonotic Diseases* (Larchmont, N.Y.), 8(6): 797–803. <https://doi.org/10.1089/vbz.2007.0277>

Basile R.C., Rivera G.G., Del Rio L.A., de Bonis T.C., do Amaral G.P., Giangrecco E., Ferraz G., Yoshinari N.H., Canola P.A. & Queiroz Neto A. (2015). Anaphylactoid reaction caused by sodium ceftriaxone in two horses experimentally infected by *Borrelia burgdorferi*. *BMC Veterinary Research*, 11: 197. <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0478-6>

Bhide M., Yilmaz Z., Golcu E., Torun S. & Mikula I. (2008). Seroprevalence of anti-*Borrelia burgdorferi* antibodies in dogs and horses in Turkey. *Annals of agricultural and environmental*

*medicine: AAEM*, 15(1): 85–90.

Brodziński S. & Nasierowski T. (2019). Psychosis in *Borrelia burgdorferi* infection - part I: epidemiology, pathogenesis, diagnosis and treatment of neuroborreliosis. Zaburzenia psychotyczne w przebiegu zakażenia *Borrelia burgdorferi* – część I: epidemiologia, patogeneza, diagnostyka i leczenie neuroboreliozy. *Psychiatria Polska*, 53(3): 629–640. <https://doi.org/10.12740/PP/97336>

Butler C.M., Houwers D.J., Jongejan F. & van der Kolk J.H. (2005). *Borrelia burgdorferi* infections with special reference to horses. A review. *The Veterinary Quarterly*, 27(4): 146–156.

Burgess B. (1988). British Columbia. Lyme Disease in horses. *The Canadian Veterinary Journal*, 29(4): 393–394.

Cabello F.C., Godfrey H.P. & Newman S.A. (2007). Hidden in plain sight: *Borrelia burgdorferi* and the extracellular matrix. *Trends in Microbiology*, 15(8): 350–354. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2007.06.003>

Caol S., Divers T., Crisman M. & Chang Y.F. (2017). In vitro susceptibility of *Borrelia burgdorferi* isolates to three antibiotics commonly used for treating equine Lyme disease. *BMC Veterinary Research*, 13(1): 293. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1212-3>

Chang Y.F., Ku Y. W., Chang C.F., Chang C.D., McDonough S.P., Divers T., Pough M. & Torres A. (2005). Antibiotic treatment of experimentally *Borrelia burgdorferi*-infected ponies. *Veterinary Microbiology*, 107(3-4): 285–294. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2005.02.006>

Chang Y.F., Novosol V., McDonough S.P., Chang C.F., Jacobson R.H., Divers T., Quimby F.W., Shin S. & Lein D.H. (2000). Experimental infection of ponies with *Borrelia burgdorferi* by exposure to Ixodid ticks. *Veterinary Pathology*, 37(1): 68–76. <https://doi.org/10.1354/vp.37-1-68>

Clark K.L., Leydet B. & Hartman S. (2013). Lyme borreliosis in human patients in Florida and Georgia, USA. *International Journal of Medical Sciences*, 10(7): 915–931. <https://doi.org/10.7150/ijms.6273>

Couto C.G., Lorentzen L., Beall M.J., Shields J., Bertolone N., Couto J.I., Couto K. M., Nash S., Slack J., Kvitko H., Westendorf N., Marin L., Iazbik M.C., Vicario F.C., Sanz P. & Ruano R. (2010). Serological study of selected vector-borne diseases in shelter dogs in central Spain using point-of-care assays. *Vector Borne and Zoonotic Diseases* (Larchmont, N.Y.), 10(9): 885–888. <https://doi.org/10.1089/vbz.2009.0063>

Demaerschallck I., Ben Messaoud A., De Kesel M., Hoyois B., Lobet Y., Hoet P., Bigaignon G., Bollen A. & Godfroid, E. (1995). Simultaneous presence of different *Borrelia burgdorferi* genospecies in biological fluids of Lyme disease patients. *Journal of Clinical Microbiology*, 33(3): 602–608. <https://doi.org/10.1128/jcm.33.3.602-608.1995>

Demir Ö. & Keskin, O. (2019). Şanlıurfa'da Safkan Arap Atlarında *Borrelia burgdorferi* Seropozitifliğinin Belirlenmesi. *Harran Üniv Vet Fak Derg.* 8(2): 221-224

Divers T.J., Chang Y.F., Jacobson R.H. & McDonough S.P. (2001) Lyme disease in horses. *Comp Cont Educ Prac Vet.* 23: 375-380.

Divers T.J., Gardner R.B., Madigan J.E., Witonsky S.G., Bertone J.J., Swinebroad E.L., Schutzer S.E. & Johnson A.L. (2018). *Borrelia burgdorferi* Infection and Lyme Disease in North American Horses: A Consensus Statement. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32(2): 617–632. <https://doi.org/10.1111/jvim.15042>

Divers T.J. (2013) Equine lyme disease. *J. Equine Vet. Sci.*:33(7):488-492.

Dressler F., Whalen J.A., Reinhardt B.N. & Steere A.C. (1993). Western blotting in the serodiagnosis of Lyme disease. *The Journal of Infectious Diseases*, 167(2): 392–400. <https://doi.org/10.1093/infdis/167.2.392>

Durrani A.Z., Goyal S. M. & Kamal N. (2011). Retrospective Study on Seroprevalence of *Borrelia burgdorferi* Antibodies in Horses in Minnesota. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31(8): 427–429. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2011.03.007>

El Hamzaoui B., Laroche M., Bechah Y., Bérenger J.M. & Parola P. (2019). Testing the Competence of Cimex lectularius Bed Bugs for the Transmission of *Borrelia recurrentis*, the Agent of Relapsing Fever. *The American Journal of Tropical Medicine and hygiene*, 100(6): 1407–1412. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.18-0804>

Fikrig E. & Narasimhan S. (2006). *Borrelia burgdorferi*--traveling incognito?. *Microbes and Infection*, 8(5): 1390–1399. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2005.12.022>

Funk R.A., Pleasant R.S., Witonsky S.G., Reeder D.S., Werre S.R. & Hodgson D.R. (2016). Seroprevalence of *Borrelia burgdorferi* in Horses Presented for Coggins Testing in Southwest Virginia and Change in Positive Test Results Approximately 1 Year Later. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 30(4): 1300–1304. <https://doi.org/10.1111/jvim.13973>

Gern L., Estrada-Peña A., Frandsen F., Gray J. S., Jaenson T. G., Jongejan F., Kahl O., Korenberg E., Mehl R. & Nuttall P. A. (1998). European reservoir hosts of *Borrelia burgdorferi* sensu lato. *Zentralblatt fur Bakteriologie: International Journal of Medical Microbiology*, 287(3):196–204. [https://doi.org/10.1016/s0934-8840\(98\)80121-7](https://doi.org/10.1016/s0934-8840(98)80121-7)

Hansen M.G., Christoffersen M., Thuesen L.R., Petersen M.R. & Bojesen A.M. (2010). Seroprevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato and *Anaplasma phagocytophilum* in Danish horses. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 52(1): 3. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-52-3>

Hayes S. & Burgdorfer W. (1993). Ultrastructure of *Borrelia burgdorferi*. In *Springer eBooks* (pp.

29–43). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-77614-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-77614-4_3)

Hızel K. (1997). Lyme hastalığı. *Klimik Derg*,10 (1): 7-11.

Humair P. & Gern L. (2000). The wild hidden face of Lyme borreliosis in Europe. *Microbes and Infection*, 2(8): 915–922. [https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(00\)00393-2](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(00)00393-2)

Imai D. M., Barr B. C., Daft B., Bertone J. J., Feng S., Hodzic E., Johnston J.M., Olsen, K.J. & Barthold S.W. (2011). Lyme neuroborreliosis in 2 horses. *Veterinary Pathology*, 48(6): 1151–1157. <https://doi.org/10.1177/0300985811398246>

İnci A. & Düzlü Ö. (2009). Vektörler ve Vektörlerle Bulaşan Hastalıklar [Vectors and Vector-Borne Diseases]. *Erciyes Üniv Vet Fak Derg*, 6(1):53-63.

İzgür M. (1997). Sığır Kan Serumlarında *Borrelia Burgdorferi* Antikorlarının Flüoresan Antikor Tekniği İle Türkiye’de İlk Kez Saptanması. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 44(01): 57-62.

Johnson A.L., Divers T.J. & Chang Y.F. (2008). Validation of an in-clinic enzyme-linked immunosorbent assay kit for diagnosis of *Borrelia burgdorferi* infection in horses. *Journal of veterinary diagnostic investigation : official publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc*, 20(3): 321–324. <https://doi.org/10.1177/104063870802000309>

Johnstone L.K., Engiles J.B., Aceto H., Buechner-Maxwell V., Divers T., Gardner R., Levine R., Scherrer N., Tewari D., Tomlinson J. & Johnson A.L. (2016). Retrospective Evaluation of Horses Diagnosed with Neuroborreliosis on Postmortem Examination: 16 Cases (2004-2015). *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 30(4): 1305 –1312. <https://doi.org/10.1111/jvim.14369>

Käsbohrer A. & Schönberg A. (1990). Serologische Untersuchungen zum Vorkommen von *Borrelia burgdorferi* bei Haustieren in Berlin (West) [Serologic studies of the occurrence of *Borrelia burgdorferi* in domestic animals in Berlin (West)]. *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*, 103(11): 374–378.

Liang F.T., Brown E.L., Wang T., Iozzo R.V. & Fikrig E. (2004). Protective niche for *Borrelia burgdorferi* to evade humoral immunity. *The American Journal of Pathology*, 165(3): 977–985. [https://doi.org/10.1016/S0002-9440\(10\)63359-7](https://doi.org/10.1016/S0002-9440(10)63359-7)

Lindgren E. & Jaenson TGT. (2016) WHO Lyme borreliosis in Europe: influences of climate and climate change, epidemiology, ecology and adaptation measures, [http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0006/96819/E8952\\_2.pdf](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0006/96819/E8952_2.pdf)

Magnarelli L.A. & Anderson J.F. (1988). Ticks and biting insects infected with the etiologic agent of Lyme disease, *Borrelia burgdorferi*. *Journal of Clinical Microbiology*, 26(8): 1482–1486. <https://doi.org/10.1128/jcm.26.8.1482-1486.1988>

Magnarelli L.A., Ijdo J.W., Van Andel A.E., Wu C., Padula S.J. & Fikrig E. (2000). Serologic confirmation of *Ehrlichia equi* and *Borrelia burgdorferi* infections in horses from the northeastern United States. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 217(7): 1045–1050. <https://doi.org/10.2460/javma.2000.217.1045>

Margos G., Fingerle V. & Reynolds S.E. (2019). *Borrelia bavariensis*: Vector Switch, Niche Invasion, and Geographical Spread of a Tick-Borne Bacterial Parasite. *Front. Ecol. Evol.* 7. 1-21 <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00401>

Margos G., Tsao, J. I., Castillo-Ramírez S., Girard Y.A., Hamer S. A., Hoen A.G., Lane R.S., Raper, S.L. & Ogden N.H. (2012). Two boundaries separate *Borrelia burgdorferi* populations in North America. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(17): 6059–6067. <https://doi.org/10.1128/AEM.00231-12>

Masuzawa T. (2004). Terrestrial distribution of the Lyme borreliosis agent *Borrelia burgdorferi* sensu lato in East Asia. *Japanese Journal of Infectious Diseases*, 57(6): 229–235.

Maurizi L., Marié J.L., Aoun O., Courtin C., Gorsane S., Chal D. & Davoust B. (2010). Seroprevalence survey of equine Lyme borreliosis in France and in sub-Saharan Africa. *Vector Borne and Zoonotic Diseases* (Larchmont, N.Y.), 10(5): 535–537. <https://doi.org/10.1089/vbz.2009.0083>

Motaleb M.A., Liu J. & Wooten R.M. (2015). Spirochetal motility and chemotaxis in the natural enzootic cycle and development of Lyme disease. *Current Opinion in Microbiology*, 28: 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2015.09.006>

Neely M., Arroyo L.G., Jardine C., Moore A., Hazlett M., Clow K., Archer H. & Weese J.S. (2021). Seroprevalence and evaluation of risk factors associated with seropositivity for *Borrelia burgdorferi* in Ontario horses. *Equine Veterinary Journal*, 53(2): 331–338. <https://doi.org/10.1111/evj.13317>

Ogden N.H., Radojevic M., Wu X., Duvvuri V.R., Leighton P.A. & Wu J. (2014). Estimated effects of projected climate change on the basic reproductive number of the Lyme disease vector *Ixodes scapularis*. *Environmental Health Perspectives*, 122(6): 631–638. <https://doi.org/10.1289/ehp.1307799>

Öncel S. (2018). Türkiye’de Lyme hastalığı. *Kocaeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4(3), 103–106. <https://doi.org/10.30934/kusbed.423490>

Özeren G.S., Kaya G. & Önlen Y. (2013). Seroprevalence of Tick-Borne Lyme borreliosis in Hatay. *Klinik Dergisi* 25(2): 58–62. <https://doi.org/10.5152/kd.2012.17>

Öztürk D.B. (2019). Türkiye’den Bildirilen Lyme Hastalığı Olgularının Havuz Analizi Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *FLORA*, 24(1): 46-51.

Pal U., Montgomery R.R., Lusitani D., Voet P., Weynants V., Malawista S.E., Lobet Y. & Fikrig E. (2001). Inhibition of *Borrelia burgdorferi*-tick interactions in vivo by outer surface protein A antibody.

*Journal of Immunology* (Baltimore, Md. : 1950), 166(12): 7398–7403.  
<https://doi.org/10.4049/jimmunol.166.12.7398>.

Pantchev N., Schnyder M., Vrhovec M. G., Schaper R. & Tsachev I. (2015). Current Surveys of the Seroprevalence of *Borrelia burgdorferi*, *Ehrlichia canis*, *Anaplasma phagocytophilum*, *Leishmania infantum*, *Babesia canis*, *Angiostrongylus vasorum* and *Dirofilaria immitis* in Dogs in Bulgaria. *Parasitology Research*, 114 Suppl 1: S117–S130. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4518-8>

Ramamoorthi N., Narasimhan S., Pal U., Bao F., Yang X.F., Fish D., Anguita J., Norgard M.V., Kantor F.S., Anderson J. F., Koski R.A. & Fikrig E. (2005). The Lyme disease agent exploits a tick protein to infect the mammalian host. *Nature*, 436(7050): 573–577. <https://doi.org/10.1038/nature03812>

Ranka R., Bormane A., Salmina K. & Baumanis V. (2004). Identification of three clinically relevant *Borrelia burgdorferi* sensu lato genospecies by PCR-restriction fragment length polymorphism analysis of 16S-23S ribosomal DNA spacer amplicons. *Journal of Clinical Microbiology*, 42(4): 1444–1449. <https://doi.org/10.1128/JCM.42.4.1444-1449.2004>

Re III, V.L., Occi J.L. & MacGregor R.R. (2004). Identifying the vector of Lyme disease. *American Family Physician*, 69(8): 1935–1937.

Rudenko N., Golovchenko M., Grubhoffer L. & Oliver J.H., Jr (2011). Updates on *Borrelia burgdorferi* sensu lato complex with respect to public health. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 2(3): 123–128. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2011.04.002>

Rupprecht T.A., Koedel U., Fingerle V. & Pfister H.W. (2008). The pathogenesis of Lyme neuroborreliosis: from infection to inflammation. *Molecular Medicine* (Cambridge, Mass.), 14(3-4): 205–212. <https://doi.org/10.2119/2007-00091.Rupprecht>

Scherrer N.M., Knickelbein K.E., Engiles J. B., Johnstone L.K., Tewari D. & Johnson A. L. (2020). Ocular disease in horses with confirmed ocular or central nervous system *Borrelia* infection: Case series and review of literature. *Veterinary Ophthalmology*, 23(6): 1014–1024. <https://doi.org/10.1111/vop.12817>

Schwan T.G. & Piesman J. (2000). Temporal changes in outer surface proteins A and C of the Lyme disease-associated spirochete, *Borrelia burgdorferi*, during the chain of infection in ticks and mice. *Journal of Clinical Microbiology*, 38(1): 382–388. <https://doi.org/10.1128/JCM.38.1.382-388.2000>

Sears K.P., Divers T.J., Neff R.T., Miller W.H. Jr & McDonough S. P. (2012). A case of *Borrelia*-associated cutaneous pseudolymphoma in a horse. *Veterinary Dermatology*, 23(2), 153–156. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2011.01013.x>

Singh S. K. & Girschick H. J. (2004). Molecular survival strategies of the Lyme disease spirochete *Borrelia burgdorferi*. *The Lancet. Infectious Diseases*, 4(9): 575–583. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(04\)01132-6](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(04)01132-6)

Solay, A.H. & Cezayir, D.Y. (2024). Fonksiyonel Tıbbın Lyme Hastalığı Tedavisindeki Yeri. *Türkiye Klinikleri Infectious Diseases-Special Topics*, 17(1): 82-85.

Songer G.J. & Post K.W. (2004). Veterinary Microbiology, Bacterial and Fungal Agents of Animal Diseases, *Elsevier Saunders*, (9): 10-80.

Sorensen K. (1990) Lyme disease antibodies in thoroughbred broodmares. correlation to early pregnancy failure. *J. Equine Vet. Sci.* (10): 166–168.

Stanek G., Gray J., Strle F., Wormser G. (2004). Lyme borreliosis. *The Lancet. Infectious Diseases*, 4(4): 197–199. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(04\)00965-X](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(04)00965-X)

Steere A. C., Strle F., Wormser G.P., Hu L.T., Branda J.A., Hovius J. ., Li X. & Mead P.S. (2016). Lyme borreliosis. *Nature reviews. Disease Primers*, 2: 16090. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.90>

Stefanciková A., Adaszek Ł., Pet'ko B., Winiarczyk S. & Dudinák V. (2008). Serological evidence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in horses and cattle from Poland and diagnostic problems of Lyme borreliosis. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine : AAEM*, 15(1): 37–43.

Stricker R.B., Lautin A. & Burrascano J. J. (2005). *Lyme disease: point/counterpoint. Expert Review of Anti-infective Therapy*, 3(2): 155–165. <https://doi.org/10.1586/14787210.3.2.155>

Şen E. (2006) Lyme hastalığının epidemiyolojisi [Epidemiology of Lyme disease], *Türk Mikrobiyol Cem Derg.* 36 (1): 55-66.

Tekbıyık S. & Eyigör M. (2006). İnsanlarda ve Sığırlarda *Borrelia burgdorferii* İnfeksiyonunun ELISA Yöntemiyle Tanısı, VII. Ulusal Veteriner Mikrobiyoloji Kongresi (Uluslararası katılımlı), Antalya, Turkey, pp.188-189

Wagner B., Freer H., Rollins A., Erb H. N., Lu Z. & Gröhn Y. (2011). Development of a multiplex assay for the detection of antibodies to *Borrelia burgdorferi* in horses and its validation using Bayesian and conventional statistical methods. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 144(3-4): 374–381. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2011.08.005>

Wilske B. (2003). Diagnosis of lyme borreliosis in europe. *Vector Borne and Zoonotic Diseases* (Larchmont, N.Y.), 3(4): 215–227. <https://doi.org/10.1089/153036603322662200>

Wolcott K.A., Margos G., Fingerle V. & Becker N.S. (2021). Host association of *Borrelia burgdorferi* sensu lato: A review. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 12(5): 101766. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2021.101766>

Yener M. & İkiz S. (2022). Lyme hastalığı ve Türkiye’de köpeklerdeki durumu. *İstanbul Rumeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(1): 49-65.

Yücel A. & Çalışır B. (1997). Lyme hastalığı ve vektörleri. Parazitolojide Artropod Hastalıkları ve Vektörleri, [Lyme disease and its vectors. Arthropod Diseases and Vectors in Parasitology] *Türkiye*



*Parazitol. Der*, 1(13): 435–457.