



Termografinin Sığır Ayak Hastalıklarının Tanısında Kullanımı

Adem DÜZGÜN^{1,*} Loğman ASLAN²

¹ Selcuk District Directorate of Agriculture and Forestry, 35920, Izmir, Turkey

² Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Surgery, 65040, Van, Turkey

Received: 27.01.2022

Accepted: 02.03.2022

ÖZ

Bu çalışmada sığırların ayak hastalıklarının tanısında, termal kameranın farklı ortam sıcaklıklarında kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın materyalini 12 farklı işletmede bulunan, 1 yaşın üzerinde, 200 dişi sığır oluşturmuştur. Termal kamera ile ön ve arka ayakların coroner band bölgesinin dorsalinden görüntülenerek, sıcaklıkları ölçülmüştür. Aynı bireylere ait sağlıklı ayaklar arasında istatistik olarak anlamlı bir sıcaklık farkı yokken, hasta bireylerin sağlıklı ve hasta ayakları arasında belirgin bir sıcaklık farkının olduğu, bu sıcaklık farkının; ön ayaklarda, 11.75 ± 5.03 °C iken arka ayaklarda, 10.96 ± 4.45 °C olduğu bulunmuştur. Sağlıklı ayaklar için yapılan istatistik analizi sonucu, ortam sıcaklığında meydana gelecek 1 °C'lik değişikliğin, ayaklarda ortalama 1.14 ± 0.10 °C'lik bir değişikliğe yol açtığını göstermiş ve bu değişim miktarı istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$). Termal kamera ile yapılan muayenelerde, ortam sıcaklığı sağlıklı ayaklar üzerine doğrudan etki ederken, hastalıklı ayaklar üzerine etkisinin sınırlı olduğu belirlendi. Ayak hastalıklarında termal kamera ile yapılacak olan muayeneler ile klinik semptomlar ortaya tam olarak çıkmadan ayak hastalıklarının erken tanısının mümkün olabileceği, günümüzde termal kamera teknolojisinin gelişmesi ve ucuzlaması ile ayak hastalıklarının tanısında kullanımının veteriner klinik pratiğe katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ayak, Cerrahi, Sığır, Termografi, Veteriner.

ABSTRACT

Use of Thermography in the Diagnosis of Bovine Foot Diseases

The purpose of this study was to determine the applicability of thermal cameras at different ambient temperatures in the diagnosis of foot diseases of cows. The material of this study was consisted of 200 cows, over 1 year old, from 12 different farms. The temperature of anterior and posterior limbs was measured from the dorsal coronal band region with thermal camera. There was a statistically significant difference between the temperatures of healthy and diseased feet of the cows. The temperatures were found as 11.75 ± 5.03 °C in the front feet and 10.96 ± 4.45 °C in the rear feet. The result of statistical analysis for healthy feet showed that the occurrence of 1 °C change at the ambient temperature caused an average change of 1.14 ± 0.10 °C in the feet and this amount of change was found statistically significant ($p < 0.001$). In the examinations made with a thermal camera, it was determined that while the ambient temperature had a direct effect on healthy feet, its effect on diseased feet was limited. It is thought that early diagnosis of foot diseases can be possible before clinical symptoms appear fully with the examinations to be made with thermal camera in foot diseases, and its use in the diagnosis of foot diseases with the development and cheapness of thermal camera technology today may contribute to veterinary clinical practice.

Keywords: Cattle, Foot, Surgery, Thermography, Veterinary.

GİRİŞ

Türkiye'deki hayvan yetiştiriciliğinde ayak hastalıkları başlıca problemlerden biridir. Şirurjikal açıdan büyük önem taşıyan ve oldukça sık görülen ayak hastalıkları, tüm sığır hastalıklarının %15-25'ini kapsamaktadır (Anteplioğlu ve ark. 1992; Yurdakul ve ark. 2012).

Ülkemizde topallığın yaygınlık düzeyi ile ilgili yapılan çalışmalar, entansif sığır yetiştiriciliği ile paralel olarak sorunun önemini koruduğu ve yıllar içerisinde artış

gösterdiğini (%7-58) belgelemektedir. Klinik olarak tamamen sağlıklı olduğu düşünülen sığır tırnakları üzerinde yapılan incelemelerde subklinik laminitis oranının yaklaşık %40 dolayında olduğu bildirilmiştir. Bu ve benzeri araştırma sonuçları, latent seyreden hastalıkların varlığı nedeniyle sürülerde topallık düzeyini azaltmak amacıyla sürü yönetimi, çevre ve besleme uygulamalarının dikkatle yapılmasının önemini ortaya çıkarmıştır (Çeçen 2014).



Sığır topallıklarının %75-90'ı ayak ve tırnak hastalıkları, %10-25'i ise bacak lezyonları ile ilişkilidir. Topallık ağrılı bir süreçtir ve bu süreçte hayvanların yem tüketimi azalır, süt ve döş verimi düşer, zorunlu olarak sürüden erken çıkarılmalarına yol açabilir. Ayak ve tırnak hastalıklarından kaynaklanan ekonomik kayıplar, sağaltım masraflarından çok daha yüksektir. Çünkü sağaltım masrafları dışında ilave iş gücü, süt üretiminde düşme, vücut kondisyonunda kayıp, buzağılama aralığında uzama, meme problemi riskinde artma, sürüden çıkarma riskinde artma ve kesim değerinde düşme gibi ilave kayıplar dikkate alındığında masraf çok daha ciddi boyutlara ulaşmaktadır (Çeçen 2014). Her bir süt sığırı için ayak kaynaklı topallığın ekonomik kaybı ortalama 270 dolardır. Hayvanın gebelik durumu, süt verimi gibi veriler göz önüne alınca bu kayıplar her bir hayvan için 570 dolara kadar çıkabilir (Kamiloğlu 2014).

Topallıkların yol açtığı ekonomik kayıpların yanında, tedavi için uygulanan antibiyotiklerin insan tüketimine sunulan süt ve ette önemli ölçüde kalıntı oluşturduğu yapılan birçok çalışmada gösterilmiş olduğu gibi, Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün yayınladığı bir raporda antibiyotiklerin hatalı kullanımı sonucu, antibiyotiklere karşı mikropların bağışıklık kazandığı ve insan sağlığında kullanılan antibiyotiklerin etkili olmadığı açıklanmış ve yapılan araştırmalarda da insanlara geçen antibiyotik kalıntılarının insan vücudunda dirençsiz bakterileri öldürerek, güçlü ve zararlı bakterilerin çoğalmasına sebep olduğu ve hastalık esnasında kullanılan antibiyotiklerin giderek etkisiz kaldığı gözlemlenmiştir (Erşahin 2002; Duru ve ark. 2004). İneklere meydana gelen topallıkların hayvan refahı, ekonomik kayıplar yanında insan sağlığı açısından da çok önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle ayak hastalıklarının erken tanısı daha az müdahale, daha az harcama ve daha az antibiyotik kullanımı manasına gelmektedir (Dolecheck ve Bewley 2018).

Termografi kavramı, "sıcaklık resmi" anlamına gelen "thermo" ve "graphy" kelimelerin köklerinden türetilmiştir. -273°C üzerindeki tüm nesnelere bir termal enerji yayarlar. Bu enerji nesnelere sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Termal enerji gözümüzün göremediği kızılötesi (Infrared) aralıkta yayılır. Termal kamera, sıcaklığı olan nesnenin, ısısını algılayıp, bunun resimsel olarak termal şeklini kaydeden, dokularda yıkılma yapmayan, temas gerektirmeyen ve radyasyona yol açmayan bir görüntüleme cihazıdır (Eddy ve ark. 2001). Termal kameralar çıplak gözle tespit edilmeyen, ancak ciddi sonuçlara yol açabilen küçük problemleri, yüzeyde meydana gelen sıcaklık değişimlerinin izlenmesiyle net olarak görmemizi sağlar (Kafalı ve ark. 2003; Çalışan ve ark. 2011).

Kızılötesi bir kamera, nesneden çıkan kızılötesi radyasyonu ölçmekte ve görüntülemektedir. Radyasyonun nesne yüzey sıcaklığının bir fonksiyonu olması kameranın bu sıcaklığı hesaplamasını ve görüntülemesini mümkün kılmaktadır. Bununla birlikte, kamera tarafından ölçülen radyasyon yalnızca nesnenin sıcaklığına bağlı değildir, radyasyon aynı zamanda çevreden kaynaklanmakta ve nesne tarafından yansıtılmaktadır. Nesneden gelen radyasyon ve yansıyan radyasyon, atmosferin absorpsiyonundan da etkilenmektedir. Sıcaklığı doğru bir şekilde ölçmek için, bir takım farklı radyasyon kaynaklarının etkilerini dikkate almak gereklidir. Bu, kamera tarafından çevrimiçi olarak otomatik olarak yapılmaktadır. Bununla birlikte, kamera için nesnelere ilişkin olarak nesnenin emissivitesi (radyasyon yayması), yansıyan sıcaklık, nesne ile kamera arasındaki mesafe ve

bağlı nem parametrelerinin sağlanması gerektiği belirtilmektedir (Knizkova ve ark. 2007).

Veteriner Hekimlik ile ilgili çalışmalar sığır ve atlar üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Alsaad ve arkadaşları (2014) kızılötesi termografiyi sığırlarda rutin tırnak düzeltme işleminden önce digital dermatit (DD) tespit etmek için kullanmışlardır. Sekiz çiftlikte 149 sığır üzerinde toplam 1192 IRT gözlemi yapılmıştır. Ön ve arka ayakların koroner band (CB) bölgesinin ve derisinin (S) maksimum yüzey sıcaklıkları (her ayağın her iki basamağın maksimum yüzey sıcaklıklarının ortalama değeri CBmax ve Smax) ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, IRT'nin süt sığırlarında CBmax ve Smax'ı ölçerek DD varlığının taranması için faydalı ve invaziv olmayan bir tanı aracı olabileceğini göstermiştir (Alsaad ve ark. 2014).

Bu bilgiler doğrultusunda termal görüntülemenin özellikle süt sığırcılığında kullanılabilirliği, yemleme ya da sağım sırasında yapılacak taramalarda ayak, tendo, kas ya da eklem hastalıklarının tanısının erken konulabileceği çalışmanın yapıldığı işletmelerde sıcaklıklar eşit olmadığı halde her işletmenin kendi içinde değerlendirilebileceği ve böylece doğru tanı konulabileceği düşünülmüştür. Ülkemizde gittikçe yaygınlaşmaya başlayan büyük işletmelerle birlikte çiftlik hekimliği de yaygınlaşmakta buna bağlı olarak koruyucu hekimliğin önemi de artmaktadır. Ayak hastalıklarının erken tanısı ile antibiyotik kullanımını azaltacak, işletmenin masrafları azalacak, sütte ve ette antibiyotik kalıntısı azalacak bunlarla birlikte hayvanların verimli ömrü uzamış ve refahları iyileştirilmiş olacaktır (Dolecheck ve Bewley 2018).

Bu çalışmada, termal görüntülemenin sıcaklığın istenilen biçimde kontrol edilebildiği, hayvan hastanesi, veteriner kliniği gibi ortamlar dışında tanı amaçlı kullanıldığında çevre sıcaklığının sağlıklı ve hasta ayak sıcaklığı üzerine nasıl etki ettiğinin ve sığır ayak hastalıklarının erken tanısında kullanılabilirliğini araştırmak amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'nun 30.11.2017 tarih ve 2017/11 sayılı izni ile yürütülmüştür.

Çalışmada kullanılan hayvan materyali Van ve yöresinde bulunan 12 işletmedeki 200 sığırdan oluşmuştur. Sığırlar 1 yaşın üzerinde kültür ve kültür melezi, dişi hayvanlardan oluşmuştur. Çalışmanın yapıldığı işletmelerden 1 tanesi kapalı-serbest, 2 tanesi açık-serbest ve diğer 9 adet işletme ise kapalı ve işletmelerdeki sığırlar bağlı idi.

Termografik görüntülemeler için FLIR marka E50 model 43200 piksel (240x180) çözünürlüklü, 0.05 °C termal duyarlılığa sahip, -20 ile 650 °C aralığında çalışma özelliğine sahip, ekran boyutu 3.5", JPEG formatında termal görüntü ve fotoğraf kaydı özelliğine sahip el tipi kompakt infrared kamera kullanılmıştır.

Termografik ölçümler sığırların bulunduğu işletmelerde ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi kliniğine getirilen hasta hayvanlarda gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, yayılan sıcaklığın termogramlarda artefakt oluşturmasını engellemek için güneş ışığının ulaşmadığı alanlarda yapılmıştır. Ortam sıcaklığına herhangi bir müdahale yapılmamış; ölçümler işletmelerde hayvanların sağımı ya da yem aldığı saatlerde duraklarına veya yemliklerine bağlıyken kendi ortamlarında herhangi bir strese maruz kalmadan ve herhangi bir trankizan ya da sedatif ilaç kullanmadan yapılmıştır.

Ölçümleri olumsuz yönde etkileyecek olan ıslak ayaklı hayvanlar veya sıcaklıkların ölçüleceği alana dışkı bulaşmış olan hayvanlar değerlendirilmeye alınmamıştır. Ayrıca ölçümler sırasında sıcaklık değerlerini etkileyebilecek, su ya da herhangi bir temizleyici ile temizlik işlemi uygulanmamış sadece gerekli durumlarda, ölçüm yapılacak alandaki dışkıları uzaklaştırmak için, fırça ile mekanik temizlik yapılmıştır.

Termal kamera termografik ölçüm yapılacak bölgeden 100-120 cm uzakta olacak şekilde tespit edilerek termografik görüntüler elde edilmiştir (Turner 1991; Yanmaz 2011). Ölçümler yapılırken ön sağ-sol ayaklarda koroner bant ile interdigital aralığın keşişim yeri, arka sağ-sol ayaklarda koroner bant ile interdigital aralığın keşişim yeri görüntülenerek alınan bu görüntüler bilgisayara kaydedilmiş ve bulgular değerlendirilmiştir. Görüntüler değerlendirilirken FLIR tools + yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılımla görüntülerde, odaklanmak istenilen noktanın net sıcaklık değeri ölçülerek değerlendirilmiştir. Alınan termografik görüntüler değerlendirilirken herhangi bir hastalığı olmayan sağlıklı hayvanların gruplandırılarak farklı zemin sıcaklıklarında ölçülen sıcaklık değerleriyle referans değerler oluşturulmaya çalışılmıştır. Hastalıklı olduğu tespit edilen hayvanların hasta ayakları ile sağlıklı ayaklar kendi aralarında değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme, hasta ön sağ ayak- sağlıklı ön sağ ayak, hasta ön sol ayak- sağlıklı ön sol ayak, hasta arka sağ ayak- sağlıklı arka sağ ayak, hasta arka sol ayak- sağlıklı arka sol ayak şeklinde yapılmıştır.

Hayvan sahiplerinin izniyle, termal kamera ile yapılan görüntüleme sonrası, sağlıklı olduğu belirlenen ve hastalık şüpheli hayvanlar hakkında hayvan sahiplerinden anamnez alındı. Hayvan sahiplerinden, topallayan hayvanların, ayaklarında herhangi bir hastalık olduğu bilinen hayvanların bildirilmesi istendi. Yapılan değerlendirmeler doğrultusunda, görüntüleme ile hayvan sahiplerinden alınan anamnezler arasında birbirlerini destekleyen veriler elde edildi. Hayvan sahipleri tarafından topallığı ya da herhangi bir hastalığı olmadığı beyan edilen, ancak termal kamera ile yapılan görüntüleme sonucu hastalıklı olduğundan şüphelenen hayvanların klinik muayenesi yapıldı. Ölçümler ayak hastalıklarının artmaya başladığı Sonbahar ve Kış mevsimleri arasında (Kasım-Aralık ayları) yapıldı.

Çalışmada yanıt aranan temel problemler aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- Ortam sıcaklığının sağlıklı ayakların sıcaklığı üzerine etkisi var mıdır?
- Sağlıklı ayaklar arasındaki sıcaklık farkı ortalama, en az ve en çok ne kadardır?
- Hasta ayaklar ile sağlıklı ayaklar arasında sıcaklık farkı açısından bir farklılık var mıdır?
- Sağlıklı hayvanların ayaklarının sıcaklık değerleri tutarlı mıdır?
- Sağlıklı ön-sol ayak, ön-sağ ayak, arka-sol ayak ve arka-sağ ayak arasındaki sıcaklık değerleri birbirine göre anlamlı mıdır?
- Hasta hayvanların ayaklarının sıcaklık değerleri ile ortam sıcaklığı tutarlı mıdır?
- Belirlenen veriler referans sıcaklık değerleri oluşturulmasını sağlamakta mıdır?

İstatistik Analiz

Yukarıdaki problemlere yanıt aranırken verilere uygulanan istatistik analizler için SAS 9.4. programı kullanılmıştır. Bağımlı iki grubu karşılaştırmak için paired

t-test kullanıldı (sağ-sol ön ayaklar, sağ-sol arka ayaklar). Bağımsız gruplar (hastalıklı ve sağlıklı ayaklar) karşılaştırılırken t-test kullanıldı. Ortam sıcaklığının ayaklar üzerinde ortalama değişim miktarını ve önemli olup olmadığını değerlendirmek için regresyon analizi yapıldı. İki değişken arasındaki ilişkinin miktarını ve yönünü belirlemek için pearson korelasyon analizi ve önemlilik testi yapıldı. Ölçümlerin yapıldığı tüm alanlar için temel istatistik analizler gerçekleştirildi. Sonucun $p < 0.05$ olması durumunda veriler arasındaki farkın istatistik olarak anlamlı olduğu kabul edildi.

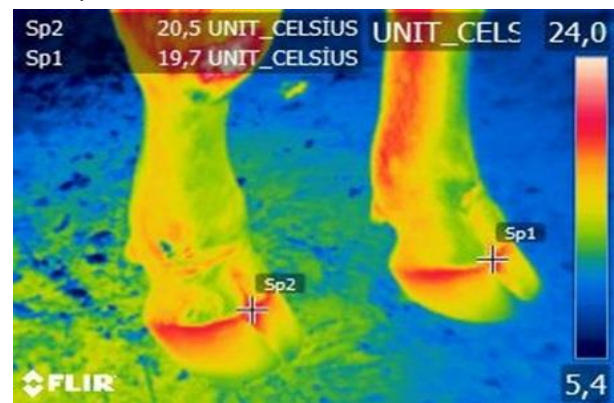
BULGULAR

Termografik ve Klinik Muayene Bulguları

İşletmelerde çalışmanın materyalini oluşturan 200 hayvan termal kamera ile muayene edilmiştir. Termal kamera ile yapılan kontrol sırasında hastalıklı olduğu düşünülen hayvanlar hakkında hayvan sahiplerinden anamnez alındı. Hayvan sahibi ya da bakıcısının hasta olduğunu belirttiği hayvanların klinik muayenesi yapıldı. Lezyonların olduğu ayakların görüntüsü ile sağlıklı ayakların görüntüsü arasında hem belirgin bir sıcaklık farkının hem de termogram arasında da önemli farkların olduğu görüldü.

Çalışmanın klinik bulguları incelendiğinde, muayene edilen 200 hayvanın 13'ünün ön sağ ayak, 20'sinin ön sol ayak, 29'unun arka sağ, 26'sının arka sol ayaklarında hastalık saptandı. Ayak hastalığı olan hayvanlardan, dört ayağında topallık olan 6, üç ayağında topallık olan 6, iki ayağında topallık olan 15 ve sadece bir ayağında topallık olan hayvan sayısının 17 olduğu belirlendi.

Termal kamera ile yapılan muayenelerde hayvanların 44'ünde ayak hastalıkları tespit edildi. Bu hayvanlardan 42'sinde hayvan sahiplerinden alınan anamnez bilgileri, topallığın gözlemlenmesi ve klinik muayene ile birleştirildiğinde ayak hastalıklarının varlığı doğrulanmıştır. Ancak söz konusu hayvanların ikisi ile ilgili hayvan sahiplerinden alınan anamnezde herhangi bir ayak hastalığının olmadığı yönünde bilgi alınmış, yapılan gözlemlerde topallığı olmadığı tespit edilmiş fakat klinik muayenede, her iki hayvanın termal kamera görüntülerini teyit eder biçimde hasta ayakların birinde tırnak çatlağı ve diğerinde ise digital dermatitise ait lezyonlar tespit edilmiştir.

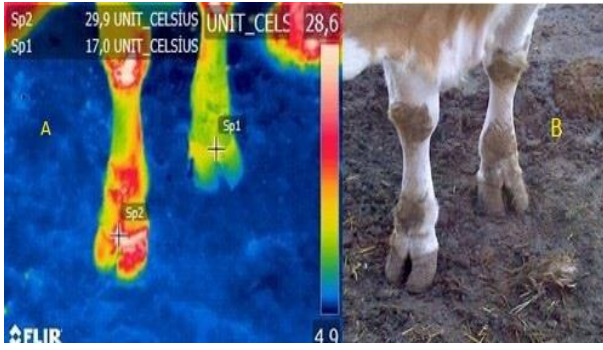


Şekil 1. Sağlıklı ayakların termal görüntüsü.

Figure 1. Thermal image of healthy feet.

Sağlıklı bir ayakta, corium limitans bölgesi ve interdigital aralığın, corium pariatale ve bukağlık derisinden daha sıcak ve kırmızı bir şerit şeklinde olduğu görülmektedir (Şekil 1). Bu bölgelerdeki renk dağılımında meydana gelebilecek bir değişiklik kırmızı rengin kapladığı alanın genişlemesi veya kırmızı rengin beyaz renge dönüşmesi, bu bölgede bir yangının ve enfeksiyonun var olduğunu

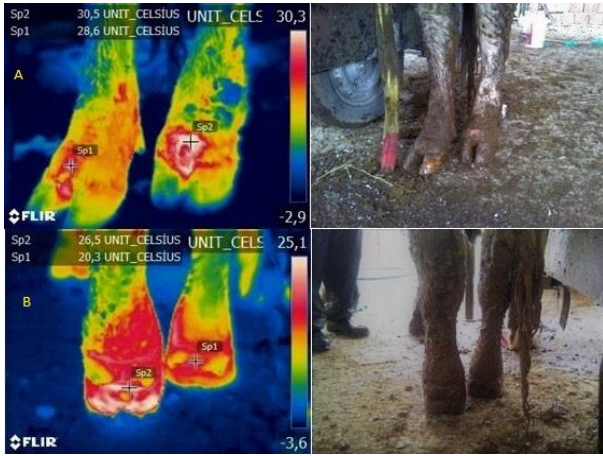
göstermektedir. Bununla birlikte görüntüleme sırasında dikkat edilecek husus renk dağılımı ile birlikte muayene edilen ayaklar arasındaki sıcaklık farkıdır.



Şekil 2. Ön sağ ayakta lezyonlu bölgenin termografik (A) ve inspeksiyon (B) görüntüsü.

Figure 2. Thermographic (A) and inspection (B) image of the lesioned area of the anterior right foot.

Ön ayakların muayenesi ayağın dorsalinden, corium coronarium ve interdigital aralığa odaklanılarak elde edilen görüntülerden, yangılı ayakta yangının şiddetine bağlı olarak beyaz parlak bir alanın oluştuğu, sağlıklı ayağın aksine kırmızı alanların genişlediği ve corium parietale üzerinde de kırmızı bir alanın oluştuğu saptanmıştır (Şekil 2A). Oysa sağlıklı ayakta bu görüntünün aksine corium coronarium bölgesinin, corium parietale ve bukağlık derisinden daha sıcak olduğu ve renk dağılımının normal sınırlar içinde olduğu ve iki ayak arasındaki sıcaklık farkı karşılaştırıldığında yaklaşık 13 °C bir sıcaklık farkının oluştuğu gözlenmiştir.



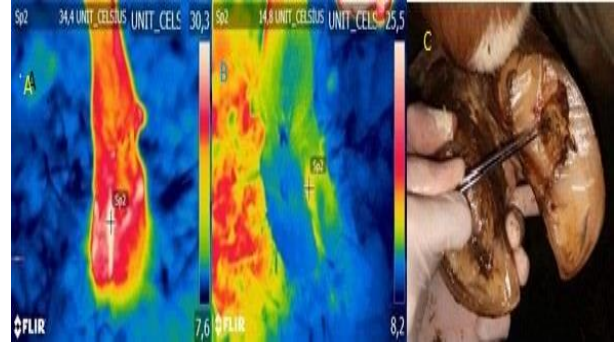
Şekil 3. Arka sol ayakta lezyonlu bölgenin dorsalden (A) ve plantardan (B) görünümü.

Figure 3. Dorsal (A) and plantar (B) view of the lesioned area of the posterior left foot.

Arka ayakların dorsalden yapılan muayenesinde lezyonun bulunduğu ayağın görüntüsünde yangılı bölgede sıcaklık artışına bağlı beyaz parlak alanların oluştuğu, anatomik bölgeler arasındaki renk dağılımının bozulduğu gözlenmiştir (Şekil 3A). Muayene sırasında herhangi bir temizlik işlemi ya da ortam sıcaklığına ilişkin herhangi bir müdahalede bulunulmamasına rağmen, termal kamera ile muayenede elde edilen görüntülerle lezyonun yeri hakkında isabetli sonuç elde edilmiştir.

Aynı ayakların plantarinden yapılan muayenesinde, dorsalden yapılan görüntülemeyi desteklemiştir ve lezyonun bulunduğu alan hakkında anlaşılır görüntüler sunmuştur (Şekil 3B). Arka ayakların dorsalden ve plantardan alınan termografik görüntüleri, lezyonun şekillendiği arka sol ayakta sıcaklık artışının olduğunu ve

buna bağlı olarak meydana gelen sıcak alanların alınan görüntülerde birbiriyle örtüştüğü görülmüştür.



Şekil 4. Hastalıklı (ön sol) (A) ve sağlıklı (ön sağ) (B) ayakların termografik görüntüsü ve hasta ayağın tabanında rusterholz sendromu (C).

Figure 4. Thermographic image of diseased (front left) (A) and healthy (anterior right) (B) feet and rusterholz syndrome (C) on sole of the sick foot.

Çalışma sırasında termal kamera ile ön ayakları muayene edilen bir hayvanda sağlıklı olan ön sağ ayakta sıcaklık 14.8 °C ve hastalıklı sol ayakta sıcaklık 34.4 °C olarak bulunmuştur. Hayvanın ayağının temizlenmesinden sonra inspeksiyon ve palpasyonla yapılan muayenesinde sol ayağın tabanında medialdeki trnaktta rusterholz sendromunun varlığı görülmüştür. Termal kamerayla ön ayaklar dorsalden görüntülediği halde, ayak tabanında meydana gelen bir lezyona bağlı olarak şekillenen sıcaklık artışı tespit edilebilmiştir (Şekil 4A-B-C).



Şekil 5. Lezyonlu arka sağ ayağın termal görüntüsü (A) ile ayak temizlendikten sonra çatlak trnağın görüntüsü (B).

Figure 5. Thermal image (A) of the posterior right foot with lesion and image of the cracked nail (B) after foot cleaning.

Şekil 5'de bir hayvanın arka sağ ayağından alınan termal görüntüde (sol ayakta benzer görüntüye sahipti) ve görüntülenen alanda normal ayak görüntüsünün aksine parlak beyaz ve kırmızı alanların, coroner band boyunca ve trnağın üzerinde yayıldığı görülmüştür. Hayvan sahibinden alınan anamnezden topallık veya benzeri bir semptomun olmadığı öğrenilmiştir. Ancak ayağın temizlenmesi ile yapılan detaylı muayenesinde, trnaktta bir çatlağın oluştuğu, çatlağın bulunduğu alanın termal görüntüdeki kırmızı-beyaz alanlarla örtüştüğü görülmüştür. Bunun üzerine hayvan sahibi söz konusu hayvanın yaklaşık 1.5 ay önce şap hastalığı geçirdiğini, ancak şimdiye kadar hayvanın ayaklarının tamamen iyileştiklerini düşündüklerini, topallık ya da benzeri bir durumu gözlemediklerini ifade etmiştir. Oysa termal

kamera ile elde ettiğimiz görüntü şap hastalığından sonra ayakta meydana gelen lezyonun izlenebileceği ve iyileşme seyrinin takip edilebileceğini göstermiştir.

Çalışmanın yapıldığı 12 işletmeden özellikle 1'inde işletmenin kapalı ve serbest dolaşım olduğu, işletmede dışkı temizliğinin düzenli olmadığı ve hayvan beslemenin bir programa bağlı olarak yapılmadığı ve ayak hastalıklarının oranının en yüksek bu işletmede var olduğu görüldü. Diğer işletmelerde ise zemin temizliğinin ve rasyonun ayak ve tırnak hastalıklarının doğrudan etkilediği, dolayısıyla hayvan refahının kötü olduğu işletmelerde ayak hastalıklarının arttığı gözlemlendi.

Sağlıklı ayakların sıcaklıklarının istatistikî değerlendirilmesi

Tablo 1'de Sağlıklı ön ve arka ayakların IRT ile ölçülen sıcaklıkları istatistik olarak değerlendirilerek ön ve arka ayakların korelasyon değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir

Tablo 1. Sağlıklı ön ve arka ayakların korelasyon değerleri.

Table 1. Correlation values of healthy fore and hind feet.

Pearson Korelasyon Analizi, N = 155 Prob > r under H0: Rho=0				
	Ön Sağ Ayak	Ön Sol Ayak	Arka Sağ Ayak	Arka Sol Ayak
Sıcaklık	0.73 (<.0001)	0.75(<.0001)	0.71(<.0001)	0.70(<.0001)
Ön Sağ Ayak		0.98(<.0001)	0.81(<.0001)	0.79(<.0001)
Ön Sol Ayak			0.83(<.0001)	0.81(<.0001)
Arka Sağ Ayak				0.98(<.0001)

Termal kamerayla ayak sıcaklıkları ölçülen 200 hayvandan 155'inin sağlıklı olduğu görülmüştür. Tablo 1 incelendiğinde; ortam sıcaklığıyla sağ ön ayak arasındaki korelasyon değeri %73.54, ortam sıcaklığı ile sol ön ayak arasındaki korelasyon değeri %75.15, ortam sıcaklığı ile sağ arka ayak arasındaki korelasyon değeri %71.12 ortam sıcaklığı ile sol arka ayak arasındaki korelasyon değeri %70.84 olup istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.001).

Sağ ön ayak ile sol ön ayak arasındaki korelasyon değeri %98.81, sağ ön ayak ile sağ arka ayak arasındaki korelasyon değeri %81.51, sağ ön ayak ile sol arka ayak arasındaki korelasyon değeri %79.81, sol ön ayak ile sağ arka ayak arasındaki korelasyon değeri %83.45, sol ön ayak ile sol arka ayak arasındaki korelasyon değeri %81.98, sağ arka ayak ile sol arka ayak arasındaki korelasyon değeri %98.39 olarak bulunmuş olup istatistikî olarak tamamı anlamlı bulunmuştur (p<0.001). Bu korelasyon değerleri bize sağlıklı ön ayaklar ve arka ayakların sıcaklıklarının ortam sıcaklığıyla ve kendi aralarında uyumlu bir şekilde arttığını veya azaldığını göstermektedir.

Tablo 2. Ölçülen ortam sıcaklığı ile sağlıklı ön ve arka ayakların sıcaklık değerleri.

Table 2. Temperature values of healthy fore and hind feet with measured ambient temperature.

Değişkenler	n	Min	Mak	Ort	Stand. hata
Sıcaklık	155	6.00	23.00	14.55	0.34
Ön sağ ayak	155	10.60	35.00	23.77	0.58
Ön sol ayak	155	9.00	34.90	23.76	0.58
Arka sağ ayak	155	10.00	35.50	25.65	0.53
Arka sol ayak	155	11.00	35.70	25.69	0.53

Tablo 2'de termal kamera ile ortamın en düşük sıcaklığı 6 °C ve en yüksek sıcaklığı 23 °C olarak ölçülmüştür. Bu ölçümlerle uyumlu olarak ön sağ ayakların en düşük sıcaklığı 10.6 °C, en yüksek sıcaklığı 35 °C, ön sol ayakların en düşük sıcaklığı 9 °C, en yüksek sıcaklığı 34.9 °C, arka sağ ayakların en düşük sıcaklığı 10 °C, en yüksek sıcaklığı 35 °C, arka sol ayakların en düşük sıcaklığı 11 °C, en yüksek sıcaklığı 35.70 °C olarak ölçülmüştür.

Ölçümlerin yapıldığı ortamın ortalama sıcaklığı 14.55±4.32 °C, sağlıklı ön ayakların ortalama sıcaklığı 23.77±7.29 °C, sağlıklı ön sol ayakların ortalama sıcaklığı 23.76±7.31 °C, sağlıklı arka ayakların ortalama sıcaklığı 25.65±6.70 °C, sağlıklı sol arka ayakların ortalama sıcaklığı 25.69±6.68 °C olarak ölçülmüştür.

Hasta ve sağlıklı ayakların sıcaklıklarının istatistikî değerlendirilmesi

Sağlıklı ve hastalıklı hayvanların karşılaştırılması yapılırken, birey bazında değil, hasta ve sağlıklı ayak bazında değerlendirme yapılmıştır. Her ayak kendi arasında gruplandırılmıştır. Sağlıklı sağ ön ayak, hasta sağ ön ayakla, sağlıklı ön sol ayak, hasta sol ön ayakla, sağlıklı sağ arka ayak, hasta sağ arka ayakla ve sağlıklı sol arka ayak, hastalıklı sol arka ayakla karşılaştırılmıştır.

Tablo 3. Hastalıklı ve sağlıklı ayakların sayısı.

Table 3. Quantity of abnormal and healthy feet.

Grup	Frekans	Oran (%)	Toplam frekans	Toplam oran (%)
Hasta ön sağ ayak	13	6.50	13	6.50
Sağlıklı ön sağ ayak	187	93.50	200	100.00
Hasta ön sol ayak	20	10.00	20	10.00
Sağlıklı ön sol ayak	180	90.00	200	100.00
Hasta arka sağ ayak	29	14.50	29	14.50
Sağlıklı arka sağ ayak	171	85.50	200	100.00
Hasta arka sol ayak	26	13.00	26	13.00
Sağlıklı arka sol ayak	174	87.00	200	100.00

Tablo 3'de çalışmanın yapıldığı popülasyonda bulunan hastalıklı ve sağlıklı ayakların sayısı ve popülasyona oranları gösterilmiştir. Buna göre, sağ ayağında hastalık olan hayvan sayısı 13, sol ön ayağında hastalık olan hayvan sayısı 20, arka sağ ayağında hastalık olan hayvan sayısı 29 ve arka sol ayağında hastalık olan hayvan sayısı 26'dır.

Tablo 4. Hastalıklı ve sağlıklı ayakların sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Table 4. Comparison of the temperatures of abnormal and healthy feet.

Metod	Varyans Analizi			
	Num DF	Den DF	F Değeri	Pr > F
Folded F				
Ön Sağ Ayak	187	13	4.62	0.0049
Ön Sol Ayak	180	20	2.74	0.0129
Sağ Arka Ayak	171	29	7.38	<.0001
Sol Arka Ayak	174	26	5.48	<.0001

Tablo 4'de sıcaklık bakımından hasta ve sağlıklı hayvanların karşılaştırması yapıldı. Buna göre hasta ve sağlıklı ayaklar sıcaklık bakımından istatistik olarak birbirlerinden anlamlı ölçüde farklılık göstermektedir (p<0.01).

Tablo 5. Hasta ayakların ve ortamın sıcaklığı.**Table 5.** The temperature of the abnormal feet and the environment.

Değişkenler	n	Min	Mak	Ort	Stand. hata
Ortam Sıcaklığı	13	6.00	18.00	11.23	1.30
Ön sağ ayak	13	24.10	35.20	31.03	0.95
Ortam Sıcaklığı	20	2.00	18.00	10.65	0.94
Ön sol ayak	20	19.60	36.10	30.85	1.01
Ortam Sıcaklığı	29	2.00	20.00	10.96	0.78
Arka sağ ayak	29	24.80	35.90	31.08	0.47
Ortam Sıcaklığı	26	2.00	18.00	10.07	0.76
Arka sol ayak	26	23.70	34.30	30.55	0.56

Tablo 5’de hasta ayakların sıcaklıklarına ilişkin temel istatistikler verilmiştir. Hasta ön sağ ayaklar için, ortamın ortalama sıcaklığı 11.23±4.71 °C olarak ölçülürken, ayakların ortalama sıcaklığı 31.03±3.45 °C olarak, hasta ön sol ayaklar için, ortamın ortalama sıcaklığı 10.65±4.24 °C, ayakların ortalama sıcaklığı 30.85±4.53 °C, hasta arka sağ ayaklar için, ortam sıcaklığı ortalama 10.96±4.20 °C, ayağın ortalama sıcaklığı 31.08±2.56 °C, hasta arka sol ayaklar için; ortamın ortalama sıcaklığı 10.07±3.89 °C, ayakların ortalama sıcaklığı 30.55±2.88 °C olarak ölçülmüştür.

Tablo 6. Sağlıklı ayakların ve ortamın sıcaklığı.**Table 6.** The temperature of healthy feet and the environment.

Değişkenler	n	Min	Mak	Ort	Stand. hata
Ortam sıcaklığı	187	2.00	23.00	13.94	0.33
Ön sağ ayak	187	10.60	35.00	22.75	0.54
Ortam sıcaklığı	180	2.00	23.00	14.11	0.33
Ön sol ayak	180	7.60	34.90	22.85	0.55
Ortam sıcaklığı	171	2.00	23.00	14.23	0.34
Arka sağ ayak	171	7.20	35.50	25.06	0.53
Ortam sıcaklığı	174	2.00	23.00	14.31	0.33
Arka sol ayak	174	11.00	35.70	25.25	0.51

Tablo 6’de sağlıklı ayakların sıcaklıklarına ilişkin temel istatistikler verilmiştir. Sağlıklı ön sağ ayaklar için, ortamın ortalama sıcaklığı 13.94±4.54 °C, ayakların ortalama sıcaklığı 22.75±7.41 °C, sağlıklı ön sol ayaklar için, ortamın ortalama sıcaklığı 14.11±4.50 °C, ayakların ortalama sıcaklığı 22.85±7.50 °C, sağlıklı arka sağ ayaklar için, ortamın ortalama sıcaklığı ortalama 14.23±4.49 °C, ayakların sıcaklığı 25.06±6.95 °C, sağlıklı arka sol ayaklar için; ortamın ortalama sıcaklığı 14.31±4.43 °C, ayağın sıcaklığı 25.25±6.75 °C olarak ölçülmüştür.

Tablo 7. Hasta ayaklar için regresyon analizi.**Table 7.** Regression analysis for abnormal feet.

Regresyon Analizi				
Hastalıklı ayaklar	Değişkenler	Parametre Tahmini	Standart Hata	Pr > t
Ön sağ ayak	Kesişim	27.16	2.36	<.0001
	Sıcaklık	0.34	0.19	0.1052
Ön sol ayak	Kesişim	27.40	2.74	<.0001
	Sıcaklık	0.32	0.23	0.1950
Arka sağ ayak	Kesişim	28.12	1.23	<.0001
	Sıcaklık	0.27	0.10	0.0160
Arka sol ayak	Kesişim	28.69	1.57	<.0001
	Sıcaklık	0.18	0.14	0.2190

Tablo 7’de hasta ayaklar için reg procedure ile regresyon analizi yapıldı. Hasta grup üzerinde ortam sıcaklığının

herhangi bir önemli açıklama miktarının olup olmadığı değerlendirilmiştir. Buna göre yukarıda yapılan analiz sonuçları için: Ortam sıcaklığındaki bir birim artış hasta hayvanların ön sağ ayağındaki sıcaklığı 0.34, ön sol ayağındaki sıcaklığı 0.32, arka sağ ayağındaki sıcaklığı 0.27 ve arka sol ayağındaki sıcaklığı 0.18 birim (°C) artırmaktadır. Ancak bu değişim istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Bu durum çalışmamızda termal kamera ile ölçümü yapılan hastalıklı ayakların ortam sıcaklığından istatistik olarak anlamlı bir şekilde etkilenmediğini, bunun nedeninin ayaklarda meydana gelen lezyonların şiddetinin ve hastalığın klinik seyrine bağlı olarak meydana gelen yansıl reaksiyona bağlı olduğu değerlendirilmiştir.

Tablo 8. Sağlıklı ön ayaklar için regresyon analizi.**Table 8.** Regression analysis for healthy forelimbs.

Regresyon Analizi				
Sağlıklı Ayaklar	Değişkenler	Parametre Tahmini	Standart Hata	Pr > t
Ön sağ ayak	Kesişim	6.17	1.20	<.0001
	Sıcaklık	1.18	0.08	<.0001
Ön sol ayak	Kesişim	5.08	1.21	<.0001
	Sıcaklık	1.25	0.08	<.0001
Arka sağ ayak	Kesişim	9.65	1.27	<.0001
	Sıcaklık	1.08	0.08	<.0001
Arka sol ayak	Kesişim	10.47	1.27	<.0001
	Sıcaklık	1.03	0.08	<.0001

Tablo 8’de sağlıklı ayaklar için regresyon analizi yapıldı. Sağlıklı olan ayakların sıcaklıkları üzerine ortam sıcaklığının etkisi regresyon analizi ile incelendi. Bu inceleme sonunda ortam sıcaklığındaki bir birim (°C) artışın ön sağ ayağındaki sıcaklığı, 1.18±0.08 °C, ön sol ayağındaki sıcaklığı 1.25±0.08 °C, arka sağ ayağındaki sıcaklığı 1.08±0.08 °C ve arka sol ayaklardaki sıcaklığı 1.03±0.08 °C artırdığı görülmüş ve bu değişim miktarı istatistik olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.001). Çalışmanın yapıldığı sığırlarda, sağlıklı ayakların sıcaklıklarının buldukları ortamdan önemli oranda etkilendiği görülmüştür.

Tablo 9. Hasta ayakların sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki korelasyon.**Table 9.** Correlation between the temperature of the sick feet and the ambient temperature.

Pearson Korelasyon Analizi, Prob > r under H0: Rho=0	
Hasta Ayaklar	Sıcaklık
Ön sağ ayak	0.46
n=13	p=0.10
Ön sol ayak	0.30
n=20	p=0.19
Arka sağ ayak	0.44
n=29	p=0.16
Arka sol ayak	0.24
n=26	p=0.21

Tablo 9’a göre hasta olan hayvanlar için ortam sıcaklığının; ön sağ ayak sıcaklığı ile korelasyonu %46.98, ön sol ayak sıcaklığı ile korelasyonu %30.24, arka sağ ayak ile korelasyonu %44.32 ve arka sol ayak ile korelasyonu %24.95 olarak hesaplanmıştır. Ancak bu korelasyon istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Yapmış olduğumuz regresyon analiziyle benzer bir sonuç elde edilmiştir. Bu durum yaptığımız çalışmada ortam sıcaklığının, hasta ayaklardaki sıcaklık artışını önemli derecede etkilemediğini göstermiştir.

Tablo 10. Aynı bireylerde hasta ve sağlıklı ayakların sıcaklıklarının değerlendirilmesi.

Table 10. Evaluation of the temperature of sick and healthy feet in the same individuals.

Değişkenler	n	Min	Mak	Ort	Stand. sapma
Ön Ayaklar	17	4.7	19.9	11.75	5.03
Arka Ayaklar	15	3.2	18.2	10.96	4.45

Tablo 10'da ön ayaklarından biri hasta ve diğeri sağlıklı olan hayvanların ve arka ayaklarından biri hasta ve diğeri sağlıklı olan hayvanların ayak sıcaklıkları karşılaştırıldı. Ön ayaklarından biri hasta ve diğeri sağlıklı olan 17 sığırın, hasta ve sağlıklı ayakları arasındaki sıcaklık farkı ortalama 11.75 ± 5.03 °C olarak bulunurken arka ayaklar için hasta ve sağlıklı ayaklar arasındaki sıcaklık farkı ortalama 10.96 ± 4.45 °C olarak bulundu. Hasta ayakta meydana gelen yangının şiddetine bağlı olarak sıcaklık farkının 19.9 °C'ye kadar çıkabildiği gözlemlendi.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Topallık olgularında tanı işlemine iyi bir şekilde başlayabilmek için, iki önemli kuralı dikkate almak gerekir. Hastanın eksiksiz anamnezinin alınması, sistematik bir şekilde muayenenin yapılması (Samsar ve ark. 1996).

Sığır ayakta dururken ve yürürken bacakların ve bedenini aldığı pozisyonlar yakından izlenmelidir. Ekstremitelerin yapısına dikkat edilmelidir. İnceleme, palpasyon, oskültasyon, radyolojik muayenelerle; şüpheli durumlarda eklemlerin tam bir ekstensiyon ve fleksiyon gibi pasif hareketlerini yaptırarak topallayan bacağı ve topallığın lokalizasyonunu saptayabiliriz (Samsar ve ark. 1996).

Muayene için ayak hafif bir çabayla kaldırılır ve tüm kısımları gözden geçirilir. Bu anda baş ve kuyruk evvelce bildirilen gerek ve yöntemlere uyularak yardımcıları tutturulur. Bu işlemler yeterli değilse o zaman bir travayda veya hayvan yatırılarak muayene edilir. Hayvan uygun yöntemlerden birisiyle yatırıldıktan sonra temizlenen tırnak üzerinde bulunabilen çatlak, kırık ve yangısal bölgeler gözden geçirilir (Samsar ve ark. 1996).

Topallayan bacağın tespiti sonrasında ayağın kaldırılıp muayene edilmesi gerekir. Bunun için öncelikle hayvanın hareketsizliğinin sağlanması, klinisyenin ve hastanın güvenliği açısından önemlidir. Bu amaçla hastanın bir tırnak travayında muayenesi en ideal olanıdır. Şayet hayvan fiziksel tutma-bağlama yöntemi ile muayeneye izin vermeyecek olur ise o zaman hafif bir sedasyon yapılması gerekir (Çeçen 2014).

Ayrıca ineklerin aktivitelerini ölçen, inek aktivite tasmaları ve adım ölçerler de topallığın saptanmasında kullanılabilir (Çeçen 2014).

Ayak hastalıklarının tanısı konulurken genel olarak hayvan sahibinden alınan anamnez bilgisi, hayvanların travaya alınması, hayvanların yürütülerek ağırlı ayağın tespit edilmesi, ayağın palpasyonla muayenesi gibi yöntemler kullanılmaktadır. Çalışmamızda termal kamera ile yapılan muayenelerle ağrı, topallık, yürüyüş ve duruş bozuklukları gibi belirtiler ortaya çıkmadan önce hasta ayağın tanısı konulmuştur. Termal kameranın ayak hastalıklarının tanısında kullanılması, muayene edilecek hayvanların tespit edilmesi sırasında yaşanabilecek yaralanmaları ve hayvanın strese bağlı olarak gösterebileceği reaksiyonları önleyeceği düşünüldü.

Stokes ve ark. (2012) 41'i kontrol grubu olmak üzere 82 baş sığırda bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada sağım

sırasında sığırların ayakları termal kamerayla plantar yönden taranmış, ayakların temizlenmesine veya kaldırılıp düzeltilmesine gerek kalmadan DD'li ayakların lezyonlarının teşhis edilebileceğini ortaya koymuşlardır. Aynı çalışmada hastalıklı ayakların sıcaklığının 27 °C'nin üzerinde olduğunu, lezyonlu ayakların tespitinde 27 °C'lik sıcaklığın limit değer olduğunu ileri sürmüştür. Yapmış olduğumuz çalışmada ayak sıcaklıkları termal kamerayla ayakların dorsalinden ölçülmüş, ayakların temizlenmesi, kaldırılması kesilip düzeltilmesi için herhangi bir işlem uygulanmamıştır. Stokes ve ark. (2012) ile benzer bulgular ve sonuçlar elde edilerek, lezyonlu ayaklar ile sağlıklı ayaklar arasında önemli sıcaklık farklılıklarının olduğu görülmüştür. Termal kamera ile bütün ayakları sağlıklı 155 hayvanın ayaklarının sıcaklıklarının ölçüldüğü ortamların ortalama sıcaklığın 14.55 ± 4.32 °C'dir. Ön sağ ayakların ortalama sıcaklığı 23.77 ± 7.29 °C, sağlıklı ön sol ayakların ortalama sıcaklığı 23.76 ± 7.31 °C, sağlıklı arka ayakların ortalama sıcaklığı 25.65 ± 6.70 °C, sağlıklı sol arka ayakların ortalama sıcaklığı 25.69 ± 6.68 °C olarak ölçülmüştür. Ayrıca sağlıklı ayaklar için yapılan regresyon analizi sonucu, ortam sıcaklığında meydana gelecek 1 °C'lik değişikliğin, ön sağ ayaklarda 1.18 ± 0.08 °C, ön sol ayaklarda 1.25 ± 0.08 °C, arka sağ ayaklarda 1.08 ± 0.08 °C ve arka sol ayaklarda 1.03 ± 0.08 °C'lik bir değişikliğe yol açtığı görülmüş ve bu değişim miktarı istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$). Ulaştığımız bu sonuçlar, ortam sıcaklığının sağlıklı ayakların sıcaklığını önemli derecede etkilediğini bu nedenle lezyonlu olduğu tespit edilen ayaklarda sıcaklığın ortam sıcaklığına ve lezyonun şiddetine bağlı olarak 27 °C'nin altında olabileceğini ya da ortam sıcaklığının 23 °C olarak ölçüldüğü ortamda sağlıklı ayakların sıcaklığının 35 °C'ye kadar yükselebileceği belirlenmiş, hasta ve sağlıklı ayaklar arasında sıcaklık bakımından bir referans değer oluşturulacaksa mutlaka ortam sıcaklığının da göz önünde bulundurulması gerektiği düşünülmüştür.

Alsaod ve ark. (2014), 8 çiftlikte 149 sığır üzerinde yaptıkları çalışmada, coroner band ile coroner bandın proksimalinde yer alan ayak derisi sıcaklığının arasındaki farkı ölçerek, digital dermatitis tanısı konulabileceğini ortaya koymuşlardır. DD'li ayaklarda ayak derisinin, coroner band'dan daha sıcak olduğunu, bunun esas olarak kutanöz yüzeyin yakınında bulunan Spiroketler!den ileri geldiğini ileri sürmüşlerdir. Çalışmamızda da benzer sonuçlara ulaşıldı. Ayakların dorsalinden, interdigital aralıkta, deri ile coroner bandın birleşim yerinden en sıcak alanların ölçümleri yapıldı. Aynı hayvanların hasta ve sağlıklı ayakları arasındaki karşılaştırmada ön ayaklar için sıcaklık farkı ortalama 11.75 ± 5.03 °C olarak bulunurken arka ayaklar için sıcaklık farkı ortalama 10.96 ± 4.45 °C olarak bulundu. Yangının şiddetine bağlı olarak sağlıklı ve hasta ayaklar arasındaki sıcaklık farkının 19.9 °C'ye kadar çıkabildiği gözlemlendi. Ayrıca her iki ön ayakta, her iki arka ayakta ya da dört ayakta hastalık oluşması durumunda termal görüntülerin desenindeki düzensizlik, kırmızı, beyaz alanların yaygınlığı göz önünde bulundurularak tanının konulabileceği gözlemlendi.

Rainwater-Lovett ve ark. (2009) 53'ü sağlıklı olmak üzere 92 sığırla çalışma yapmışlardır. Çalışmada Şap hastalığının tanısında ve hastalığının seyrinin takibinde, IRT'nin kullanılabilirliği gösterilmiştir. Hasta hayvanlarda ağız ve ayaklarda veziküller görülmeden önce, termal kamerayla muayene edilen sığırlarda baş, vücut ve ayaklarda sıcaklığın arttığını ortaya koymuşlardır. Şap hastalıklı hayvanlarda ayak sıcaklıklarının 40.1 °C'ye kadar çıktığını gözlemlenmişlerdir.

Dunbar ve ark. (2009), deneysel olarak enfekte olmuş katır geyiklerinde (*Odocoileus hemionus*) Şap enfeksiyonu ile ilgili ısı değışikliklerini tespit etmek için IRT kullanımını değerlendirmişlerdir. Postokulyasyondan 24 saat sonra ve maruz kalmadan sonraki 48-96 saat içinde ağızda, ayağında veya her ikisinde erken veziküler lezyonlar gözlemlendi. İç sıcaklık sensörlerinde, hastalığa maruz kalan hayvanların vücut sıcaklığı, herhangi bir lezyon görülmeden bir gün önce başlayarak enfeksiyon öncesi vücut sıcaklığından (38.8 °C, p<0.01) önemli ölçüde yükseldiği gözlemlendi. Ayak termogramları için, iki gün öncesinden (27.3±1.9 °C) gelen en yüksek MMAX değerine, ilk ayak lezyonundan sonraki iki gün içinde ise (33.0±2 °C) günlük maksimum (MMAX) sıcaklığa ulaştığı gözlemlenmiştir. Bu gözlemlenen değışiklikler, IRT'nin bir Şap salgını sırasında şüpheli hayvanları Şap enfeksiyonu yönünden taramak yapmak için hızlı, uzak ve noninvaziv bir yöntem olabileceğini göstermektedir. Rainwater-Lovett ve ark. (2009) ve Dunbar ve ark. (2009), tarafından yapılan çalışmalar şap hastalığının tanısında da ayaklarda ve ağızda veziküller meydana gelmeden ayaklarda sıcaklık artışının meydana geldiğini göstermiştir.

BVD ve Şap hastalığıyla ilgili yapılan çalışmalar, baş, vücut ve ayaklardan yapılan termografik ölçümlerde, bu hastalıklarla ilgili klinik bulgular meydana gelmeden önce hayvanların baş, vücut ve ayaklarında sıcaklıkların arttığını göstermiştir. Çalışmamız sırasında elde ettiğimiz bulgularda ayaklarda yapılan ölçümlerde topallık ve ayak hastalıklarına ait klinik bulgular görülmeden önce termografik ölçüm yapılan ayaklarda sıcaklık artışı olduğu, yine çalışmamız sırasında bir olguda şap hastalığı geçiren bir sığırdan 1.5 ay sonra yapılan sıcaklık ölçümünde turnakta meydana gelen çatlağın varlığı ve hala iyileşmediği görüldü.

Church ve ark. (2014) çalışmalarında, erken hastalık tanı sistemleri ve hayvan refahı araştırma çalışmalarında, çevresel faktörlerin, IRT ile elde edilen sığır göz sıcaklıkları üzerine potansiyel etkileri değerlendirildi. Kamera mesafesi, rüzgar hızı, kamera ayarları (mesafe, emissivite ve nem) ve güneşin etkisi değerlendirildi. Yaklaşık 7 km/s rüzgar varlığında ortalama IRT göz sıcaklığı 0.43 ± 0.13 °C azaldı; daha yüksek rüzgar hızlarında (~12 km/s) sıcaklık 0.78 ± 0.33 °C azaldı. Doğrudan güneş ışığının IRT göz sıcaklığını 0.56 ± 0.36 °C arttırdığı bulundu. Çevresel faktörlerin IRT sıcaklık ölçümlerini önemli ölçüde etkilediği ve dolayısıyla tekrarlanabilir ve doğru okumaları sağlamak için bu faktörlerin kontrol edilmesi gerektiği saptanmıştır. Yapmış olduğumuz çalışma, rüzgar, hava akımı ve güneşin meydana getirebileceği etkiler düşünülerek yürütüldü. Çalışma ortam sıcaklığı sabit tutulmaya çalışılmadı ancak ölçümler yapılırken rüzgar ve güneşin etki yaratmayacağı alanların seçilmesine özen gösterildi.

Karakuş (2016) akkaraman kuzularında elektronik küpelerin, metal ve plastik uçlu kulak küpelerine göre daha fazla yangısal reaksiyona neden olduğunu, plastik uçlu kulak küpelerinin daha az soruna yol açtığı için uygulamada metal uçlu geleneksel kulak küpelerine tercih edilebileceğini söylemiştir. Kızılötesi termografinin, kulak küpesi uygulamasının neden olduğu yangısal reaksiyonlar ve enfeksiyonun erken teşhisinde yararlı bir araç olarak kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Schwartzkopf-Genswein ve ark. (1997), Spire ve ark. (1999), Karakuş (2016), tarafından IRT'nin hastalıkların erken tanısı ve değerlendirilmesinin yanında, hayvan refahının değerlendirilmesinde de kullanılabileceğini, hayvanlara yapılan çeşitli uygulamaların hayvanlarda

meydana getirebileceği yangısal reaksiyonların neler olabileceğini ortaya koymuştur. Termal kamera ile işletmelerde yaptığımız ölçümler, hayvanların ayak sağlığı ile ilgili veriler yanında, aslında ölçümlerin yapıldığı işletmenin durumu hakkında da bilgi vermiştir. İşletmelerde zeminin hayvan refahına uygun olmamasının, uygulanan hatalı rasyonların, ayak ve turnak bakımının yetersizliğinin ayak hastalıklarına neden olduğu görülmüş, bu tespitler aynı zamanda hayvanların refahı hakkında da bize bilgi sunmuştur.

Bu çalışmada sığırların en önemli cerrahi hastalıklarından olan ayak hastalıklarının tanısında, ayak sağlığının izlenmesi ve değerlendirilmesinde, termal kameranın kullanımını araştırılmıştır. Genel olarak termal kamera ile yapılan çalışmalarda, sabit sıcaklığın sağlandığı, hava akımının olmadığı, görüntülemelerde artefakt oluşumunu engelleyecek mekanik temizliğin yapıldığı alanlar tercih edilmiştir. Bu çalışmada ise sabit sıcaklık ortamının aksine farklı işletmelerde farklı sıcaklık ortamında, hayvanları bir odaya almadan, aynı zamanda strese sokmadan kendi ortamlarında ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümlerden elde edilen görüntülerde, literatür çalışmalarına benzer görüntüler ve sonuçlar elde edilmiş, sağlıklı ve hastalıklı ayaklar arasında belirgin bir görüntü ve sıcaklık farkının olduğu tespit edilmiştir. Yine daha önce yapılan çalışmalara paralel bir biçimde bazı hayvanlarda topallık, iştahsızlık, süt veriminde azalma ya da duruş ve yürüyüş bozukluğu gibi belirtiler görülmeden hastalıklı ayaklarda yangıya bağlı sıcaklık artışları tespit edilmiş ve termal kamerayla erken tanının konulabileceği görülmüştür.

IRT ile yapılan ölçümlerde, ölçümlerin yapıldığı ortamın sıcaklığının, sıcaklık ölçümü yapılan ayak sıcaklığını doğrudan etkilediği görülmüştür. Farklı işletmelerde, farklı sıcaklık ortamlarında sıcaklık ölçümleri yapılan vücut bölgelerinin sıcaklığının, ortamın sıcaklığına bağlı olarak arttığı ya da azaldığı, bu nedenle hastalıklı ve sağlıklı ayakların ayırt edilmesinde belirli bir sıcaklık değerinin referans alınmayacağı düşünülmektedir. Yani sıcaklığın 2 °C olduğu bir ortamla, sıcaklığın 20 °C olduğu bir ortamda, sıcaklığı ölçülen sağlıklı ayakların sıcaklığı farklı olacağı değerlendirilmiştir.

Çalışmada öncelikle sağlıklı hayvanların ortam ve ayak sıcaklık ortalamaları incelenmiş ve sonrasında ön-arka-şag-sol olmak üzere gruplandırılarak ortam sıcaklıklarına göre ayak sıcaklıkları ve aralarındaki anlamlılıklar ortaya konulmuştur.

Çalışmamız neticesinde elde ettiğimiz bulgular, hastalıklı ve sağlıklı ayakların karşılaştırılmasında, referans sıcaklık değerlerinin oluşturulabileceğini, ancak belirlenecek bu sıcaklık değerlerinin kesinlikle ortam sıcaklığından bağımsız olarak oluşturulamayacağını göstermiştir. Çalışmamızda elde etmiş olduğumuz sıcaklık değerleri ancak ölçümlerin yapılması olduğu ortam sıcaklığı için referans değerler olabilir ve bu sıcaklıkların üzerindeki sıcaklıklara sahip ayakların yangılı olabileceği öne sürülebilir.

Termal kamera ile hastalıklı ve sağlıklı ayakların ayırt edilmesinde sıcaklık değerleriyle birlikte, ölçüm yapılan bölgeye özgü, renk dağılımı ve termogramların da bilinmesi ve göz önünde bulundurulması gerekir. Normal renk dağılımında meydana gelen değışikliklerde; kırmızı, beyaz alanların artmasında yangı, hastalık, yara gibi olgular düşünülürken, normal görünümünün dışında, sarı, mavi ve yeşil alanların artması durumunda, ölçüm yapılan alanın ıslak olabileceği, hava akımına maruz kalmış olabileceği, kirli olabileceği ya da kan dolaşımının

durmasına yol açabilecek herhangi bir hastalığın ve lezyonun varlığı düşünülmelidir.

Elde edilen bu sonuçlar gelişen ve ucuzlayan termal kamera teknolojisinin öncelikle çiftlik hekimliğinde kullanımının oldukça yararlı olacağı, sağım sırasında ya da yemleme sırasında sığırlarda yapılacak rutin ölçümlerle ayaklarda hastalıklar ilerlemeden önlemler alınabilir, sürünün ayak sağlığı durumunun nasıl olduğu ortaya konulabilir. Böylece termal kameraların hayvan ve insan sağlığının korunmasında önemli bir koruyucu hekimlik aygıtı olabilecek, antibiyotik ya da diğer ilaçların kullanımının azaltılacaktır. Termal kamerayla erken tanının konulması sayesinde, hayvan refahının artırılması sağlanacaktır.

Erken tanı sayesinde hayvanlarda antibiyotik ve diğer ilaçların kullanımını azaltılarak, insanların tüketimine sunulan hayvansal ürünlerde kalıntı oluşumu azalacaktır. Büyük sürülerin bulunduğu işletmelerde ayak hastalıklarının bulguları görülmeden tespit edilmeleri oldukça zordur. Termal kamerayla bu hastalıkların semptomlarının ortaya çıkmadan tespit edilmesi, oluşacak verim kaybını önleyecektir.

Sağlıklı ayakların sıcaklık ölçümleri kullanılarak bir referans değerine ulaşmak mümkündür ancak ortam sıcaklığının da hesaba katılarak, ayak ve ortam sıcaklığı arasındaki korelasyonun hesaplanması gerekmektedir. Ayak hastalıklarında termal kamera ile yapılacak olan muayeneler ile klinik semptomlar ortaya tam olarak çıkmadan ayak hastalıklarının erken tanısının mümkün olabileceği düşünülmektedir. Termal kamera teknolojisinin gelişmesi ve ucuzlaması ile sadece hayvan hastaneleri veya gelişmiş çiftlikler değil, klinik veteriner hekimlik uygulamaları ile ayak hastalıklarının tanısında kullanımının veteriner klinik pratiğe katkı sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

TEŞEKKÜR VE BİLGİLENDİRME

Bu araştırma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Proje Araştırmaları Başkanlığı tarafından 2011-SBE-D026 numaralı proje olarak desteklenmiştir.

Bu çalışma sorumlu yazarın doktora tezinden özetlenmiştir.

YAZAR KATKILARI

Fikir/Kavram: LA, AD
Denetleme/Danışmanlık: LA
Veri Toplama ve/veya İşleme: AD, LA
Analiz ve/veya Yorum: AD, LA
Makalenin Yazımı: AD, LA
Eleştirel İnceleme: AD, LA

KAYNAKLAR

- Alsaad M, Syring C, Dietrich J, Doherr MG, Gujan T (2014).** A field trial of infrared thermography as a non-invasive diagnostic tool for early detection of digital dermatitis in dairy cows. *Vet J*, 199 (2), 281-285.
- Antepioğlu H, Samsar E, Akın F, Güzel N (1992).** Sığır Ayak Hastalıkları 2. Baskı. AÜ Basımevi, Ankara.
- Church JS, Cook NJ, Schaefer AL (2009).** Recent applications of infrared thermography for animal welfare and veterinary research: everything from chicks to elephants. In: *Proceedings Inframation*, 10, pp. 215-224.
- Çalışan M, Türkoğlu İ (2011).** Termal kameralar ve uygulamaları. Elektrik-elektronik ve bilgisayar sempozyumu, Elazığ, Türkiye.
- Çeçen G (2014).** Sığırlarda Topallık ve Ayak Hastalıkları Tanı, Sağaltım Teknikleri ve Olgu Atlası. 1. Baskı. Sentez Yayıncılık, Bursa.
- Dolecheck K, Bewley J (2018).** Animal board invited review: Dairy cow lameness expenditures, losses and total cost. *Animal*, 12 (7), 1462-1474.
- Dunbar MR, Johnson SR, Ryan JC, Mccollum M. (2009).** Use of infrared thermography to detect thermographic changes in Mule Deer (*Odocoileus hemionus*) experimentally infected with foot-and mouth disease. *Zoo Wildl Med*, 40 (2), 296-301.
- Duru M, Şahin A (2004).** Türkiye'de sağlıklı ve güvenli hayvansal üretimin gerekliliği. *Hayvansal Üretim*, 45 (1), 36-41.
- Eddy AL, Van Hoogmoed LM, Snyder JR (2001).** The role of thermography in the management of equine. *Vet J*, 162 (3), 172-181.
- Erşahin O (2002).** Ekolojik tarım ne demektir? Erişim Tarihi: 01.11.2017. Erişim Adresi: http://www.alternatifenerji.com/info_articles01_09.htm.
- Kamiloğlu A (2014).** Çiftlik Hayvanlarında Ayak Hastalıkları 1. Baskı. Medipres, Malatya.
- Kafah H, Tanatmış AA (2003).** Uçak bakımında termografi yönteminin kullanılması. Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi, Denizli, Türkiye.
- Karakuş M (2016).** Kuzularda Kulak Küpesi Uygulamasının Refah Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.
- Knizkova I, Kunc P, Gürdil GAK, Pınar Y, Selvi KÇ (2007).** Applications of infrared thermography in animal production. *ÖMÜ Zir Fak Derg*, 22 (3), 329-336.
- Rainwater-Lovett K, Pacheco JM, Packer C, Rodriguez LL (2009).** Detection of foot-and-mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. *Vet J*, 180 (3), 317-324.
- Samsar E, Akın F, Antepioğlu H (1996).** Klinik Tanı Yöntemleri ve Genel Cerrahi. 6. Baskı. Tamer Matbaacılık, Ankara.
- Schwartzkopf-Genswein KS, Stookey JM (1997).** The use of infrared thermography to assess inflammation associated with hot-iron and freeze branding in cattle. *Can J Anim Sci*, 77 (4), 577-583.
- Spire MF, Blasi DA, Drouillard JS, Sargeant JM (1999).** Implant quality assurance: detection of abscessed implants and their effect on feedlot performance of beef heifers. In: *Cattlemen's Day Conference Kansas State University, Manhattan, USA*.
- Stokes JE, Leach KA, Main DCJ, Whay HR (2012).** An investigation into the use of infrared thermography (irt) as a rapid diagnostic tool for foot lesions in dairy cattle. *Vet J*, 193 (3), 674-678.
- Yurdakul İ, Özdemir S (2012).** Sığır ayak hastalıklarında antibiyotiklerin kullanımı. *Atatürk Üniv Vet Bil Derg*, 7 (2), 147-153.